

**Incentivos de los generadores de electricidad con plantas menores a 20 MW en la
determinación del precio Spot en el Mercado de Energía Mayorista Colombiano –
Actualidad y Perspectivas**

Oscar Andrés Ramirez Ochoa

Propuesta de Trabajo de Grado para optar al título de Magister en Administración

Asesor Temático y Metodológico

John Jairo García Rendón

Universidad EAFIT

Escuela Administración

Maestría en Administración de Negocios

Medellín

2017

Contenido

1. Introducción.....	8
2. Estado del Arte.....	10
3. Marco Teórico.....	18
4. Metodología y Datos.....	23
5. Análisis de Resultados	33
6. Estrategia y Perspectivas	45
6.1 Mega tendencias.....	45
6.2 Retos Nacionales	48
6.3 CELSIA – Estrategia y Perspectivas	50
6.3.1 Breve reseña histórica.....	51
6.3.2 Marco Estratégico	54
6.3.3 Modelo de negocio.....	55
6.3.4 Gobierno Corporativo.....	56
6.3.5 Ética y transparencia	57
6.3.6 Sostenibilidad en la organización.....	57
6.3.7 Stakeholders – Partes Interesadas.....	59
6.3.8 Materialidad	64
6.3.9 Regulación	65
6.3.10 Gestión de riesgos	68
6.3.11 Innovación	70
6.3.12 Desarrollo de plantas de Generación menores a 20 MW	76
7. Conclusiones y Recomendaciones	78
8. Bibliografía.....	80

Listado de Tablas

Tabla 1. Capacidad Instalada de acuerdo al Tipo de Despacho	25
Tabla 2. Matriz de variables informativas	26
Tabla 3. Capacidad Instalada Total del Sistema	27
Tabla 4. Agente de análisis – Capacidad Instalada por fuente de energía	27
Tabla 5. Resumen matriz de variables tomadas de BI para la simulación	28
Tabla 6. Capacidad Efectiva Neta – Matriz de datos 2016.....	29
Tabla 7. Precio de Oferta - Matriz de datos 2016	30
Tabla 8. Precio Bolsa Nacional - Matriz de datos 2016.....	31
Tabla 9. Demanda Comercial - Matriz de datos 2016	32
Tabla 10. Generación - Matriz de datos 2016	32
Tabla 11. Balance de Capacidades de todo el sistema – 2016	43
Tabla 12. Cantidades de horas susceptibles de Comportamiento Estratégico.....	44
Tabla 13. Energía generada por tipo de recurso	53
Tabla 14. Compra de Energía	53
Tabla 15. Proyectos PPA con Energía Fotovoltaica en Colombia	73
Tabla 16. Distribución del proyecto Energía de Respaldo	73
Tabla 17. Inversión por tipo de Proyecto.....	76

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Estructura del Mercado	10
Ilustración 2. Incentivo a ejercer poder de mercado.....	19
Ilustración 3. Árbol de toma de decisiones - Forma extensiva secuencial.....	23
Ilustración 4. Portal BI de la página web de XM.....	24
Ilustración 5. Árbol de decisiones para 15.03.2016 /19:00H – Agente de Análisis	41

Ilustración 6. Distribución percentil de temperaturas a nivel global- 2016	46
Ilustración 7. Las diez claves del Acuerdo de Paris para el cambio climático	47
Ilustración 8. Portafolio de Servicios de CELSIA	50
Ilustración 9. Presencia Geográfica de CELSIA por recursos en la región	51
Ilustración 10. Nuevos Clientes y Negocios.....	54
Ilustración 11. Integración de los diferentes negocios.....	55
Ilustración 13. Estructura de Buen Gobierno	56
Ilustración 14. Visiones según el plazo	57
Ilustración 15. Stakeholders	59
Ilustración 16. Temas materiales del GRI priorizados por CELSIA.....	64
Ilustración 17. Ciclo de Gestión de Riesgos	68
Ilustración 18. Estructura de Gobierno de la Gestion de Riesgos	69
Ilustración 19. Metodología de Gestión de Riesgos.....	69
Ilustración 20. Modelo celular para el desarrollo de la Innovación.....	70
Ilustración 22: Proyecto de techos solares en el centro comercial La Reserva, en Antioquia.	72
Ilustración 21. Futura estación de recarga para vehículos eléctricos	74

Listado de Gráficos

Gráfico 1. Determinación del precio marginal del sistema	13
Gráfico 2. Determinación del precio marginal del sistema con PNDC.....	16
Gráfico 3. Simulación determinación Precio de Bolsa	33
Gráfico 4. Capacidad Remanente Plantas No Despachadas Centralmente (PNDC)	34
Gráfico 5. Tipo de Generación Real vs. Capacidades Remanentes	35
Gráfico 6. Generación Horaria por Mes - 2016	36
Gráfico 7. Evolución del Precio de Bolsa - 2016.....	37

Gráfico 8. Simulación del Mercado Spot el 15.03.2016 a las 19:00H38

Gráfico 9. Capacidad Remanente Plantas NDC – 15.03.2016 /19:00H39

Gráfico 10. Tipos de Generación Real e Ingreso – PNDC40

Resumen

La tesis “Incentivos de los generadores de electricidad con plantas menores a 20 MW en la determinación del precio Spot en el Mercado de Energía Mayorista Colombiano –Actualidad y Perspectivas” tiene como propósito hacer una revisión del mercado de energía en nuestro país desde el proceso de generación, así como analizar las variables principales en la definición de los precios de Bolsa y los impactos que sobre este, tienen las posibles decisiones estratégicas de los diferentes agentes generadores a partir de ciertas regulaciones que incentivan la operación de plantas menores a 20 MW.

El trabajo se organizó en tres partes:

- En la primera parte (Estado del arte y marco teórico), se adelanta un recorrido por la fundamentación regulatoria y un detalle explicativo de cómo funciona el mercado de energía en general y como se determina el precio de bolsa, para entender los posibles comportamientos estratégicos de los generadores.
- En la segunda parte (Datos, Metodología, y Análisis de Resultados), se exponen las bases de datos del Portal BI de XM, agente operador del mercado, y se explica cómo a través de un aplicativo desarrollado en Visual Basic, se pueden simular las condiciones y variables más importantes del mercado para el año 2016. Finalmente se analiza bajo la Teoría de Juegos las diferentes opciones que tiene un agente generador en particular, para moverse dentro del mercado spot.
- En la tercera y última parte (Estrategia y Perspectivas), se selecciona un interesante agente del mercado generador de Colombia, CELSIA, para exponer desde su visión de negocio, como la organización está estructurando y desarrollando su estrategia, no solamente entregando grandes utilidades financieras a sus accionistas, sino también implementado un modelo innovador y sostenible, que aporta en la solución de los grandes retos como el cambio climático, sostenibilidad ambiental, generación de energía limpia, derechos humanos, corrupción, entre otros.

Palabras Clave: Generación Energética, Mercado Spot, Fuentes Renovables, Teoría de Juegos, Estrategia

Abstract

The thesis “ News and Perspectives of the electricity generators with plants less than 20 MW, in the spot price calculation for the Colombian Energy Market” has the purpose to review our country energy market from the generation process, as well as analyze the main variables playing in the spot market price definition, and the impact of the different generation agents strategic decisions based on the current regulations favoring the 20 MW small plants operation.

The work is organized in three parts:

- In the first part (State of the Art and theoretical framework), it is revised the regulatory basis, explained in detail how the energy market works and how the spot market price is determined, in order to understand the possible strategic behavior of the energy generator agents.
- In the second part (Data, Methodology, and Result Analysis), the databases taken from the Portal BI of XM, market operator, are displayed; and it is explained how through an application developed in Visual Basic, the main conditions and variables of the 2016 market can be simulated. Finally, it is analyzed under the Game Theory framework, the different options for a particular generator agent, to move and play inside the spot market.
- In the third and last part (Strategy and Perspectives), is chosen an interesting agent of the Colombian Energy market, CELSIA, to explain from its business vision, how this organization is structuring and developing its strategy, not only giving great revenues to the shareholders, but also implementing an innovative and sustainable business model, that helps to cope with the current world big issues, such as climate change, environmental sustainability, clean energy generation, human rights, corruption, among others.

Key words: Energy generation, Spot Market, Renewable Sources, Game Theory, Strategy

Incentivos de los generadores de electricidad con plantas menores a 20 MW en la determinación del precio Spot en el Mercado de Energía Mayorista Colombiano – Actualidad y Perspectivas

1. Introducción

El suministro de electricidad ha sido para la sociedad un servicio de primera necesidad. Es difícil imaginarnos el funcionamiento de los hogares, el comercio y la industria sin esta valiosa forma de energía, que mantiene el sistema económico y social en continuo movimiento. Se trata entonces de un tema de relevancia innegable que actualmente forma parte de la vida cotidiana de las personas.

El comienzo del mercado energético y la prestación del servicio en Colombia se da a finales del siglo XIX liderado por inversionistas privados, condición que no permanecería mucho tiempo; ya que a inicios del siglo XX la clase política, al ver que los particulares no realizaron las inversiones suficientes para extender el servicio a los sectores que lo requerían, presionaron y desviaron sus intereses para que estas empresas pasaron a manos del Estado.

Durante los años 80, al igual que en la mayoría de países de Latino América, el sector eléctrico colombiano entró en crisis; principalmente por la recesión mundial de la economía, el aumento en el precio del petróleo y la creciente deuda internacional. El bajo desempeño del sector hizo que entre 1991 y 1992 se produjera el racionamiento de energía más grande de la historia reciente de Colombia. Paralelo a esto, en otras regiones del mundo, se fortaleció el pensamiento que cuestionaba la eficacia de los monopolios estatales en la prestación de servicios públicos, ideas que muy pronto llegaron a nuestro país y dieron lugar a la reforma estructural orientada a mejorar el servicio, especialmente su disponibilidad y calidad. Lo anterior permitió la introducción de la libre competencia e invitó nuevamente a la inversión privada, se redujo la presencia del Estado y se limitó la integración vertical.

Posteriormente se creó el Mercado de Energía Mayorista en Colombia (MEM), un mercado competitivo diseñado a partir de la reestructuración del sector eléctrico y que se aprobó por las Leyes 142 y 143 de 1994, vigentes en la actualidad. En dicho mercado participan generadores,

transmisores, distribuidores, comercializadores y consumidores intensivos de electricidad o usuarios no regulados; cuyo propósito, como lo explica la Superservicios¹, es el intercambio de grandes bloques de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional – SIN a precios eficientes, que reflejen los costos marginales en que se incurre para su generación.

Aunque podríamos decir que hasta hoy las reformas han permitido mantener el mercado en continua operación y sin racionamiento, es importante mencionar que hay fuertes críticas frente a la eficiencia del sistema. La canasta energética sigue siendo muy dependiente de la generación hidráulica y térmica, y poco se ha avanzado en la inclusión de energías renovables como la solar y la eólica, ya muy desarrolladas en otros mercados del mundo. A pesar de esto, debemos mencionar que institucionalmente el gobierno ha sentado algunas bases legislativas, desde el Ministerio de Minas y Energía, con la creación de leyes como la 1715 del 13 de mayo de 2014; por medio de la cual se regula la integración de las Energías Renovables no Convencionales al sistema eléctrico nacional. La finalidad de esta ley es la de diversificar la matriz energética promoviendo la inversión en fuentes renovables no convencionales y amigables con el medio ambiente, incluyendo las plantas menores, a través de incentivos tributarios, arancelarios y contables.

No obstante, algunas de estas regulaciones permiten o propician involuntariamente ciertos comportamientos estratégicos por parte de los jugadores del sistema, cuyo efecto podría impactar la oferta de generación eléctrica en el país y su competitividad en términos de tarifas.

Por lo anterior, la presente propuesta de Trabajo de Grado busca identificar desde la Teoría de Juegos los posibles comportamientos estratégicos tendientes a maximizar los beneficios de las empresas generadoras que poseen en su portafolio plantas menores a 20MW. Y complementariamente, analizar la estrategia para el mercado de generación eléctrica de uno de los principales agentes generadores del mercado nacional que está incursionando fuertemente en proyectos de Energía Renovable No Convencional, examinando los grandes retos y compromisos de cara al futuro.

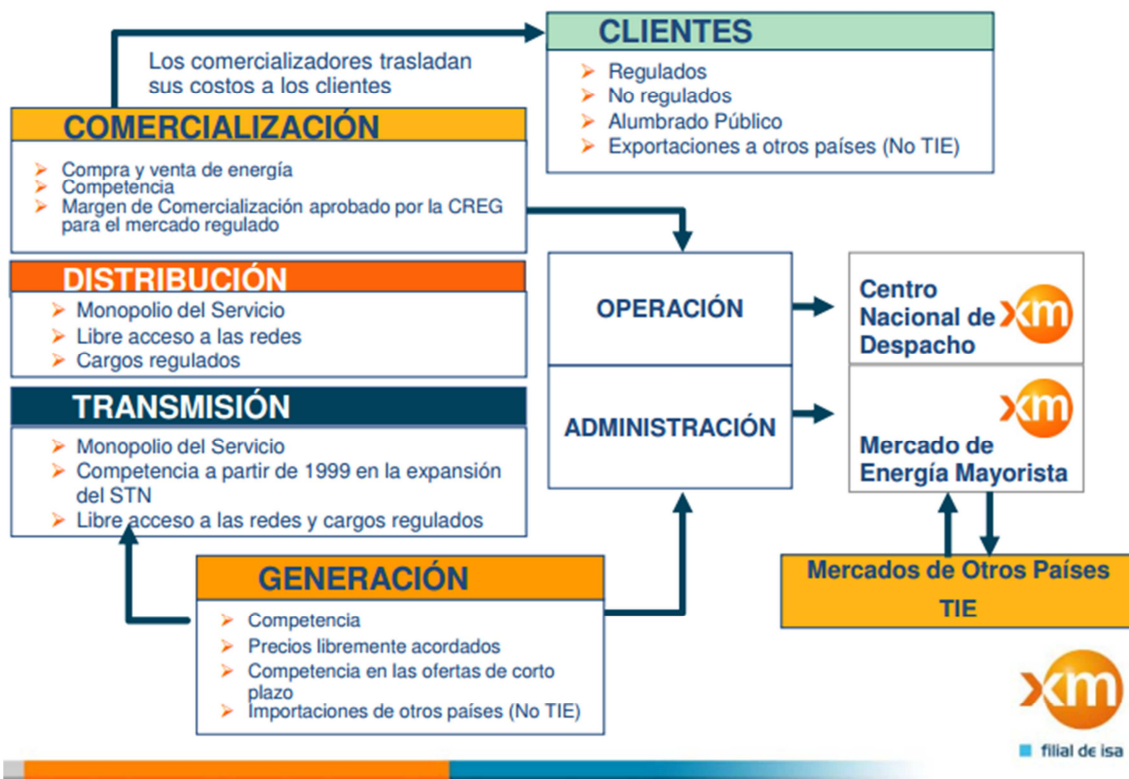
¹ Superservicios: Superintendencia de servicios públicos Domiciliarios.

2. Estado del Arte

El mercado eléctrico posee ciertas características que difícilmente se presentan en mercados donde se transan otro tipo de bienes o servicios, tales como: la demanda no puede almacenar la electricidad, la demanda es altamente inelástica, se requiere infraestructura para cubrir las horas de máxima demanda y en otras horas resulta capacidad ociosa, Galvis (2011). Adicionalmente, en Colombia, se tienen condiciones propias como alto componente hidráulico del sistema, que introduce volatilidad en el precio por el factor climático y la disponibilidad. Por otro lado, esta industria posee altas inversiones en infraestructura para la prestación del servicio, dando origen a economías de escala y, por ende, a barreras de entrada.

Para lograr la prestación del servicio a los usuarios finales, se identifican cuatro actividades principales: generación, transmisión o transporte, distribución y comercialización, (ver ilustración 1):

Ilustración 1. Estructura del Mercado



Fuente: XM (2017).

- La generación es la actividad encargada de producir la electricidad. Toma las fuentes primarias energéticas (agua, combustibles minerales o combustibles derivados del petróleo, viento, etc.) para transformarlos en energía eléctrica. Es efectuada en plantas hidráulicas, térmicas y renovables, siendo la principal en el país la hidráulica.
- La transmisión es el transporte de la energía eléctrica desde las centrales de generación hasta las subestaciones en la entrada a las regiones, ciudades o incluso hasta grandes consumidores. El denominado Sistema de Transmisión Nacional (STN), consta de un conjunto de líneas y subestaciones con equipos y transformadores cuyos módulos de conexión operan a niveles de tensión, que oscilan entre 230 y 500 kV.
- La distribución consiste en el transporte de la energía eléctrica desde el punto donde el STN la entrega hasta las instalaciones de los consumidores finales (hogares, empresas -industriales y comerciales-). En el país, se lleva a través de Sistemas de Transmisión Regionales (STR) y los Sistemas de Distribución Locales (STL). Estos sistemas son unos conjuntos de líneas y subestaciones que operan a niveles menores de los 220 kV.
- La comercialización es la parte de la cadena donde se realiza la gestión comercial de la energía eléctrica, desde la compra de energía hasta su venta a otros agentes del mercado o a usuarios finales. Aquí se realizan los servicios de medida, facturación y recaudo.

La parte en la cadena de suministro que se pretende analizar en el Trabajo de Grado es la Generación. Los generadores de electricidad en Colombia tienen una estructura oligopólica siendo los principales jugadores: EPM, EMGESA, ISAGEN, GECELCA, y CELSIA entre estos producen cerca del 80% de la energía del país. Estos y los demás generadores del mercado realizan sus transacciones con los comercializadores, tanto en la bolsa de energía eléctrica (corto plazo o mercado Spot), como en el mercado de contratos bilaterales de electricidad (largo plazo).

El mercado de corto plazo o mercado spot, se refiere a las transacciones realizadas directamente en la bolsa de energía, entre generadores y comercializadores. La bolsa es controlada por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, quien ejecuta los contratos resultantes de acuerdo a los intercambios de ofertas y demandas de energía, hora a hora, y liquida, recauda y distribuye los valores monetarios correspondientes a las partes y a los transportadores.

Dentro de los principales objetivos de la bolsa se puede mencionar:

- Establecer y operar un sistema de transacciones de energía en bloque que entregue incentivos a generadores y comercializadores para asegurar que se produzcan y consuman cantidades óptimas de electricidad en la forma más eficiente posible.
- Proveer un conjunto de reglas que determinen las obligaciones y acreencias financieras de los agentes participantes en la bolsa, por concepto de transacciones de energía y del suministro de servicios complementarios de energía.
- Facilitar el establecimiento de un mercado competitivo de electricidad.

El proceso de funcionamiento del Mercado Spot de Energía que opera en Colombia, según UPME (2004), comienza cuando los generadores presentan ofertas de precios monómicos de energía (los cuales son para la operación del día siguiente) que deben reflejar el costo variable esperado de generación. Los generadores deben entregar antes de las 8:00am una oferta de precios para las 24 horas (expresados en \$/kWh) por cada recurso de generación. Además deben entregar la disponibilidad esperada (expresada en kW) para cada hora por cada unidad generadora mayor a 20 MW. Si no se presentan ofertas antes de las 8:00 am o se ha recibido información incompleta, se asumirá como oferta actual la última oferta válida. Si bien las disponibilidades ofertadas las realizan horariamente por recurso, el precio reportado aplica para las 24 horas.

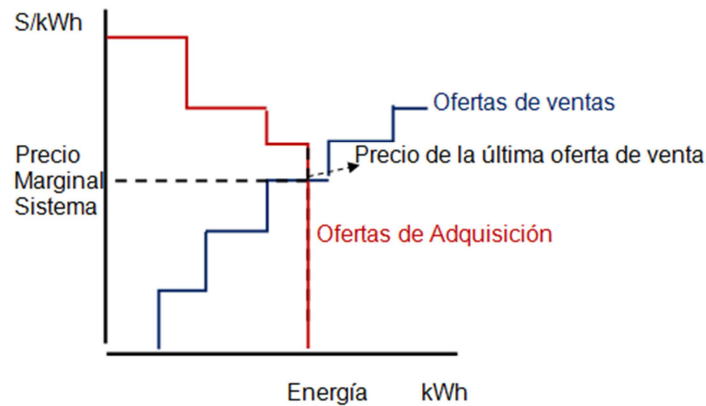
Una vez obtenidas las ofertas, el Centro Nacional de Despacho (CND) realiza un programa de despacho para el día siguiente con el fin de satisfacer la demanda esperada. Para cada hora se utilizan los recursos de menor precio cumpliendo con las condiciones límites del sistema: requisitos de reserva rodante, inflexibilidades de las plantas y las restricciones propias del sistema. El programa de despacho está conformado por la cantidad de energía que cada una de las plantas debe generar en cada hora. El programa para las 24 horas del día es elaborado por el CND y enviado a los generadores antes de las 14:45 horas para su aplicación al día siguiente.

Durante el día se pueden presentar eventos en el sistema que obligan a ajustar el programa inicial. Esta modificación se denomina Redespacho, y como causas de este se pueden mencionar: la salida de unidades, el aumento de disponibilidad de generación por entrada de unidades en mantenimiento, los cambios de los límites de transferencias ocasionados por modificaciones en la

configuración de la red, etc.

De esta manera, el operador de mercado XM, teniendo en cuenta las proyecciones de demanda para cada hora, ordena las ofertas de los generadores de menor a mayor hasta que las cantidades ofertadas cubran el pronóstico de la demanda eléctrica realizado por el operador del mercado, determinando el Precio Marginal del Sistema (PMS) o precio spot como se observa en el gráfico 1.

Gráfico 1. Determinación del precio marginal del sistema



Fuente: XM (2013).

El otro mercado donde realizan transacciones los generadores es el de largo plazo. Éste consiste en acuerdos bilaterales entre un comprador y un vendedor de energía eléctrica, en donde establecen una cantidad y un precio de la energía para un período de tiempo determinado. En Colombia este esquema de contratación no es estandarizado, sino que se realiza a medida que lo requiera cada agente. Existen varias modalidades de contratación, las más comunes son: pague lo contratado, en el que el comprador paga la cantidad contratada de energía, la consuma o no; pague lo demandado, en el que el comprador paga solamente la energía que consume; y pague lo generado, en el que los compradores pagan a precio de contrato toda la generación del vendedor. La práctica más común en el mercado es mantener niveles de contratación altos, para estabilizar los flujos de caja de las empresas y evitar tener tarifas volátiles para los usuarios (Resolución CREG 024 de 2005).

Asimismo, según UPME (2004), en la reglamentación del mercado existen cuatro tipos de generadores:

- Generadores que poseen plantas o unidades de generación conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN)² con capacidad mayor o igual a 20 MW. Estos están obligados a ofertar para el Despacho Central. (Resolución CREG-054 de 1994).
- Generadores que poseen plantas o unidades de generación conectadas al SIN con capacidad mayor o igual a 10MW y menor a 20 MW. Estos deciden si ofertar o no para el Despacho Central. (Resoluciones CREG-086 de 1996 y 039 de 2001).
- Auto-generadores, aquellas personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica para satisfacer únicamente sus propias necesidades. Por lo tanto no usan la red pública para fines distintos al de obtener respaldo del Sistema Interconectado Nacional. (Resolución CREG-084 DE 1996).
- Cogeneradores, aquellas personas naturales o jurídicas que producen energía combinando energía eléctrica y energía térmica, destinadas ambas al consumo propio o de terceros y destinadas a procesos industriales o comerciales. Estos pueden vender sus excedentes y atender sus necesidades en el Mercado Eléctrico Mayorista, cumpliendo los requisitos exigidos por la CREG.
- A pesar de no ser propiamente un generador, las interconexiones internacionales se comportan como tal, pues ofertan un precio y una disponibilidad para la entrega de energía eléctrica y entran a competir con las plantas generadoras locales³; el procedimiento de ofertar es diferente para las interconexiones bajo el esquema de Transacciones Internacionales de Energía (TIE) y para las que no pertenecen a este esquema, pero finalmente ambas representan una mayor competencia en el mercado.

En definitiva, la presencia de agentes con alta participación en el mercado y la posibilidad de diversificar sus portafolios con plantas menores, hace relevante estudiar el mercado mayorista y comprender cómo se comportan estratégicamente los generadores de energía con respecto a sus ofertas de cantidad a despachar y a qué precios. Es muy probable que a futuro el crecimiento de los recursos de generación a partir de energías renovables y plantas menores ocupe un lugar más preponderante en la estrategia de estos agentes.

² Es una interconexión que permite que los sistemas regionales intercambien energía.

³ Actualmente se tienen dos esquemas de exportación o importación con otros países, uno se denomina TIE y es aquel en el que los administradores de los mercados de cada uno de los países construyen una curva de oferta y un precio de demanda y entran a participar en el otro mercado.

Es fundamental entender que las Plantas No Despachadas Centralmente (PNDC) son todas aquellas plantas que por sus características participan del mercado sin que su generación sea programada por el Centro Nacional de Despacho (CND). En cambio, las Plantas Despachadas Centralmente (PDC), informan un programa de generación para cada período horario, el cual entra en la base del despacho, lo que implica una disminución de la oferta por la que compiten todas las plantas de esta categoría. Sin embargo, para las PNDC no existe ningún compromiso de cumplir el programa de generación, es decir pueden desviarse del mismo sin penalización asociada a ello y no tienen que informar precios, según la Resolución CREG 84 y 86 de 1996⁴.

Acorde a la normatividad las plantas que cumplen con unos beneficios técnicos y ambientales son: las auto-generadoras, las que cogeneran y las que tienen Capacidad Efectiva Neta (CEN) inferior a 20MW. Su principal fuente primaria de generación puede ser agua, viento, sol, gas, geotermia y biomasa, entre otras (Resoluciones CREG 025 de 1995⁵, 107 de 1997).

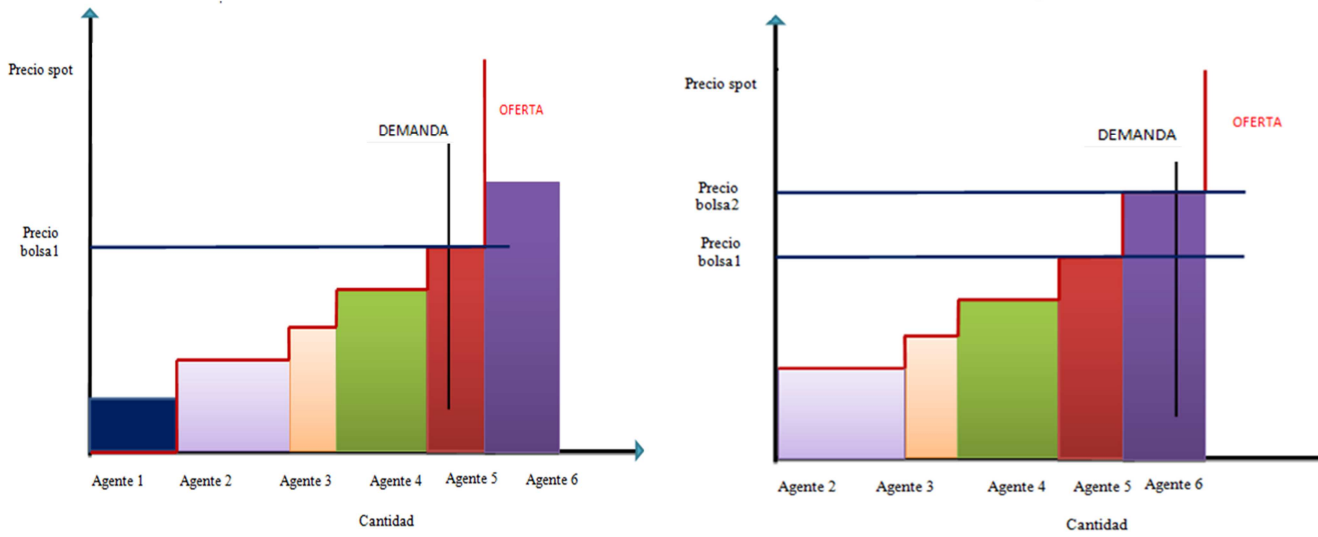
Los generadores con plantas entre 10MW y 20MW, también podrán ofrecer su energía a comercializadoras que atiendan el mercado regulado a través de convocatorias públicas donde la adjudicación se efectúa por mérito de precio o podrá ser vendida a usuarios no regulados, generadores o comercializadores que destinen dicha energía solo a la atención de estos usuarios a un precio pactado libremente.

En el gráfico 2, se puede entender mejor los efectos anteriormente descritos, de cómo la entrada o no de las Plantas No Despachadas Centralmente (PNDC) impactan en la determinación del precio de bolsa. Como se puede observar, en la gráfica de la izquierda se tiene un primer bloque de unidades del Agente 1 (cuadro en azul), que corresponde a un agente con una PNDC, y que inyecta su generación en bolsa, con lo cual aporta para la fijación del “Precio bolsa 1”.

⁴ La resolución CREG 086 de 1996 define la Generación con Plantas Menores: “Es la generación producida con plantas con capacidad efectiva menor a 20 MW , operadas por empresas generadoras, productores marginales o productores independientes de electricidad y que comercializan esta energía con terceros, o en el caso de las empresas integradas verticalmente, para abastecer total o parcialmente su mercado”.

⁵ La resolución CREG 025 de 1995 define las Plantas Despachadas Centralmente como todas las plantas de generación con capacidad efectiva mayor que 20 MW y todas aquellas menores o iguales a 20 MW que quieran participar en el Despacho Económico.

Grafico 2. Determinación del precio marginal del sistema con PNDC



Fuente: García, 2014

Posteriormente, en la gráfica de la derecha, se puede observar como el precio del mercado incrementaría a “Precio bolsa 2”, si el Agente 1 decidiera no ofertar sus cantidades a través de su PNDC en el mercado spot, ejerciendo de esta manera un posible comportamiento estratégico que lo beneficiaría.

Es importante analizar las posibles ventajas que brinda la regulación y cómo podrían dar lugar a comportamientos estratégicos. Algunas implicaciones de que las plantas menores no sean despachadas centralmente, de acuerdo con García (2014) son:

- La generación de estas plantas no es considerada para efectos de fijación del precio en bolsa, pero su generación inyectada al sistema abastece parte de la demanda y es pagada al precio fijado en bolsa (Resolución CREG 24 de 1995).
- Estas plantas no son penalizadas por incumplimiento, dado que no están obligadas a declarar al CND, como no declaran precios, la declaración de disponibilidad (MW) se considera en la base a precio cero, la cual se tiene en cuenta para todos los análisis (Resolución CREG 25 de 1995).

- Asimismo, el Administrador del sistema de intercambios comerciales (ASIC) es el encargado de remunerar la energía que inyectan estas plantas al sistema, conforme a la medida que todo generador reporte al ASIC (Resolución CREG 47 de 2000).
- Las plantas menores que vendan su energía en bolsa se les remunera al precio Spot, aquellas que vendan su energía vía contratos son remuneradas según los precios pactados en este mercado, y las que negocian directamente la energía en el mercado no regulado son remuneradas de acuerdo con las tarifas pactadas con el comprador. Por tanto las empresas con este tipo de generación al no tener ninguna obligación legal para cumplir con la disponibilidad declarada y al conocer la información sobre los precios y disponibilidades de las plantas despachadas centralmente; podrán tomar la decisión de generar y vender únicamente en aquellos periodos en que el precio de bolsa maximice sus beneficios, disminuyendo generación en caso de ser necesario y, por lo tanto, aumentando el precio Spot.

Una herramienta bien interesante cuya óptica podría demostrarnos el caso anterior es la teoría de juegos, en donde el generador se enfrenta a un juego consecutivo, que se puede repetir n periodos, haciéndose parte de la interacción habitual con el mercado. El trasfondo de todo es comprender que un aumento en el precio de la energía en bolsa, a través de la posible maniobra de las cantidades por parte de los agentes, implicará de una u otra manera una transferencia del excedente del consumidor al productor y una pérdida de competitividad en la tarifa final ofertada.

Por ello la hipótesis que se desarrolla en el Trabajo de Grado es si los generadores con plantas inscritas como menores a 20MW en sus portafolios, al no tener que cumplir con la disponibilidad declarada y conociendo la información sobre los precios y disponibilidades de las plantas despachadas centralmente; toman la decisión de generar y vender para el Mercado Spot únicamente en aquellos periodos en que el precio de bolsa maximice los ingresos, disminuyendo generación en caso de ser necesario y, por lo tanto, aumentando el precio de bolsa, y a su vez, el precio al consumidor final. Es importante anotar que en esta investigación se examinará el efecto solo sobre el precio de bolsa.

3. Marco Teórico

El poder de mercado es una de las prácticas inherentes a las industrias oligopólicas. En el estudio de la microeconomía y la organización industrial, este tema ha tomado gran relevancia y se han propuesto varios índices para detectar dicho comportamiento. En este sentido, por su relevancia teórica y práctica, Galvis (2011) menciona que una de las definiciones más extendidas y comúnmente citadas es la del Departamento de Justicia y la Comisión Federal de Comercio (Federal Trade Commission) de los EE.UU. en sus evaluaciones de fusiones horizontales entre empresas:

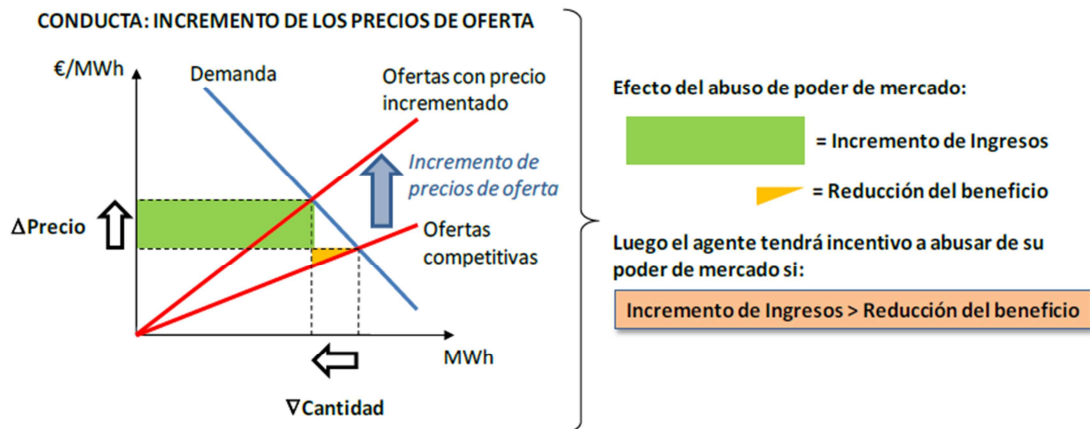
“Poder de mercado es la capacidad de una única empresa o de varias empresas competidoras para elevar los precios en beneficio propio por encima de los niveles de precios de competencia y restringir ofertas por debajo de los niveles de competencia durante un periodo sostenido de tiempo.”

No obstante, como en Colombia los generadores deben reportar la disponibilidad de producción, además de la normatividad existente por parte de la CREG que controla la disponibilidad ofertada, se esperaría que los agentes no tengan gran capacidad para ejercer poder de mercado vía cantidades. Por esto, se compara la definición anterior con otras definiciones encontradas en documentos académicos. Así, por ejemplo, Fabra (2008) establece que existe poder de mercado *“cuando alguna empresa de forma individual, o algunas empresas de forma colectiva, disponen de la habilidad de tomar decisiones estratégicas que alteren el equilibrio del mercado con respecto al de un mercado competitivo”*. De igual forma, el poder de mercado es definido por Stoft (2002), citado por Twomey et al. (2006), como *“la capacidad para alterar los precios por encima del nivel competitivo”*.

Es importante mencionar la diferencia existente entre poder de mercado y ejercicio del poder de mercado. El poder de mercado, como ya se ha expuesto, implica la capacidad por parte de una o varias empresas de alterar el resultado del mercado en beneficio propio. Sin embargo, no se castiga la capacidad de cometer un delito, sino la realización del mismo. Una determinada estructura de mercado no es condición suficiente para concluir que en el mismo se ejerce poder de mercado. Para que un agente ejerza poder de mercado es necesario que tenga incentivos para

hacerlo. Más concretamente, es necesario que del ejercicio de poder de mercado resulte un beneficio mayor, que el de un comportamiento perfectamente competitivo (Ver Ilustración 2).

Ilustración 2. Incentivo a ejercer poder de mercado



Fuente: Energía y sociedad (2011).

Existen algunas medidas que podrían condicionar el poder de mercado, como lo son que no existan barreras a la entrada significativas, una regulación alta y que la información con la que se cuente sea imperfecta. Sin embargo, en el mercado eléctrico algunas de estas condiciones no se cumplen. Por ejemplo, los generadores requieren altas inversiones en infraestructura para la prestación del servicio y por tanto altos costos fijos, lo que conllevaría a la existencia de barreras a la entrada tanto de carácter técnico como legal. Sin embargo, para el análisis específico que nos atañe, el tema pasa más por el tipo de regulación que rige las centrales menores que pareciera incentivar indirectamente este tipo de comportamientos.

Por otro lado, está el hecho de que en los mercados mayoristas de electricidad, los vendedores y compradores interactúan de manera repetida cada hora, lo que provoca un incremento de la capacidad de las empresas para realizar comportamientos estratégicos y así alcanzar precios más altos. Por tanto, se podría deducir que en este mercado es muy probable que los generadores ejerzan poder de mercado y sus beneficios se incrementen mediante la determinación de precios por encima del nivel competitivo. Dentro de los nuevos modelos que han surgido en los últimos años para evaluar la toma de decisiones y el poder de mercado en el sector eléctrico, aparece la

Teoría de Juegos, que pretende entregar una visión acerca del comportamiento racional de los distintos agentes del sistema.

Esta teoría es una aproximación interdisciplinaria para estudiar el comportamiento humano en el cual los resultados dependen de la interacción de estrategias de dos o más jugadores (Gibbons, 1992 y Rojas 2001). Se pueden identificar cuatro tipos de juegos en el contexto en general: juegos estáticos de información completa, juegos estáticos de información incompleta, juegos dinámicos de información completa o juegos dinámicos de información incompleta. En este trabajo de grado se analizarán los juegos dinámicos de información completa; de acuerdo a la naturaleza de las posibles estrategias de los agentes que corresponde a ofertas de precio y cantidad para ciertos escenarios de demanda. Ya que a partir de la página web del operador del mercado, se puede acceder a información que permite examinar el portafolio de una empresa y su interacción con las del resto del mercado.

Dentro de la literatura y en anteriores investigaciones acerca de la aplicación de la Teoría de Juegos en los mercados eléctricos, se destaca el uso de los modelos de Cournot y Bertrand; que en forma académica manejan situaciones de duopolio, pero que en la práctica se hace una extensión para aplicar los conceptos a un número mayor de agentes. Estos modelos tienen el propósito de sensibilizar variables de elasticidad y nivel de demanda frente a la aplicación de poder de mercado, así como también el juego de estrategias discretas que pretende visualizar en forma más real lo que sería una oferta de precio y cantidad, para nuestro caso, en una Bolsa de energía a distintos niveles de demanda del sistema, aplicando estrategias de indisponibilidad de unidades. Dentro de estos tipos de modelación de juegos estratégicos, es posible llegar a una solución de equilibrio llamado equilibrio de Nash, la cual puede presentarse en forma única, múltiple o nula.

Un ejemplo específico de la aplicación de estos modelos se da en el mercado eléctrico español (Fabra y Toro, 2005), donde analizan el desempeño de los precios del mercado eléctrico en ese país utilizando el modelo de Cournot. Allí se caracterizan las desviaciones óptimas de la empresa desde un acuerdo colusivo, concluyendo que los generadores pudieron haber llegado a un

acuerdo tácito que distorsionó los resultados del mercado, en el cual la empresa con mayores niveles de producción pudo haber producido a precios por debajo del costo marginal.

Adicionalmente, se encuentran en la literatura otros modelos que evalúan el impacto sobre el precio dentro de otras funciones tales como:

Green (1996), utilizando el modelo de función de oferta, evalúa el impacto de las disponibilidades de unidades de generación ofertadas de una empresa sobre el Precio Marginal del Sistema (PMS). Su principal conclusión es que cuando una empresa grande incrementa el precio de las ofertas de algunas de sus unidades, esas unidades serán menos utilizadas, pero el PMS será más alto y, por tanto las unidades restantes de la empresa ganarán más. En este sentido, Green establece que si una empresa se comporta estratégicamente con sus ofertas, tendrá un coste marginal menor que el precio del mercado; mientras que una no estratégica fijará su oferta de forma que sea igual al coste marginal.

Von der Fehr y Harbord (1993), usando un modelo de subasta de unidades múltiples, encontraron que los generadores normalmente hacen ofertas a precios por encima del coste marginal. Sus deducciones indican que si la demanda es alta, el PMS será fijado por el oferente con precio más alto y la oferta más baja será inaplicable, sin embargo, un oferente con precio bajo no es indiferente sobre su oferta, debido a la probabilidad positiva que su oferta sea la oferta marginal. Así, dada la oferta del mejor postor, el oferente de coste bajo tiene un incentivo para aumentar el precio de su oferta para asegurar un precio alto en caso de demanda baja. De este modo, cuando la demanda es baja, la capacidad de la unidad más eficiente es suficiente y la oferta de la unidad barata estará justo por debajo del coste marginal de la unidad de coste alto.

Por otro lado, con respecto al tema de Estrategia y Perspectivas, en la tercera y última parte del trabajo, se revisará desde diferentes ópticas el marco estratégico de un importante actor del mercado energético nacional. Pero más que generar un marco teórico para su análisis, lo que se pretende es en el desarrollo de esa sesión del trabajo, hacer un recorrido por los diferentes pilares que están soportando su estrategia y su promesa de valor, tanto la parte comercial e innovación,

así como de impacto social, y la conexión y apalancamiento que tienen estas vertientes con el tema de comportamiento estratégico.

La Estrategia de una empresa es su plan de acción para desempeñarse mejor que los competidores y obtener una mayor rentabilidad (Thompson, Peteraf, Gamble y Strickland 2015, p.3). Este concepto básico de estrategia se ha ido ampliando y la definición de modelos de negocios dentro del mercado eléctrico, está en plena renovación por las nuevas necesidades ambientales y los acuerdos mundiales de cambio climático.

En un mundo tan dinámico como el de hoy, con una extraordinaria velocidad de cambio, no pueden precisarse las condiciones futuras, se hace necesario analizar este ambiente incierto para poder planear las estrategias que suministren mayor posibilidad de éxito futuro, en especial en lo concerniente a la competencia y a las capacidades empresariales, (Quintero, 2017). Elementos importantes como el análisis del ambiente externo y el sector en que se mueve una compañía, sus recursos y capacidades para generar competitividad, así como el tema de multi-negocios, Responsabilidad Social Empresarial, Gobierno Corporativo y Sostenibilidad Ambiental, hacen parte del diseño de una estrategia que permita a una compañía diferenciarse y a partir de ahí generar ventajas competitivas.

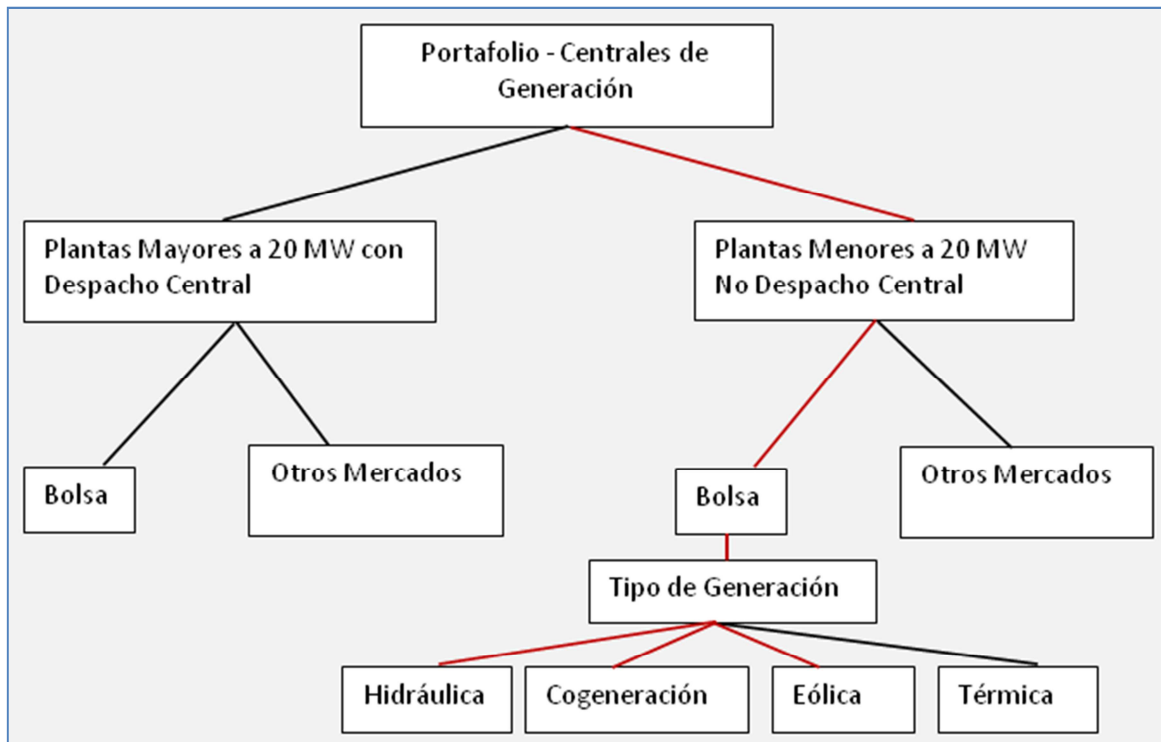
Dicha competitividad debe ser vista bajo la sostenibilidad ambiental, sobre todo en las empresas generadoras, llamadas a liderar el cambio a tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente. Para tales fines, el *Global Report Initiative* (GRI), ha desarrollado todo marco de reportes en temas sensibles ambientales, cambio climático, derechos humanos, corrupción y muchos otros. Estas métricas se apoyan en un proceso *multistakeholder* de carácter independiente que tiene como finalidad desarrollar y difundir una guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad de manera estándar y comparables a nivel mundial. Precisamente el informe integrado que se pretende revisar para el actor energético seleccionado, se trabajó bajo el reporte que sigue las guías y recomendaciones del GRI.

4. Metodología y Datos

La hipótesis planteada se pretende demostrar mediante la aplicación de Estadística Descriptiva a la información real divulgada en el PORTAL BI⁶ del Operador del Mercado, la compañía XM S.A. E.S.P responsable de la operación, la administración y el desarrollo del Mercado Eléctrico Mayorista en Colombia. Esta metodología de datos se empleó para otra Tesis de uno de los autores del presente trabajo, en el análisis del Mercado para el año 2013, ver Ramirez (2014).

Los datos nos permiten analizar el comportamiento del mercado para el año 2016 y bajo la óptica de la Teoría de Juegos, estudiar la lógica que lleva a un agente racional a tomar decisiones en la búsqueda de la maximización de sus ingresos. Las diferentes opciones de dicho agente con portafolio diversificado, tales como la capacidad efectiva neta y el tipo de generación de sus recursos; así como las alternativas que le presenta el Mercado, pueden verse esquemáticamente en la Ilustración 3:

Ilustración 3. Árbol de toma de decisiones - Forma extensiva secuencial



Fuente: Elaboración propia.

⁶ Business Intelligence: <http://informacioninteligente10.xm.com.co/Pages/default.aspx>”.

El portal de XM, ofrece una interfaz en línea de estadísticas, ver Ilustración 4, con históricos sobre aspectos fundamentales para analizar el mercado como son demanda, hidrología, intercambios, oferta, transacciones y precios.

Ilustración 4. Portal BI de la página web de XM



Fuente: Portal XM (<http://informacioninteligente10.xm.com.co/Pages/default.aspx>).

Lo que se busca es estudiar los incentivos que tienen los agentes que poseen plantas menores de generación, y analizar cómo sus decisiones impactan la determinación del precio Spot. Para tal propósito, se decide comparar el agente que cuenta con mayor capacidad instalada en Plantas No Despachadas Centralmente (PNDC), designado en las simulaciones subsiguientes como el Agente Generador “AAAG”, por confidencialidad; versus, los demás generadores del Mercado, agrupados como bloque bajo la sigla “MDOG”.

En la tabla 1, se puede ver un comparativo del portafolio del agente seleccionado para el análisis, AAAG, vs el resto de los agentes del mercado agrupados MDOG. Dicho agente representa el 11.9% del total del mercado y lo más relevante para el tema que nos ocupa, es que su Capacidad Instalada en PNDC es del 12.62%, mientras que para el resto de generadores agrupados, esta pesa

sobre sus propios portafolios solamente el 4.36%. Es claro entonces, que nuestro agente de análisis es el más interesante como objeto de estudio, ya que posee mayor concentración de PNDC en el pool de sus recursos de generación.

Tabla 1. Capacidad Instalada de acuerdo al Tipo de Despacho

AGENTES GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	%	TIPO DE DESPACHO			
			DC	%	NDC	%
AAAG	1,974.08	11.92%	1,725.00	87.38%	249.08	12.62%
MDOG	14,585.48	88.08%	13,949.90	95.64%	635.58	4.36%
TOTAL MERCADO	16,559.56	100.00%	15,674.90	94.66%	884.66	5.34%

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

Una vez identificado el agente que mayor participación tiene de centrales menores a 20 MW dentro de su portafolio, y por ende mayor propensión a jugar estratégicamente con su generación, se debe determinar cuáles de las matrices y bases de datos disponibles en el portal son requeridas para simular la determinación del precio del mercado Spot en cualquier hora de los 365 del año 2016.

Se estudian con detalle las bases de datos o Meta data como lo llama el portal, de cada bloque de información expuesto en la Ilustración 4. Luego de un análisis minucioso, se determina que los bloques de Oferta y Demanda tienen los históricos necesarios para poder construir un programa – simulador (Macro en Visual Basic - Excel) que permita recrear el proceso de oferta tanto de cantidades (kW) como de precios por cada agente. Después, para cada hora de cada día del año 2016, se realiza el cruce de dichas ofertas con la demanda del sistema y los posibles juegos con las PNDC, comparando su Capacidad Efectiva Neta vs lo que realmente generaron. Y de esta manera, evidenciar posibles comportamientos estratégicos vía disminución de cantidades generadas para lograr un mayor precio de bolsa.

En una primera instancia, vale la pena revisar tres matrices que si bien no entregan datos directos para el cálculo de la simulación descrita, dan información que permite entender mejor el comportamiento de los agentes. En la tabla 2, se puede ver un resumen de dichas matrices:

Tabla 2. Matriz de variables informativas

N	Matriz de Variables	Unidad	Métrica				Definición
			Por Agente	Por Recurso	Por día	Por Hora	
1	Disponibilidad Declarada	KW	X	X	X	X	Máxima cantidad de potencia neta que un generador puede suministrar al sistema durante un intervalo de tiempo determinado para el despacho económico o el re-despacho, reportada diariamente en la oferta.
2	Disponibilidad Comercial	KW	X	X	X	X	Considera la declaración de disponibilidad de los generadores, modificada cuando se presentan cambios en las unidades de generación en operación real del Sistema.
3	Capacidad Instalada	KW	X	X	-	-	Cantidad de potencia teórica que puede suministrar una unidad de generación de acuerdo a su diseño.

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

- Disponibilidad Declarada: Esta es una matriz que agrupa la disponibilidad de generar que cada agente declara el día anterior por cada hora y para cada uno de sus recursos (plantas). Inicialmente, se podría pensar que en esta matriz están tanto las PDC como las PNDC, pero se realmente en la práctica solo declaran disponibilidad los recursos mayores a 20 MW (PDC). Lo que bajo las resoluciones ya explicadas, es perfectamente válido y abre una puerta a posibles comportamientos estratégicos. Esta matriz es informativa y permite determinar el nivel de oferta de cada agente en sus PDC, pero sus datos no son directamente utilizados en la simulación.
- Disponibilidad Comercial: Esta es una matriz que contiene la Disponibilidad Calculada a partir de la Disponibilidad Real vs la Disponibilidad Declarada por los agentes generadores que representan los recursos ante la Administrador del sistema de intercambios comerciales (ASIC). En esta matriz, si podemos encontrar la disponibilidad de las plantas menores a 20 MW, lo cual nos permite conocer que agentes se reservan el derecho de declarar estas plantas y si deciden generar entregando su energía al SIN. Esta base de datos, tampoco se usa directamente en la simulación, pero es interesante conocerla, en la medida en que en ella se evidencia la generación real de las PNDC.
- Capacidad Instalada: Esta información nos permite dimensionar el tamaño del mercado en Colombia, la distribución de la canasta energética en términos de fuentes de generación, así como la participación de PNDC. En la tabla 3 se puede ver un consolidado de la Capacidad

Instalada Total, que sumando todos los agentes del mercado es de 16,559.56 MW para cada hora. Se tiene que 884.66 MW es decir, 5.34%, pueden ser producidos desde recursos menores a 20 MW, principalmente hidráulicos (3.39%); lo cual representa un aporte relativamente bajo al sistema, pero como veremos puede tener un gran poder de modificación del precio spot. La energías alternativas como la Eólica tiene aún una participación marginal de 0.11%, y hasta la fecha hay algunos proyectos en operación de energías renovables como la Solar o Geotérmica, pero que aún no entran en operación con el SIN.

Tabla 3. Capacidad Instalada Total del Sistema

FUENTE DE ENERGIA	TOTAL MERCADO CAPACIDAD INSTALADA (MW)	%	DC	%	NDC	%
HIDRUALICA	11,552.14	69.76%	10,892.00	65.77%	660.14	3.99%
TERMICA	4,900.40	29.59%	4,782.90	28.88%	117.50	0.71%
COGENERACION	88.60	0.54%	-	0.00%	88.60	0.54%
EOLICA	18.42	0.11%	-	0.00%	18.42	0.11%
TOTAL	16,559.56	100.00%	15,674.90	94.66%	884.66	5.34%

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

En la tabla 4, se puede leer con mayor detalle el portafolio del agente de análisis (AAAG), con respecto a la fuente de generación. Allí se aprecia su gran participación de plantas Hidráulicas y Térmicas para Despacho Central; y una concentración importante de las plantas Hidráulicas Filo de Agua y de Cogeneración en las No Despachadas Centralmente.

Tabla 4. Agente de análisis – Capacidad Instalada por fuente de energía

FUENTE DE ENERGIA	AGENTE AAAG CAPACIDAD INSTALADA (MW)	%	DC	%	NDC	%
HIDRUALICA	1,129.98	57.24%	950.00	48.12%	179.98	9.12%
TERMICA	794.80	40.26%	775.00	39.26%	19.80	1.00%
COGENERACION	49.30	2.50%	-	0.00%	49.30	2.50%
EOLICA	-	0.00%	-	0.00%	-	0.00%
TOTAL	1,974.08	100.00%	1,725.00	87.38%	249.08	12.62%

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

Las matrices consideradas directamente en el simulador, contemplan variables tales como: la cantidad y los precios de la oferta disponible por agente y sus recursos, así como la generación real en comparación con la capacidad efectiva neta; teniendo siempre como punto de referencia el precio de bolsa y la demanda por hora. Con las matrices que se resumen a continuación, en la tabla 5, se construye la herramienta que permite correr cada hora de cada día del año 2016, es decir, simular 8760 escenarios, y cuantificar de manera automática para cada escenario entre otras variables, el impacto de las Plantas No despachadas Centralmente en la definición del precio de bolsa.

Tabla 5. Resumen matriz de variables tomadas de BI para la simulación

N	Matriz de Variables	Unidad	Métrica				Definición
			Por Agente	Por Recurso	Por día	Por Hora	
4	Capacidad Efectiva Neta	KW	X	X	X	-	Cantidad de potencia neta que puede suministrar una unidad de generación en condiciones normales de operación.
5	Precio de Oferta	\$/KWH	X	X	X	-	Precio comercial ofertado por cada agente generador sobre los KW declarados disponibles para el día siguiente.
6	Precio de Bolsa	\$/KWH	-	-	X	X	Precio de oferta de la última planta flexible para atender la demanda comercial nacional, + delta de incremento para remunerar los costos no cubiertos de las plantas térmicas en el despacho ideal.
7	Demanda Comercial	KW	-	-	X	X	Consumo Real de todos los usuarios interconectados + las pérdidas en las redes de transmisión y distribución
8	Generación Real	KW	X	X	X	X	Generación neta de cada una de las plantas Nacionales en sus puntos de frontera

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

- Capacidad Efectiva Neta: Esta capacidad es entregada para cada hora y cada día, de todo el año 2016 y varía dependiendo de la disponibilidad técnica de cada planta. Es importante tenerla como referencia porque esta capacidad se asume como la máxima que un agente podría despachar y nos indica el factor de utilización del recurso. En el contexto de las PNDC si una planta no genera el 100% de su capacidad efectiva neta, es porque así ha decidido hacerlo ya que como se expuso anteriormente la legislación le asegura el despacho automático de toda su producción al precio de bolsa del mercado para esa hora de análisis. En otras palabras, un factor de utilización bajo, en las PNDC del agente de análisis o del mercado, se asumirá como un comportamiento racional y estratégico. La tabla 6, muestra un aparte de cómo XM entrega la información. En esta matriz se tiene un detalle fundamental para la simulación al conocer el tipo de despacho (central o no central), lo que permite revisar para cada hora la capacidad remanente (KW disponibles pero no generados) para las PNDC

del agente de análisis y del mercado en general. De esta manera, se puede determinar si esa capacidad remanente no generada, hubiese sido suficiente para cubrir la oferta del último agente flexible que determino el precio de bolsa.

Tabla 6. Capacidad Efectiva Neta – Matriz de datos 2016

CAPACIDAD EFECTIVA NETA (KW)						
Fecha	Recurso	Código Agente	Tipo de Generación	Combustible por defecto	Tipo de Despacho	Capacidad Efectiva Neta kW
2016-01-01	AGUA FRESCA	ADCG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	7,290.00
2016-01-01	ALBAN	EPSG	HIDRAULICA	AGUA	DESPACHADO CENTRALMENTE	429,000.00
2016-01-01	ALTO TULUA	EPSG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	19,900.00
2016-01-01	AMAIME	EPSG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	19,170.00
2016-01-01	AMALFI	EPMG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	810.00
2016-01-01	AMERICA	EPMG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	410.00
2016-01-01	AMOYA LA ESPERANZA	ISGG	HIDRAULICA	AGUA	DESPACHADO CENTRALMENTE	80,000.00
2016-01-01	ASNAZU	GNCG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	450.00
2016-01-01	AYURA	EPMG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	18,000.00
2016-01-01	BAJO TULUA	EPSG	HIDRAULICA	AGUA	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	19,900.00
2016-01-01	BARRANQUILLA 3	GECG	TERMICA	COMBUSTOLEO	DESPACHADO CENTRALMENTE	56,000.00

Fuente: Datos XM (2016)

- Precio de Oferta: La matriz de precios de ofertas por generador está dada para cada día, pero no es horaria. En el mercado Colombiano los agentes ofertan un precio único para las 24 horas del día siguiente al que están optando generar. Ello con el ánimo de minimizar precisamente los comportamientos estratégicos.

El precio de Oferta Ideal que vemos en la tabla 7, representa el precio de la energía de un recurso de generación para cada una de las 24 horas de un día, difiriendo del precio de oferta de despacho en que incluye el CERE⁷ en lugar del CEE⁸. El que se utiliza en la simulación es

⁷ CERE: Costo Equivalente Real en Energía del Cargo por Capacidad Real”.

⁸ CEE: Costo Equivalente en Energía del Cargo por Capacidad”.

el Precio de Oferta de Despacho, que es el precio de la energía de un recurso de generación despachado centralmente por los agentes e incluye como se mencionó el CEE.

Tabla 7. Precio de Oferta - Matriz de datos 2016

PRECIO DE OFERTA (\$)				
Fecha	Recurso	Código Agente	Precio de Oferta de Despacho \$/kWh	Precio de Oferta Declarado \$/kWh
2016-01-01	ALBAN	EPSG	845.00	845.00
2016-01-01	BARRANQUILLA 3	GECG	471.66	471.66
2016-01-01	BARRANQUILLA 4	GECG	471.66	471.66
2016-01-01	BETANIA	ENDG	1,000.00	1,000.00
2016-01-01	CALIMA	EPSG	840.00	840.00
2016-01-01	CARTAGENA 1	ENDG	475.86	475.86
2016-01-01	CARTAGENA 2	ENDG	481.37	481.37
2016-01-01	CARTAGENA 3	ENDG	484.05	484.05
2016-01-01	CHIVOR	CHVG	920.00	920.00
2016-01-01	CIMARRON	TMRG	80.00	80.00
2016-01-01	EL QUIMBO	ENDG	1,000.00	1,000.00
2016-01-01	FLORES 1	TMFG	302.50	302.50
2016-01-01	FLORES 4B	TMFG	344.91	344.91
2016-01-01	GECELCA 3	GECG	171.67	171.67
2016-01-01	GUAJIRA 1	GECG	201.36	201.36
2016-01-01	GUAJIRA 2	GECG	195.21	195.21
2016-01-01	GUATAPE	EPMG	395.00	395.00
2016-01-01	GUATRON	EPMG	850.00	850.00
2016-01-01	GUAVIO	ENDG	63.02	63.02
2016-01-01	JAGUAS	ISGG	63.02	63.02
2016-01-01	LA TASAJERA	EPMG	500.00	500.00
2016-01-01	MERILECTRICA 1	CIVG	330.00	330.00
2016-01-01	MIEL I	ISGG	1,123.73	1,123.73
2016-01-01	PAGUA	ENDG	1,000.00	1,000.00
2016-01-01	PAIPA 1	HIMG	140.59	140.59
2016-01-01	PAIPA 2	HIMG	135.96	135.96
2016-01-01	PAIPA 3	HIMG	137.81	137.81
2016-01-01	PAIPA 4	HIMG	126.70	126.70
2016-01-01	PLAYAS	EPMG	390.00	390.00

Fuente: Datos XM (2016)

- Precio de Bolsa: En condiciones normales de operación, corresponde al mayor precio de oferta de las unidades con despacho centralizado que han sido programadas para generar en el despacho ideal y que no presentan inflexibilidad⁹. El tema de la inflexibilidad es importante mencionarlo, ya que por restricciones de las redes o por razones geográficas u otras razones, dichas plantas deben generar, y si bien su oferta cubre parte de la demanda, no entran en el juego de la definición del precio de bolsa.

⁹ Una unidad es inflexible cuando las características técnicas de la unidad hacen que genere en una hora a pesar de que su precio de oferta sea superior al costo marginal del sistema”.

Tabla 8. Precio Bolsa Nacional - Matriz de datos 2016

PRECIO DE BOLSA NACIONAL (\$)										
Fecha	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016-01-01	480.75	498.75	393.75	393.75	362.80	328.75	193.97	286.06	327.67	393.75
2016-01-02	388.17	388.17	387.17	387.17	387.17	387.17	387.17	388.17	388.17	388.17
2016-01-03	585.62	446.62	446.62	364.62	364.62	364.62	364.62	364.62	446.62	506.62
2016-01-04	447.35	447.35	367.35	367.35	367.35	447.35	447.35	527.35	586.35	586.35
2016-01-05	456.67	456.67	456.67	456.67	456.67	456.67	456.67	476.67	546.67	626.67
2016-01-06	641.62	546.62	546.62	476.62	476.62	641.62	641.62	642.62	642.62	642.62
2016-01-07	546.62	546.62	546.62	546.62	546.62	546.62	546.62	546.62	556.62	641.62
2016-01-08	522.89	522.89	522.89	522.89	522.89	522.89	522.89	532.46	542.46	552.46
2016-01-09	517.01	375.03	346.51	346.51	346.51	375.03	361.06	517.01	542.01	547.01
2016-01-10	541.66	541.66	516.66	516.66	516.66	516.66	516.66	416.66	516.66	541.66
2016-01-11	486.76	486.76	456.36	406.86	406.86	486.76	406.86	481.00	486.76	486.76
2016-01-12	496.78	482.78	377.77	472.72	478.23	482.78	496.78	541.78	596.78	596.78
2016-01-13	617.03	617.03	617.03	617.03	637.03	637.03	637.03	657.03	657.03	657.03
2016-01-14	761.62	616.62	596.62	596.62	596.62	736.62	736.62	761.62	776.62	776.62
2016-01-15	514.66	476.66	476.66	514.66	514.66	514.66	716.56	716.56	716.56	771.66

Fuente: Datos XM (2016)

El Precio de Bolsa es único para el sistema interconectado en cada periodo horario y como se explicó, éste se va definiendo por mérito en las ofertas de menor a mayor precio ofertado. Este precio es el que determina el corte de los agentes que se incluyen en la atención de la demanda. Recordemos que para las PNDC el precio de oferta se asume en la base como cero pero su nivel de generación impacta directamente la definición del precio de bolsa. A menor oferta desde las PNDC, se deben incluir más oferentes PDC con posibles mayores precios, aumentando finalmente el precio de bolsa.

- Demanda Comercial: Esta matriz relaciona el valor de la demanda real de los comercializadores, incluyendo las pérdidas en las redes de transmisión regional o de distribución local y las pérdidas del Sistema de Transmisión Nacional. Es una información que se entrega para cada hora y es finalmente esta demanda la que determina el corte de los agentes que se incluyen en el despacho para la definición del precio en bolsa. Es una variable fundamental y a partir de la cobertura de esta demanda, es que se presume que los agente juegan combinando sus ofertas con plantas NDC y DC, y logran en ciertos escenarios más favorables, maximizar sus ingresos.

En esta matriz en particular se entrega el detalle de la demanda por agente comercializador y la presencia que tienen por tipo de mercado, como vemos en la tabla 9. Sin embargo, dicho nivel de detalle no se incluye en el análisis, ya que lo que nos interesa es saber desde los

agentes generadores el volumen de energía que le inyectan al sistema. Por lo tanto, lo que se busca aquí es extraer el valor total de los KW por hora por día, demandados al SIN.

Tabla 9. Demanda Comercial - Matriz de datos 2016

DEMANDA POR COMERCIALIZADOR (KWh)											
Fecha	Codigo	Mercado	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Comercializador											
2016-01-01	ASCC	NO REGULADO	166	168	164	162	161	163	76	49	56
2016-01-01	ASCC	REGULADO	2,479	2,398	2,275	2,252	2,270	2,304	2,309	1,700	2,154
2016-01-01	CASC	NO REGULADO	4,059	4,074	4,082	4,047	4,027	4,037	1,074	1,068	1,089
2016-01-01	CASC	REGULADO	45,321	43,705	41,983	40,654	39,294	37,851	36,301	37,173	39,248
2016-01-01	CCOC	NO REGULADO	15,326	17,900	19,413	19,586	20,641	19,622	18,339	18,920	21,408
2016-01-01	CDNC	NO REGULADO	5,647	5,852	5,774	5,771	5,625	5,629	1,671	1,779	1,888
2016-01-01	CDNC	REGULADO	83,038	70,478	60,472	54,830	48,716	47,843	49,503	53,587	58,701
2016-01-01	CDSC	NO REGULADO	53,738	54,000	53,935	53,784	53,544	53,877			
2016-01-01	CDSC	REGULADO	792,272	724,726	654,621	607,007	578,338	551,676	539,297	569,263	623,033
2016-01-01	CEOC	NO REGULADO	6,576	6,558	6,544	6,486	6,410	6,408	2,969	2,974	3,064
2016-01-01	CEOC	REGULADO	78,900	73,608	67,258	59,015	58,870	56,524	53,585	51,437	58,939
2016-01-01	CETC	NO REGULADO	5,706	5,624	5,429	5,443	5,375	5,418	2,382	2,400	2,564
2016-01-01	CETC	REGULADO	18,937	17,826	16,801	15,598	14,596	13,956	13,110	13,105	14,070
2016-01-01	CETG	CONSUMOS	2	2	2	1	1	2	2	1	1

Fuente: Datos XM (2016)

- **Generación Real:** Finalmente tenemos la matriz de generación que resulta del cruce que hace XM de las variables anteriormente descritas. Importante recordar que con la Disponibilidad Declarada de las PDC y el Precio de Oferta, se establece el Despacho Ideal por mérito de precio. Luego, de acuerdo a la Demanda Nacional horaria se seleccionan los agentes que deben Generar determinándose así el Precio de Bolsa.

La Generación Real es una matriz que entrega el desglose por cada agente, por cada recurso, así como el tipo de despacho, PDC o PNDC. También relaciona la tecnología de Generación (Hidráulica, Térmica, Eólica, etc.), con su respectivo combustible, permitiendo caracterizar con mayor detalle el perfil de cada agente y del mercado en general.

Tabla 10. Generación - Matriz de datos 2016

Fecha	Recurso	Tipo Generación	Combustible	Código Agente	Tipo Despacho	Precion de oferta	Cap. Instalada KW	0	1	2	3
2016-01-01	AGUA FRESCA	HIDRAULICA	AGUA	ADCG	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	0	7,290.00	3,108.00	3,079.20	3,004.80	3,009.60
2016-01-01	ALBAN	HIDRAULICA	AGUA	EPDG	DESPACHADO CENTRALMENTE	845	429,000.00	3,984.00	3,952.00	3,964.00	3,970.00
2016-01-01	AMOYA LA ESPERANZA	HIDRAULICA	AGUA	ISGG	DESPACHADO CENTRALMENTE	0	80,000.00	19,380.00	19,389.00	19,367.00	19,329.00
2016-01-01	ASNAZU	HIDRAULICA	AGUA	GDCG	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	0	450.00	209.44	149.66	103.73	73.87
2016-01-01	AYURA	HIDRAULICA	AGUA	EPDG	NO DESPACHADO CENTRALMENTE	0	18,000.00	5,676.40	5,674.87	5,674.87	5,674.87
2016-01-01	BARRANQUILLA 3	TERMICA	COMBUSTOLEO	GDCG	DESPACHADO CENTRALMENTE	472	56,000.00	32,793.83	32,650.52	32,758.00	32,769.95
2016-01-01	BARRANQUILLA 4	TERMICA	COMBUSTOLEO	GDCG	DESPACHADO CENTRALMENTE	472	56,000.00	32,841.60	32,328.08	33,164.04	33,140.16

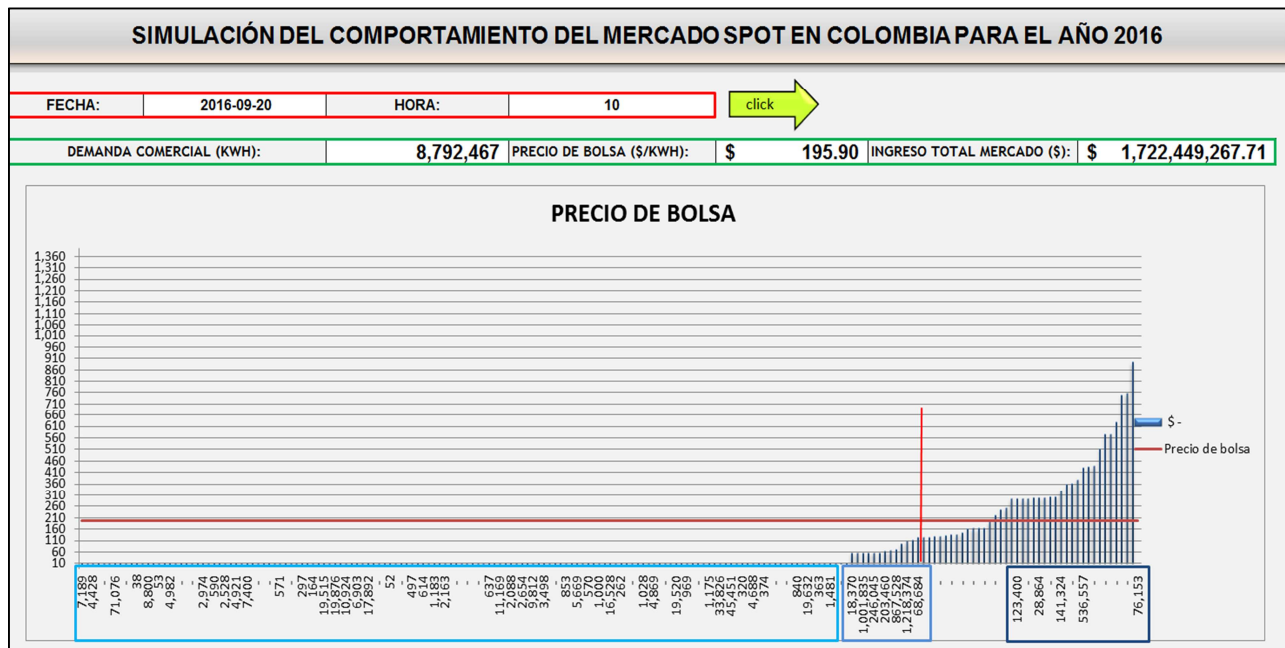
Fuente: Datos XM (2016)

5. Análisis de Resultados

A partir de todas las matrices expuestas y los datos obtenidos del portal *Business Intelligence* de XM, se construye el programa – simulador (Macro en Visual Basic - Excel) donde se puede analizar hora a hora el comportamiento del mercado y la Generación de todas las plantas, y en particular las NDC, donde se enfoca el análisis de comportamiento estratégico.

En el gráfico 3, se puede ver la interfaz desarrollada en Excel, donde el usuario selecciona de un menú desplegable la fecha y la hora (ver recuadros rojos), sobre las cuales desea simular el comportamiento del mercado. La interface, al darle “click”, automáticamente calcula cual fue la Demanda Comercial, el Precio de Bolsa liquidado para ese día y hora, así como el Ingreso de todos los agentes (ver recuadro verde).

Gráfico 3. Simulación determinación Precio de Bolsa



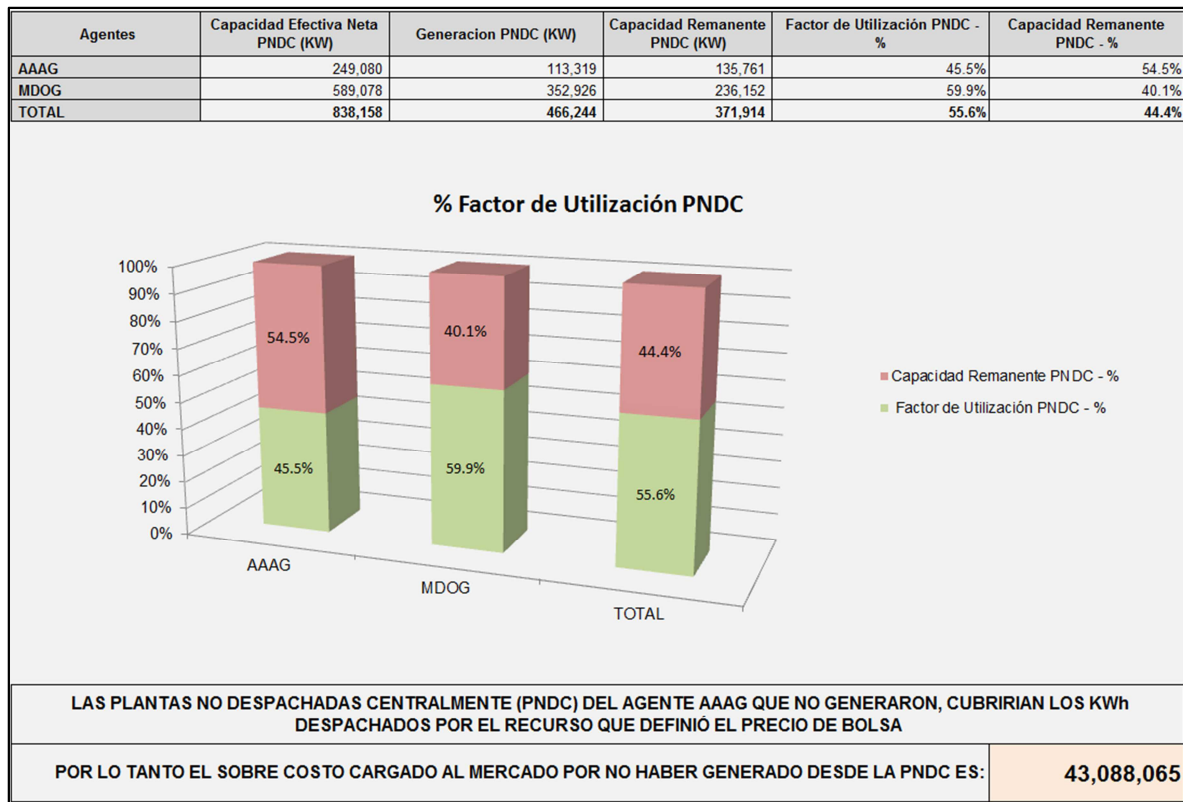
Fuente: Elaboración propia – Simulador

También de manera automática la interfaz modela las ofertas por mérito en orden ascendente, acotando tanto el precio de bolsa como la demanda comercial. En el “eje x” tenemos los kW generados por los agentes divididos en tres bloques (ver recuadros azules). El primer bloque son los kW generados por las PNDC, razón por la cual su precio está en la base cero del “eje y”, que corresponde a los precios de oferta. El segundo bloque, encierra los kW generados por las PDC

que ofertaron y que por mérito fueron seleccionadas para el despacho. El tercer bloque son las unidades inflexibles que generaron para esta hora a pesar de que su precio de oferta fue superior al costo marginal del sistema. Se tiene entonces una recreación de las variables que terminan decretando para una hora en particular la definición del precio.

Lo que se pretende es llegar al detalle de cómo se comporta el agente de análisis (AAAG) con sus centrales menores, por lo tanto se automatiza también dentro de la misma interfaz, el nivel de Generación de los recursos PNDC y se comparan con respecto al comportamiento del mercado.

Gráfico 4. Capacidad Remanente Plantas No Despachadas Centralmente (PNDC)



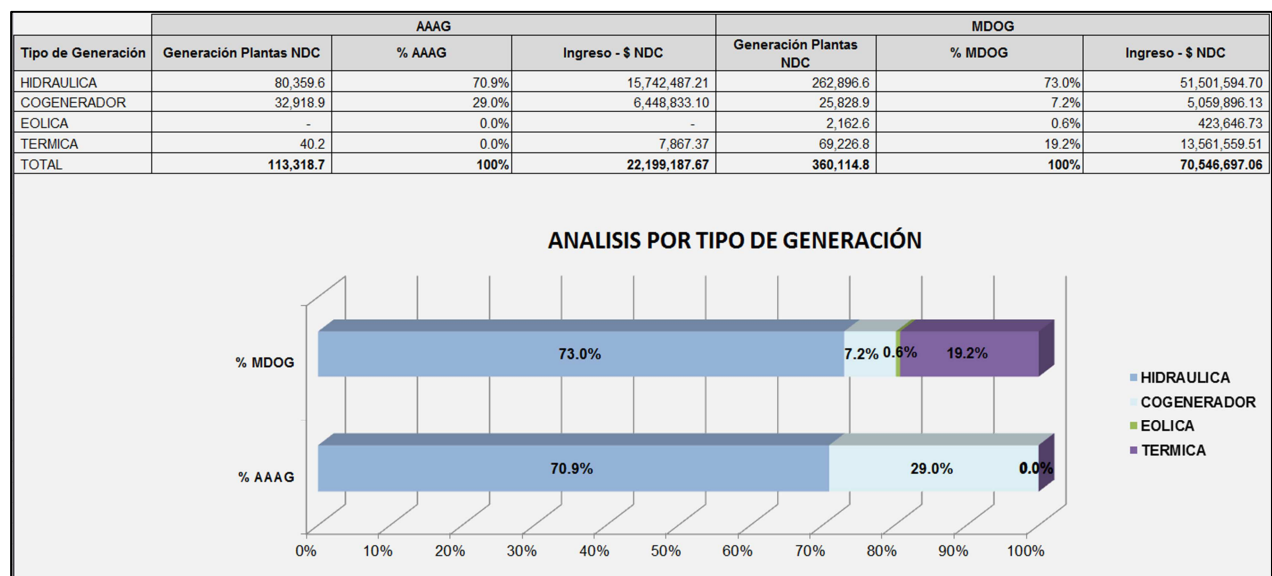
Fuente: Elaboración propia – Simulador

En el gráfico 4, se puede visualizar el cuadro resumen que entrega el simulador, identificándose la Capacidad Efectiva Neta (kW) para ese día y hora, monitoreando así el potencial de generación disponible. Luego se desglosan los kW Generados por las PNDC de ambos bloques y finalmente al cruzar los datos se tiene el Factor de Utilización (barras inferiores verdes) o visto de otra manera, la Capacidad Remanente (barras superiores rojas), es decir, lo que dejan de generar las plantas menores para el mercado spot.

La Capacidad Remanente, representa la cantidad de kW que por decisión propia los agentes deciden no generar para el mercado Spot desde algunos recursos no despachados centralmente. Por lo tanto, estos kW remanentes sin generar, son los que podrían para determinada hora, cubrir la oferta del último recurso del agente que definió el precio de bolsa. Si así fuese, dicho recurso no sería despachado, la demanda podría cubrirse gracias al aporte de las PNDC y lo más importante el precio marginal del sistema estaría en un escalón inferior. Sin embargo, como en la realidad hay una gran Capacidad Remanente, se habla entonces de un sobre costo que se revierte al mercado por no tener un Factor de Utilización alto de las PNDC. Visto de otra manera, se conjugan los factores para un posible comportamiento estratégico que permita aumentar el precio de bolsa y liquidar a todos los agentes despachados a un precio mayor, aumentando así sus ingresos.

Dentro del alcance de la caracterización de los resultados se incluye el nivel de Generación por fuente del recurso para establecer cuáles son las tecnologías menos utilizadas, con las que eventualmente toman las decisiones estratégicas. En el gráfico 5, vemos que fundamentalmente el portafolio para AAAG se soporta en fuentes Hidráulicas y de Cogeneración mientras el de MDOG en general se apoya en recursos Hidráulicos, Térmicos y con algo de participación Eólica y Cogeneración.

Gráfico 5. Tipo de Generación Real vs. Capacidades Remanentes

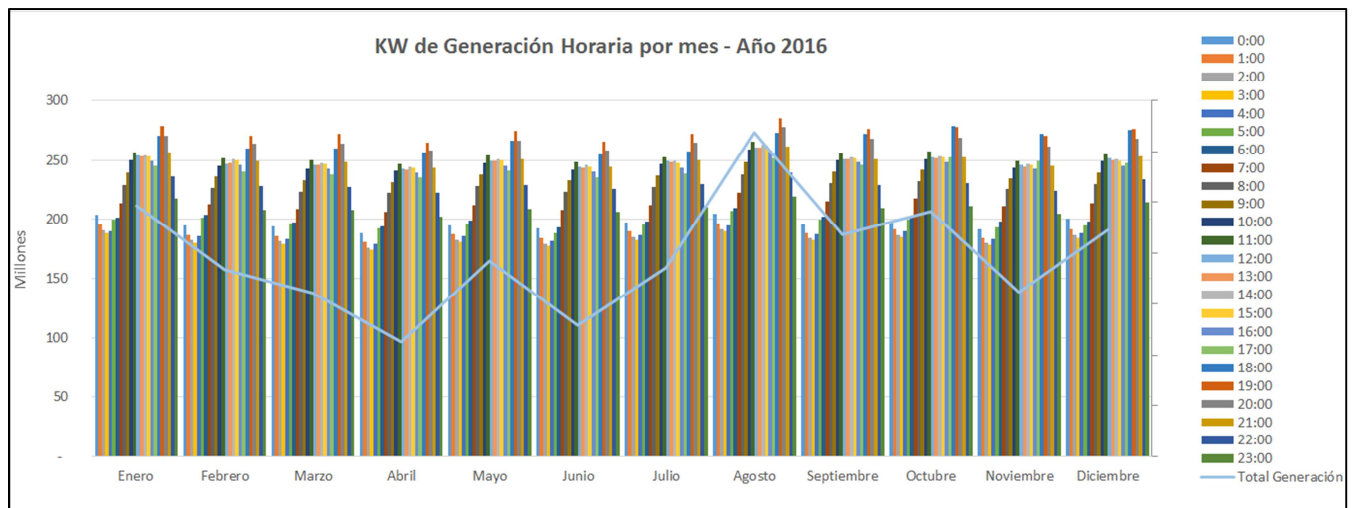


Fuente: Elaboración propia – Simulador

Antes de explicar los resultados del juego para una hora en particular, es importante tener un panorama general de los volúmenes de Generación, los Precios de Bolsa mensuales y su correlación con las condiciones climáticas a lo largo del año de análisis.

El nivel de Generación Real para cubrir la Demanda del mercado en el año 2016, puede verse en el gráfico 6. Allí se tiene el comportamiento horario por mes, en cuya curva de tendencia a escala que totaliza el consumo, se identifica que aunque todos los meses estuvieron muy parejos en su demanda, sobresale por mayor consumo de kWh, Enero, Agosto y Octubre.

Gráfico 6. Generación Horaria por Mes - 2016



Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

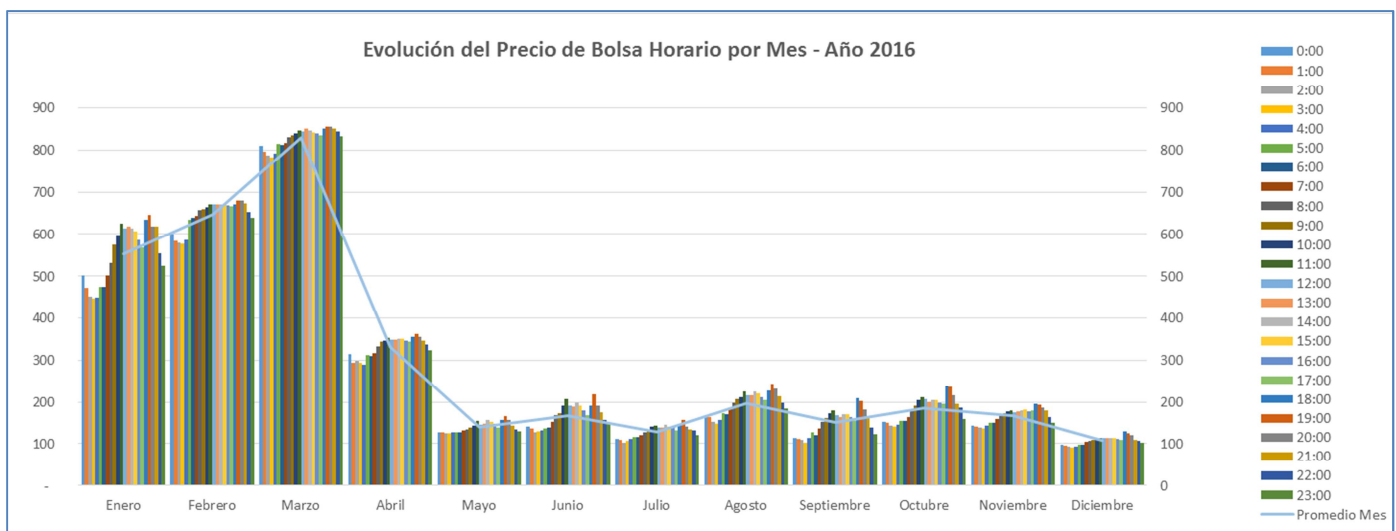
Con respecto a las horas de análisis, se tiene que para todos los meses del año a excepción de Octubre y Noviembre, las 19:00h es la franja que acumula la máxima demanda de kWh, pesando un 5.0% de las 24 horas del día. Por tal razón, se tomará esa hora, para explicar en detalle cómo se interpretan los resultados que arroja la simulación. Recordemos que serían $(24\text{h/día} * 365\text{días/año} = 8760 \text{ h/año})$ 8760 simulaciones y resultados que pueden ejecutarse.

Históricamente hay dos rangos horarios que concentran los picos de demanda y que también se presentaron en el año 2016, que van desde las 11:00 hasta las 13:00, y desde las 18:00 hasta las 21:00. Estos rangos se explican principalmente por los ciclos diarios de consumo energéticos de la industria y los hogares colombianos.

Por otro lado los valles de consumo se concentran en las horas de la madrugada, siendo las 3:00 am la hora que durante todos los meses del año presenta el menor promedio de consumo.

Con respecto a la evolución del Precio de Bolsa, podemos ver en el gráfico 7, que para el 2016 los meses de tarifas más altas en promedio por hora fueron Enero, Febrero y Marzo debido al impacto que se traía de finales de 2015 con el fenómeno de El Niño. Como era de esperarse, la franja horaria de mayor demanda, las 19:00 horas, fue también la más costosa, siendo marzo el mes con el precio promedio de bolsa más alto, 855.09 \$/kWh.

Gráfico 7. Evolución del Precio de Bolsa - 2016



Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

Este fenómeno de El Niño, ocasionó un impacto muy fuerte en la definición del precio de bolsa, casi multiplicando por 5 su valor promedio, desde finales del 2015 hasta los primeros 4 meses del 2016. Muchos agentes generadores y comercializadores vieron en riesgo su permanencia en el mercado y se generó una alta posibilidad de desabastecimiento energético, lo cual hubiese traído consecuencias nefastas para la economía en general. A partir de mayo, la hidrología mejoró y los precios de bolsa volvieron a niveles más estables, alrededor de \$200/kWh. Sin embargo, como se ha mencionado, la gran dependencia en nuestra matriz energética de la generación hidráulica, sigue siendo una de las grandes debilidades del sistema y veremos más adelante como apoyados desde la regulación que incentiva el desarrollo de fuentes de generación renovables no

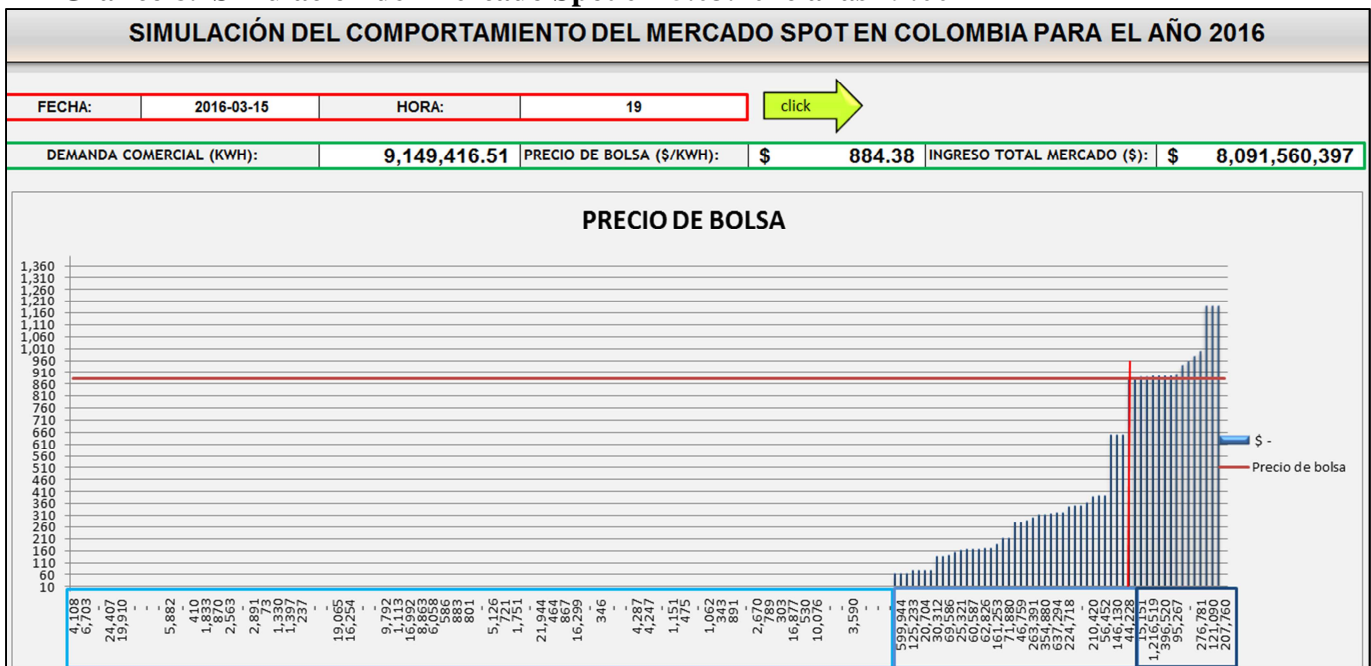
convencionales, algunas empresas, le están apuntando a una estrategia de largo en la reconversión a Generación Solar, Eólica y Geotérmica.

Precisamente, luego de revisar de manera global el comportamiento de las variables fundamentales del análisis (Precios y Cantidades) y sus tendencias en 2016; se ha seleccionado el día 15.03.2016 a las 19:00 horas como punto de muestra para correr el simulador y mostrar los resultados en detalle, en el punto más álgido del fenómeno de El Niño.

Como se expuso anteriormente, el simulador entrega toda la información de manera automática, solo debe digitarse el día y la hora que se quiera analizar. Veamos entonces los resultados para este nodo en particular del 2016.

En el gráfico 8, se puede ver que el nivel de Demanda Comercial estuvo en **9,149,147.51 kWh** para esa hora, es decir ese fue el nivel de generación de electricidad de los agentes del mercado seleccionados en el Despacho Central + las plantas menores para atender el nivel de consumo. Dichos agentes de acuerdo a los precios de oferta de sus PDC, fueron seleccionados por mérito, y una vez, cubierta la demanda incluyendo la generación de PNDC, determinaron un Precio de Bolsa de **884.38 \$/kWh**.

Gráfico 8. Simulación del Mercado Spot el 15.03.2016 a las 19:00H

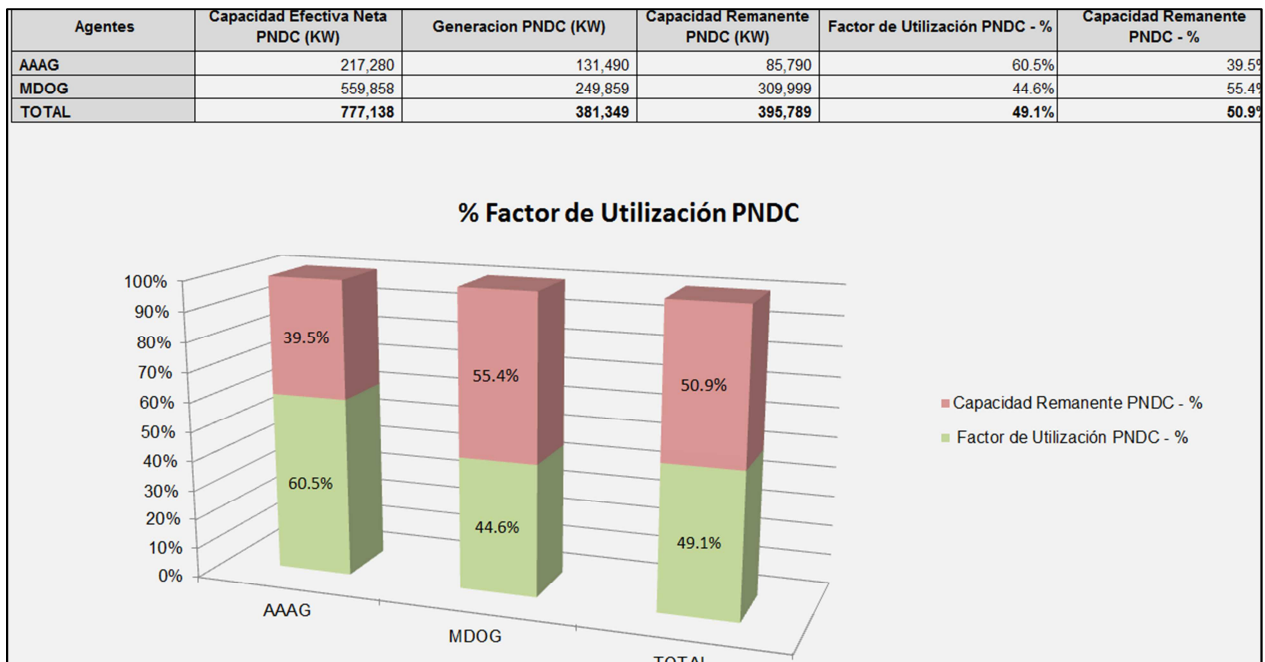


Fuente: Elaboración propia – Simulador

Para este nivel de demanda y el precio de bolsa asignado, la liquidación del Ingreso Total para los agentes del mercado que participaron el día 15.03.2016 a las 19:00h fué de **\$8,091,560,397**.

Si revisamos el detalle el comportamiento de las plantas menores para AAAG y MDOG, tenemos en el gráfico 9, que el Factor de Utilización con respecto a la Capacidad Efectiva Neta de nuestro agente de análisis es de 60.5% mientras que el del resto de los agentes del mercado es de 44.6%; y sumando ambas generaciones de NDC llegamos a un factor del 49.1%.

Gráfico 9. Capacidad Remanente Plantas NDC – 15.03.2016 /19:00H



Fuente: Elaboración propia – Simulador

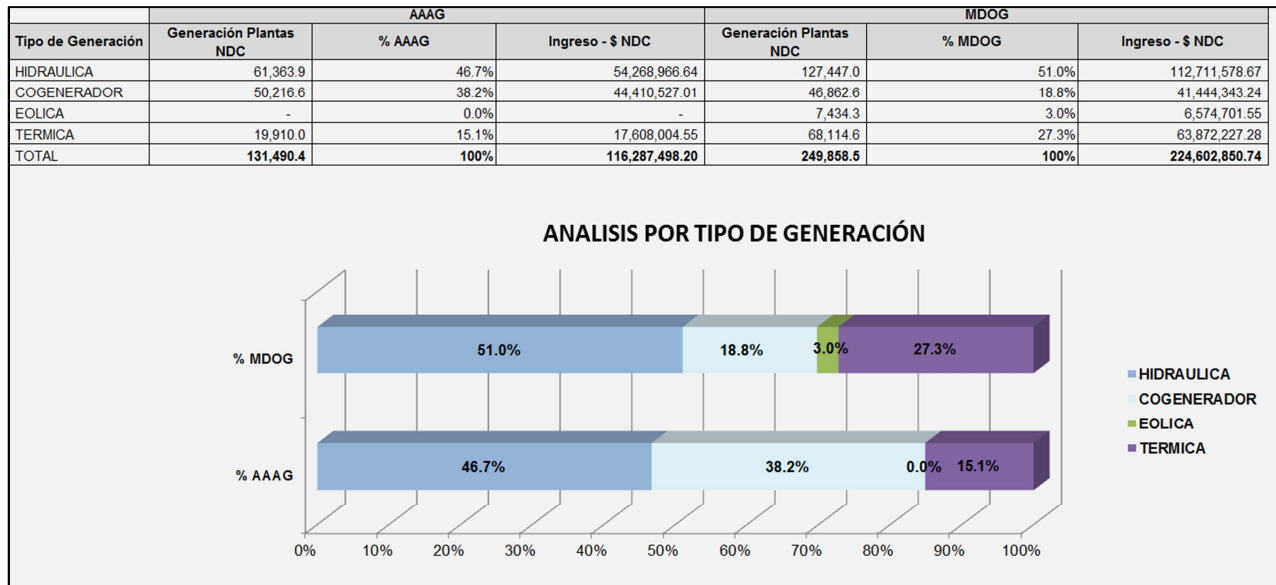
Como se explicó en la metodología, el planteamiento de análisis establece que la Generación Remanente de las PNDC (entendida como aquella que no se inyecta al mercado Spot por ser utilizada en otros mercados o no ser generada) obedece a una decisión propia del agente y perfectamente avalada por la legislación actual.

Se puede apreciar en el gráfico 9, que para este punto de estudio particular, AAAG no generó 85,790 kW, obligando al Sistema Nacional de Despacho a incluir un agente adicional que cubriera la demanda del sistema, pero aumentando el precio de bolsa. Esto hizo que el mercado en general tuviera un sobre costo de \$2,121,328,239 para esa hora.

Los 249,859 kWh generados desde plantas menores y entregados al Mercado Spot por el grupo de agentes MDOG, nos hablan de un factor de utilización del 44.6% dejando por fuera de este 309,999 kW.

Por otra parte, como vemos en el gráfico 10, la distribución por tecnología de generación de las PNDC de MDOG, fue Hidráulica con 127,447kWh-(50.2%), Cogeneración con 46,882k kWh - (18.8%), Eólica con 7,434 kWh -(3.0%), y Térmica con 68,144 kWh -(27.3%).

Gráfico 10. Tipos de Generación Real e Ingreso – PNDC



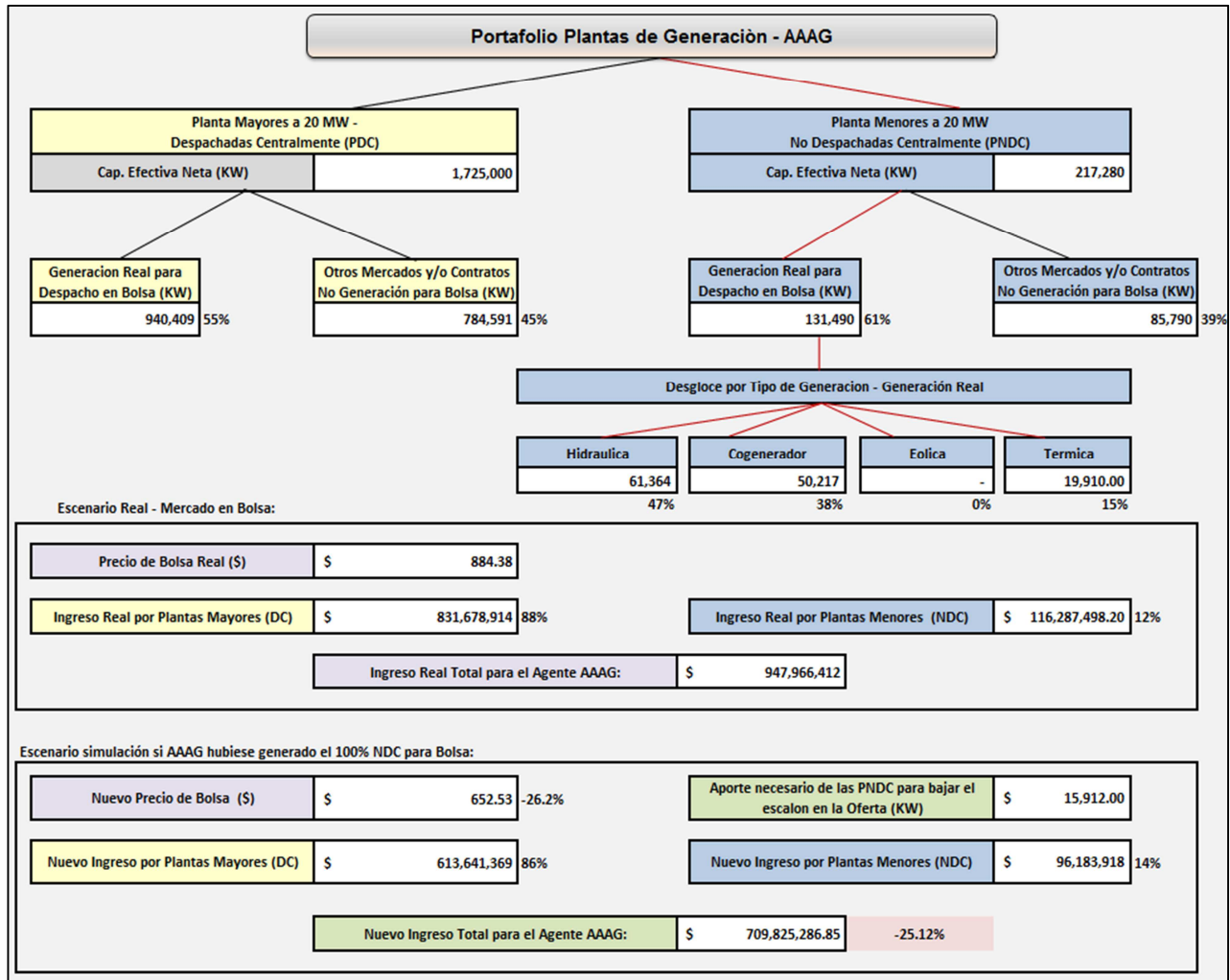
Fuente: Elaboración propia – Simulador

De los 131,490 kWh generados por AAAG, tenemos que su distribución por tecnología de generación en plantas menores (ver gráfico 11) se repartió casi 50% en hidráulica y el otro 50% en energías de fuentes térmicas y cogeneración. Muy coherente con el fenómeno de sequía que se tenía con el fenómeno de El Niño.

Como estamos enmarcados en la teoría de juegos donde el agente racional escoge como distribuye sus recursos de manera más eficiente según los diferentes mercados que atiende, a partir del árbol de decisiones se recreó el posible comportamiento estratégico, donde el Agente AAAG tuvo una motivación a retener cierto nivel de Generación de sus PNDC, para impulsar el Precio de Bolsa hacia arriba y evidentemente aumentar los Ingresos de sus plantas centrales despachadas tanto Mayores como Menores.

En la Ilustración 5, vemos el árbol de decisiones detallado del agente objeto de estudio y como se comportó de acuerdo a su portafolio.

Ilustración 5. Árbol de decisiones para 15.03.2016 /19:00H – Agente de Análisis



Fuente: Elaboración propia – Simulador

El agente AAAG, tuvo para el 15.03.2016 – 19:00, una Capacidad Efectiva Neta de 1,725,000 kW en PDC y de 217,280 kW en PNDC. La Generación real para el mercado Spot estuvo en 940,409 kW para PDC y 131,490 kW para PNDC.

Con este escenario real, el agente AAAG tuvo un Ingreso total de \$947,966,412, un 88% proveniente de PDC (\$831,678,914) y el restante 12% por PNDC (\$116,287,498).

El precio de Bolsa de 884.38 \$/kWh fue definido por un recurso centralmente despachado, que aportó tan solo 15,912 kW al sistema, para terminar de cubrir la demanda. Dicha cantidad era posible cubrirla con la capacidad remanente de las PNDC del agente AAAG, existiendo entonces la posibilidad de bajar el precio de bolsa al escalón inferior, ubicado en 652.53 \$/ kWh.

Si liquidáramos nuevamente el mercado, aumentando en los 15,912 kWh el nivel de generación de PNDC de AAAG, el nuevo escenario de Ingresos totales para este agente sería de \$717,157,068, reduciéndosele de esta manera en un -24.35% el monto total recibido en comparación con el escenario real.

Esto básicamente se debe a que en el escenario real, el mayor precio de bolsa en este contexto se debe al menor factor de utilización de las PNDC. Esto impacta el Ingreso del agente, principalmente en sus plantas mayores a 20MW, pasando de un ingreso total de \$831,678,914 a \$613,641,369.

Podría decirse entonces que este jugador, tuvo las herramientas necesarias para comportarse estratégicamente, estimando el nivel de generación adecuado que aumentaba sus ingresos y disminuyendo el factor de utilización de sus recursos sin percibir menos ingresos por ello.

De esta manera y bajo el espectro de análisis expuesto a lo largo de la tesis, tanto el Agente AAAG como los demás agentes del mercado se benefician de un mayor ingreso a través de sus plantas despachadas sean mayores o menores a 20 MW. El alcance del análisis no incluye los costos asociados a la operación como tal de las plantas o al costo de oportunidad de dejarlas de operar.

La hipótesis nos planteaba un posible incentivo a partir del volumen de energía entregado por los agentes generadores, y se puede ver claramente en esta hora en particular, la gran sensibilidad y el alto poder de impacto que estas pequeñas plantas menores a 20 MW tienen sobre la definición del precio de bolsa que se aplica a todo el sistema. Si bien no se puede afirmar que toda la energía remanente que se deja de entregar al sistema, obedece a un incentivo premeditado, ya que pueden haber factores técnicos en la decisión de no generar, lo importante es resaltar que dicho comportamiento es válido, conocido y que tiene el potencial de cambiar fuertemente el precio final de la bolsa cada hora.

En el presente trabajo, se entrega un anexo con el simulador, para que el lector interesado pueda reproducir cualquiera de las 8760 horas de definición de precio de bolsa y estudiar, a partir de la lógica explicada, los posibles comportamientos estratégicos de los jugadores del mercado.

De todas maneras, para tener una noción general del comportamiento de los agentes generadores a lo largo del año, es importante conocer sus niveles de Generación Real con respecto a sus Capacidades Efectivas, más aun en un año tan complejo como el 2016, debido a los fenómenos naturales ya comentados.

Tabla 11. Balance de Capacidades de todo el sistema – 2016

Capacidades Totales Anuales 2016 (KW)	Plantas Menores	Plantas Mayores	TOTAL
Capacidad Efectiva Neta	7,153,524,192	137,653,646,400	144,807,170,592
Generación Real	3,890,823,496	62,051,337,546	65,942,161,042
Capacidad Remanente	3,262,700,696	75,602,308,854	78,865,009,550
	46%	55%	54%

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

En la tabla 11, vemos que el total de kWh no Generados para el Mercado Spot desde Centrales menores, representó un 46% de Capacidad Remanente para todos los agentes. Si bien no podemos asegurar que dicho porcentaje se deba completamente a comportamientos estratégicos tendientes a incrementar el precio de bolsa, y por ende a aumentar los ingresos a través de las otras plantas que si fueron despachadas, en todo caso, dicho valor nos dice que casi la mitad del tiempo las plantas no fueron alistadas para despachar en el mercado spot. A partir de este hallazgo, se podría afirmar entonces, que hay una tendencia a retener estratégicamente el despacho de las plantas menores a 20 MWH cuando las condiciones del mercado sean propician para aumentar los ingresos de los agentes generadores.

Con el objetivo de extender los resultados a las otras 8759 horas que tiene el año y ampliar el espectro de análisis, se corre dentro de la macro un algoritmo que nos permita determinar para cuantas horas el agente AAAG, el resto de los agentes agrupados MDOG, y juntos, hubiesen podido cubrir la generación con sus PNDC, y así haber disminuido el precio final de la bolsa. En

la tabla 12, se pueden ver los resultados de esta simulación, en donde para el caso de nuestro agente de análisis (AAAG), su generación con PNDC pudo haber cubierto la oferta del último recurso que definió el precio de bolsa, en 1,428 horas, lo que representaría el 16.30% de las horas totales liquidadas al año. Es decir, este agente desde su capacidad instalada con plantas menores, pudo haber disminuido el ingreso total del mercado o dicho de otra manera, el costo total para los consumidores finales, en cerca de 90 mil millones de pesos en todo el año, cerca del 0.45% del total del Ingreso del Mercado en todo el año.

Tabla 12. Cantidades de horas susceptibles de Comportamiento Estratégico

Plantas NDC - Agente	Cantidad de horas en que hubiesen bajado el precio de bolsa	% de Cobertura sobre el total de las horas del año	Disminución Teórica del Ingreso, si las PNDC hubiesen generado en dichas horas	% Sobre el Ingreso Anual total del Mercado
AAAG	1,428	16.30%	\$ 90,072,358,534	0.45%
MDOG	3,276	37.40%	\$ 206,669,092,587	1.02%
AAAG + MDOG	3,723	42.50%	\$ 234,851,241,576	1.16%
Ingreso Anual Mercado (COP)			\$ 20,203,355,147,166	100.00%

Fuente: Elaboración propia - Datos XM (2016)

Recordemos que el resto del mercado también posee plantas menores, y estas en el año 2016 tuvieron un bajo factor de utilización; lo que derivó en 3,276 horas (37.40%) en donde hubiesen podido haber disminuido el precio de bolsa. Por otro lado, si lo miramos sumando el potencial de horas de AAAG y MDOG, ambos hubiesen podido cubrir la oferta del último agente que define el precio en 3,723 horas del año, es decir un 42.50% de las 8760 horas /año, disminuyendo los costos totales en 234 mil millones.

Dichos “sobrecostos” en términos porcentuales, parecen menores, un máximo de 1.16% sumando todos los agentes. Sin embargo, en cantidades de dinero, sobre los 20 billones que acumulo el mercado en Ingresos por generación desde la bolsa en 2016, representan un cantidad de dinero considerable y mucho más cuando se analiza desde cada agente de manera individual. Es decir, estos últimos si pueden tener incentivos vía cantidades de Generación desde las plantas menores para influenciar el precio de bolsa, y maximizar sus beneficios.

6. Estrategia y Perspectivas

El análisis del comportamiento del mercado Spot para el año 2016, a partir de la simulación de las variables principales de interacción entre los agentes generadores, permite en buena medida identificar algunos posibles incentivos que los jugadores de manera racional se ven inducidos a realizar en pro de la maximización de sus beneficios, dentro de un marco regulatorio vigente.

Sin embargo, dichos comportamientos están enmarcados en el tiempo presente y bajo la validez actual de las resoluciones de la CREG, que dicho sea de paso, están en constante revisión y actualización. Es decir, si bien esta realidad es importante para proyectar la estrategia de mediano y largo plazo de las empresas del sector, existen múltiples variables y mega tendencias que están marcando el futuro y las perspectivas de los Generadores de cara a un futuro cada vez más volátil e impredecible.

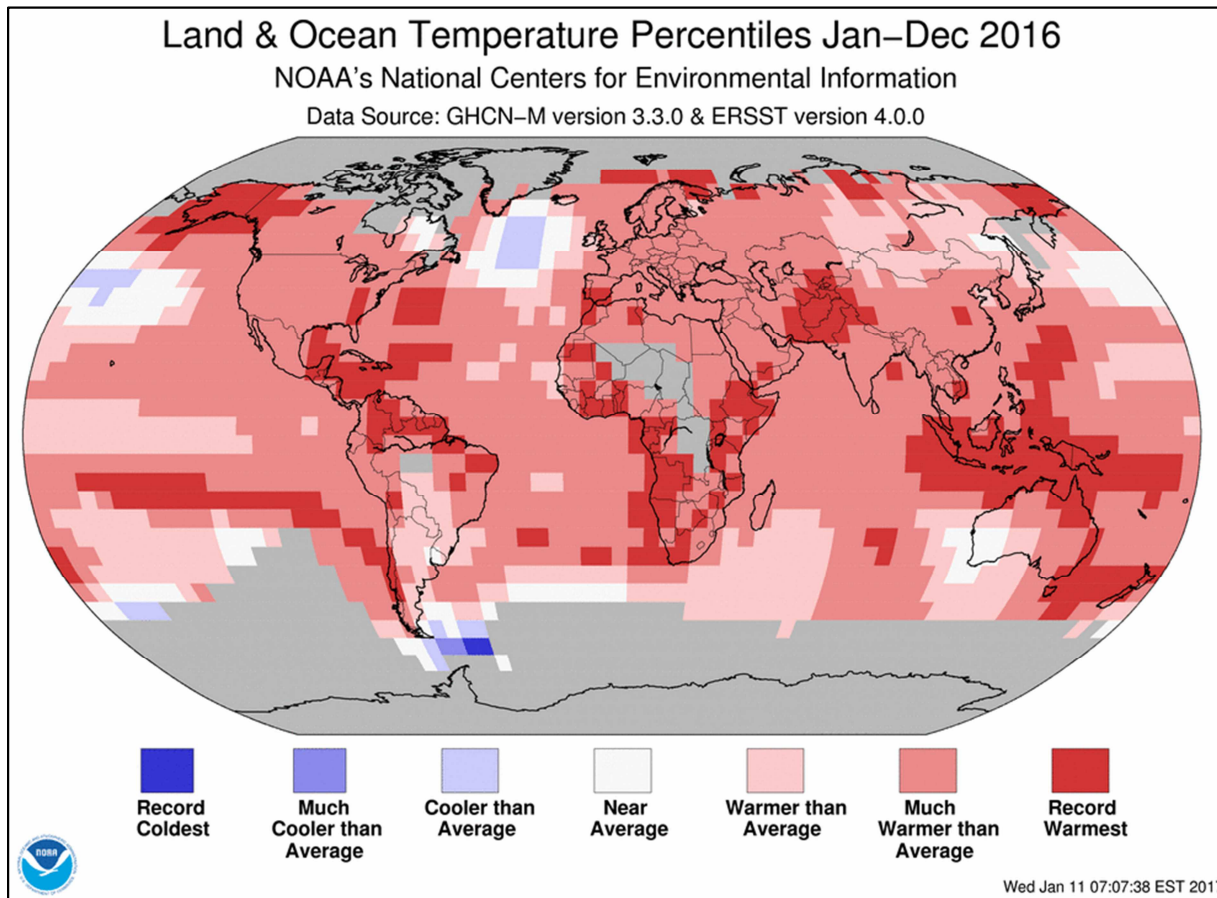
El propósito con el alcance del análisis de Estrategia y Perspectiva, es revisar como un importante agente del mercado nacional, muy enfocado en el crecimiento a partir de proyectos renovables y de plantas menores de generación, está enfrentando los retos y las oportunidades que la nueva realidad del mercado energético colombiano y del mundo en general plantean.

6.1 Mega tendencias

El fenómeno del Cambio Climático es actualmente una realidad innegable que está en la agenda prioritaria de la comunidad internacional y que hace parte fundamental de la nueva lógica económica y de intercambio de bienes y servicios entre los países en todos los hemisferios. Más allá de que se pueda demostrar que el Calentamiento Global es una consecuencia directa de la actividad productiva de las economías y del estilo de vida del hombre moderno, es un hecho que el clima está cambiando, que hay una alta volatilidad en sus ciclos con graves impactos para las economías a todo nivel, y que desde la industria de la Generación Energética, se tiene el rol protagónico de jalonar ese cambio y revertir antes de que sea demasiado tarde, estas realidades ambientales que están poniendo en riesgo el futuro mismo de nuestro planeta.

Como lo registra en sus estadísticas el *National Climatic Data Center del National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) el año 2016 fue el año más caluroso a nivel global desde 1880, año en que comenzaron los registros, y en múltiples lugares, incluyendo Colombia, tuvimos record de calor.

Ilustración 6. Distribución percentil de temperaturas a nivel global- 2016



Fuente: <https://www.ncdc.noaa.gov/> - NOAA

Según sus estadísticas, desde el año 2010, cada año subsiguiente ha obtenido record de altas temperaturas tanto en zonas terrestres con un promedio de $+1.43^{\circ}\text{C}$ más caliente para el 2016, y en los océanos un promedio de $+0.75^{\circ}\text{C}$ de aumento de temperatura para este mismo año.

A partir de esta realidad global, desde hace algunos años, ha ido ganando mucho terreno sobre todo en las economías desarrolladas, la innovación e implementación de generación de energía a partir de fuentes renovables, sostenibles y amigables con el medio ambiente, en todas sus fases de desarrollo: producción, instalación, generación, transmisión, comercialización, hasta llegar al desmantelamiento mismo de las centrales y la disposición adecuada de sus desechos. Si bien, esto ha tomado mucho tiempo en masificarse, el mundo hoy se encuentra en plena revolución y transformación hacia estas soluciones “limpias” de generación, ya que el costo es cada vez más competitivo frente a las fuentes convencionales, se ha creado un nuevo mercado con incentivos

gubernamentales que promueven su incorporación a la industria, y lo más importante, hay una mayor conciencia y consenso sobre la necesidad imperativa de acoger estas nuevas tecnologías en todas las economías del mundo, no ya solamente en las más desarrolladas. Prueba de ello, es el recientemente Acuerdo de París, donde 195 países firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y se comprometieron con planes muy concretos en hacer una migración tecnológica y garantizar que gran porcentaje de sus fuentes de generación sean renovables y amigables con el medio ambiente. Un gran reto que trae enormes oportunidades y apuestas en muchos sectores productivos.

Ilustración 7. Las diez claves del Acuerdo de París para el cambio climático



Fuente: <http://conexioncop22.com/las-10-claves-del-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico>

Todas estas tendencias globales, como variables externas marcan una dirección y un norte que el sector energético nacional, evidentemente no puede desconocer, y menos aun cuando Colombia por su ubicación geográfica es tan vulnerable a los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña.

Es claro que en el año 2016, El Niño generó unos impactos negativos muy complejos a todo nivel y que fácilmente en un futuro podrían poner la región en una situación de racionamiento dejando en jaque el funcionamiento del modelo económico, político y hasta social de nuestro país.

6.2 Retos Nacionales

Adicionalmente a las tendencias mundiales mencionadas, a nivel Nacional hay una realidad que también juega de manera crucial en la determinación de los planes y las estrategias que las empresas de nuestro país proyectan para el futuro en el mediano y largo plazo. Importante mencionar la canasta energética y la gran dependencia que tenemos de los recursos hídricos, ya sea tanto para plantas mayores o menores de generación. Es decir, hay un gran reto de incentivar la inclusión de fuentes alternativas de generación, pero amigables con el medio ambiente, como la Solar, Eólica y Geotérmica. Ya que si bien, en el reciente fenómeno de El Niño en nuestro país, las plantas térmicas suplieron el desabastecimiento por recursos hídricos, quedó demostrado que el cargo por confiabilidad y la formulación del cálculo del precio de escases, requieren ajustes para que su finalidad de respaldo al sistema, pueda cumplirse de manera apropiada. Por otra parte, el tema del aprovisionamiento de Gas Natural, es una variable bien importante a considerar de cara al futuro, ya que el país cuenta con reservas de mediano plazo, pero principalmente para un uso doméstico de este combustible fósil, y no realmente para generación continua y permanente de Electricidad. Quedó demostrado en la crisis energética del 2016, que el Gas Natural no es suficiente para abastecer las plantas térmicas actualmente disponibles para operación, ya que por un lado se afectó el consumo residencial y, por otro lado, finalmente ante la escases, los generadores tuvieron que importar combustibles líquidos que no estaban remunerados al precio de escases, afectando dramáticamente la estructura de costos de algunas empresas llevándolas prácticamente a la quiebra. Además, debe recordarse que los precios de todos estos combustibles fósiles, incluyendo el gas natural, tienen una base de cálculo indexada al comportamiento del dólar americano, lo cual aumenta aún más la volatilidad de sus precios.

En el contexto actual, hay dos proyectos de generación hidráulicos de gran envergadura que están en plena fase de desarrollo. Uno ya muy avanzado que es Hidroituango de EPM, que aportará para el año 2021 cuando sus ocho turbinas entren en operación, cerca de 2400 MW de capacidad instalada, el 25% de la actual del parque energético nacional. Y por otra parte, se tiene en fase de aprobación final, el proyecto hidráulico Porvenir II de CELSIA, en el oriente antioqueño que

aportaría otros 352 MW de capacidad instalada. Sin embargo, lo que pareciera ser grandes inversiones y progreso para las regiones, ha generado fuertes oposiciones por los impactos negativos que este tipo de proyectos implican a nivel ambiental y social. Muchos aseguran que de llevarse a cabo, estos posiblemente serían los últimos dos proyectos grandes de generación hidráulica, a pesar del gran potencial en otras zonas del país. La lógica hoy es otra y la consciencia sobre la priorización de los valores ambientales y sociales sobre los económicos ha ido ganado terreno. Una variable más, que entra a jugar en el complejo ajedrez del mercado energético.

A partir de esta nueva realidad en nuestro país, los temas de Responsabilidad Social Empresarial y Gobierno Corporativo han comenzado a trabajarse fuertemente, y sobre todo en el sector energético. Entre otras razones, porque este sector, tiene un alto grado de concentración en sus agentes generadores, prácticamente se puede hablar de un Mercado Oligopólico donde EPM, EMGESA, ISAGEN y CELSIA atienden el 80% de la demanda. En ese orden de ideas, los riesgos de afectación de la competitividad de las tarifas de cara al consumidor final, son factores con respecto a los cuales estas empresas, algunas de ellas públicas, deben trabajar desde la transparencia en sus procesos y su responsabilidad ante la sociedad y sus partes interesadas.

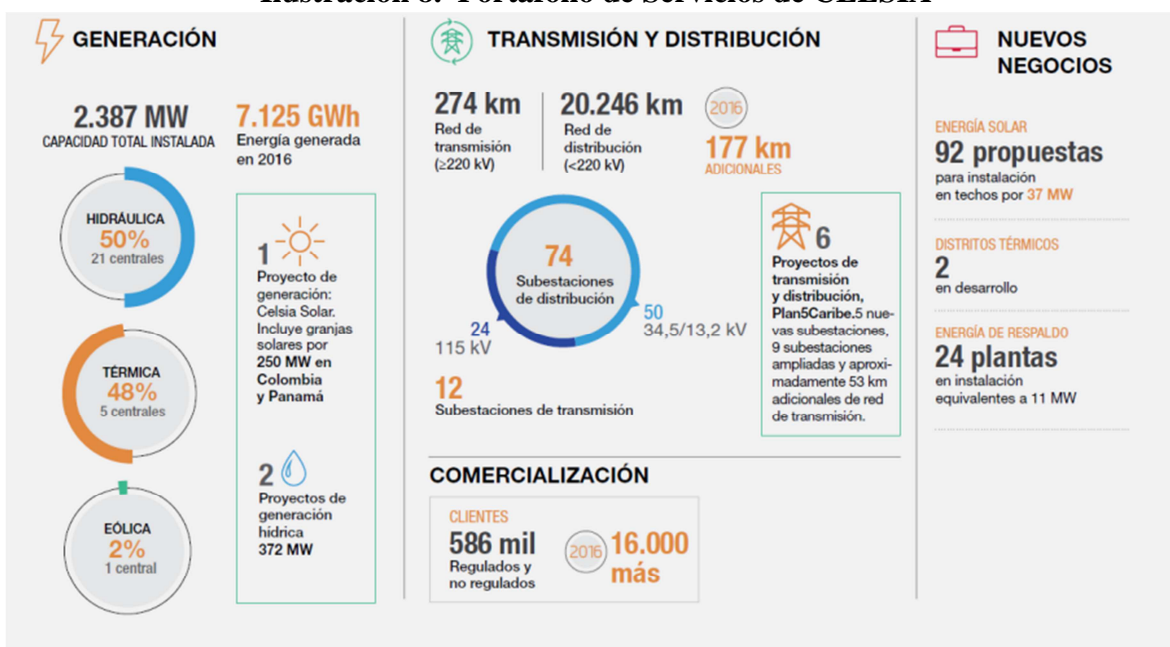
Es claro entonces, que el mercado energético tiene múltiples y grandes retos que deben ser enfrentados muy estratégicamente, con una visión de largo plazo, teniendo claridad sobre el futuro posible y como se puede influir en el, diferenciando los modelos de negocio a partir de los recursos y capacidades que agregan valor para potenciar las competencias centrales. Ya no se trata de una estrategia que solo se enfoca en generar rentabilidad y buenos indicadores financieros, sino que abarque la integralidad de todos sus procesos de manera eficiente y sostenible y que al mismo tiempo transforme su entorno y áreas de influencia positivamente.

Veamos entonces como una empresa líder en temas de renovación tecnología y fuerte jugador del mercado energético está enfrentando y planeado ese futuro incierto pero lleno de oportunidades.

6.3 CELSIA – Estrategia y Perspectivas

CELSIA es una empresa del Grupo Argos, con un innovador portafolio de energía para Ciudades, Empresas y Hogares. Como se comparte en su página web oficial¹⁰, tiene presencia en Colombia, Panamá y Costa Rica y una capacidad de generación eléctrica total de 2.387 MW desde 27 centrales hidroeléctricas, térmicas, fotovoltaicas y eólicas que generan alrededor de 7.750 GWh anuales.

Ilustración 8. Portafolio de Servicios de CELSIA

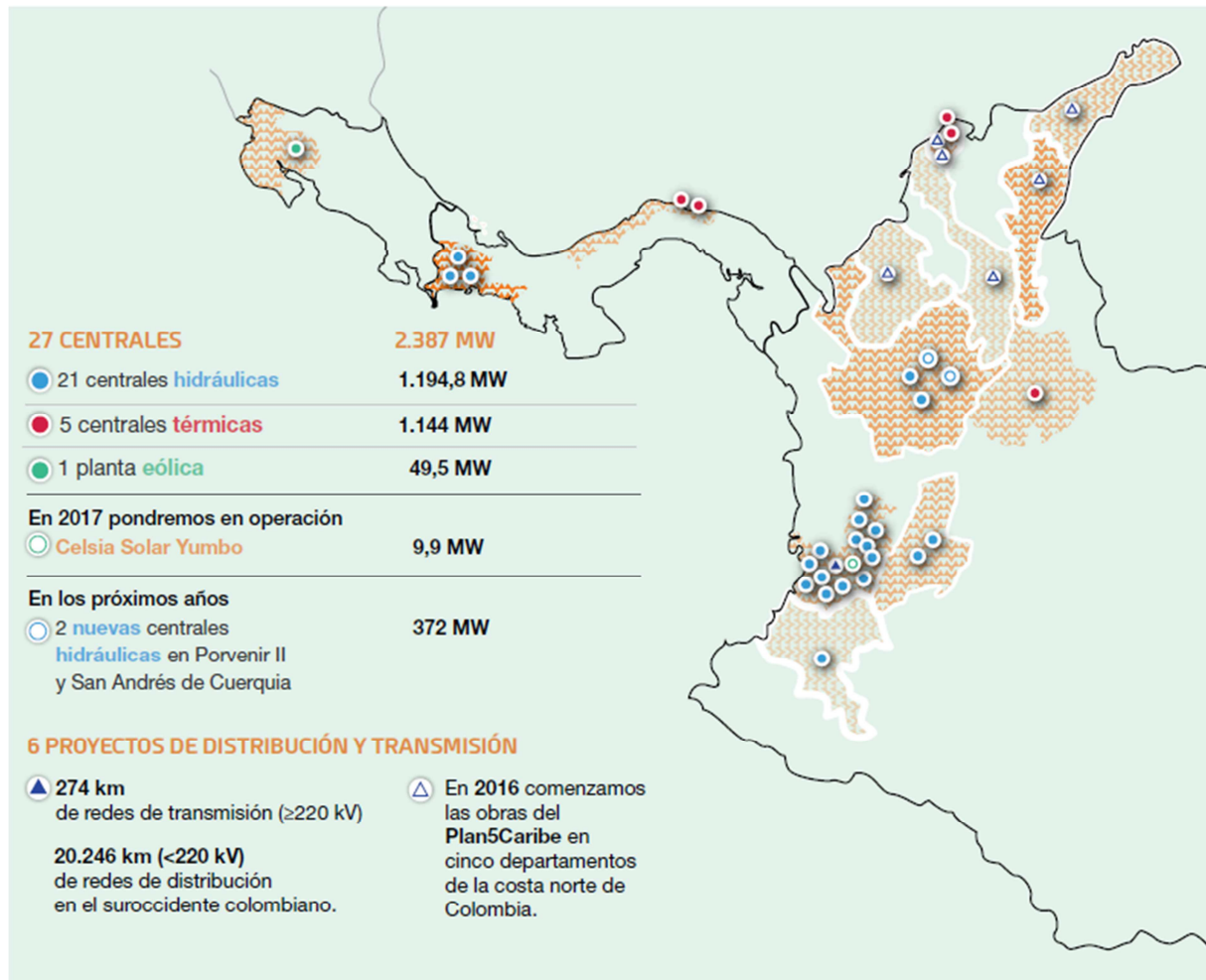


Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA - 2016

A través de Epsa E.S.P., Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P., atiende en Colombia clientes en los departamentos del Valle, Cauca y Tolima con 16 centrales de hidroeléctricas. Asimismo cuenta en el Valle del Cauca con 79 subestaciones, 20.246 km de redes de distribución y 274 km de redes de transmisión que le permiten atender a 586.000 clientes en 39 municipios del Valle y uno en Chocó (San José del Palmar); y en el municipio de Tuluá y San Pedro, Valle del Cauca, más de 57.000 clientes son atendidos por Cetsa E.S.P., Compañía de Electricidad de Tuluá S.A. E.S.P.

¹⁰ <http://www.celsia.com/nuestra-empresa/sobre-nosotros>

Ilustración 9. Presencia Geográfica de CELSIA por recursos en la región



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

6.3.1 Breve reseña histórica

La historia de CELSIA, anteriormente conocido como Colinversiones, comienza en 1919 con el nacimiento de Coltabaco, una empresa de la industria tabacalera. Durante muchos años, bajo el apalancamiento del Grupo Empresarial Antioqueño, Colinversiones, hizo presencia en múltiples y variados sectores económicos del país, pasando por construcciones y operaciones de hoteles, fabricación de papel y hasta la impresión de empaques y papel filtro de cigarrillo. Sin embargo, a finales de los noventa, se dio un proceso estratégico de inversiones y desinversiones orientado en focalizar la compañía en el sector eléctrico, proceso que logró de manera acelerada, convertirla en un jugador relevante y diferenciado en Colombia, con adquisiciones de importantes plantas generadoras del país como EPSA, Termoflores y Merielectrica. Ya para el año 2012 más del 97%

de los activos de la compañía se concentraban en el sector de la energía. Además, la empresa entró a ser uno de los principales jugadores en el mercado energético del país y por disposición de la Asamblea General de Colinversiones se aprobó para ese año el cambio de denominación de la sociedad por CELSIA S.A E.S.P. como lo expresan en la organización, CELSIA significa excelencia y da la posibilidad de transmitir los valores corporativos: transparencia, pasión por servir y espíritu colaborador, confiabilidad, alegría y calidez, dinamismo, versatilidad y orientación al resultado.

Posterior a su vertiginosa consolidación en el mercado local, CELSIA comienza su expansión regional al firmar en el año 2014, un acuerdo con la multinacional francesa GDF SUEZ para la adquisición de su participación accionaria en activos de generación termoeléctrica, hidroeléctrica y eólica en Panamá y Costa Rica por un valor compañía de USD 840 millones.

Los activos que hacían parte de esta transacción aumentan la capacidad de generación de energía en 535 MW, de los cuales 367 MW corresponden a generación termoeléctrica y 118 MW a generación hidroeléctrica en Panamá, y 50 MW de energía renovable no convencional con la Planta Eólica Guanacaste en Costa Rica. Así, la organización alcanzaba una capacidad instalada total de 2.312 MW y una energía media esperada de 8.113 GWh. Tras esta adquisición, CELSIA se convertía, con el 20% de participación, en el segundo generador en Panamá y el quinto en Costa Rica.

La estrategia corporativa del grupo está basada en la búsqueda de una diferenciación por la excelencia operacional, la generación de valor para sus accionistas, una política de desarrollo sostenible y la gestión del buen gobierno corporativo.

Esta visión y orientación le permitió a la empresa para el 2016 generar un total de 7.125 GWh de energía. A pesar de enfrentar el fenómeno de El Niño, su generación hidráulica tuvo un incremento del 10% con respecto a lo generado en el 2015, la diferencia en la generación se presentó en las térmicas y eólica debido a los cambios climáticos reflejados en la finalización del fenómeno de El Niño del año 2015-2016 y el desembalse de las unidades hidráulicas del país, disminuyendo el despacho centralizado para las plantas de Zona Franca Celsia y Merilectrica, y la reducción del régimen de vientos presentes en el Parque Eólico de Guanacaste hizo que la generación total estuviera levemente por debajo con respecto al 2015.

Tabla 13. Energía generada por tipo de recurso

Energía total generada (GWh)	Colombia				Centroamérica		Total Celsia	
	2013	2014	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Hidroeléctrica (embalse)	2.984	3.075	2.265	2.370	0	0,00	2.265	2.370
Hidroeléctrica (filo de agua)	510	545	504	651	400	465,05	904	1.116
Térmica (ciclo simple)	202	267	458	410	638	587,30	1.096	998
Térmica (ciclo combinado)	2.474	2.548	2.918	2.166	15	8,34	2.933	2.174
Térmica (motores combustión interna)	0	0	0	0	297	268,90	297	269
Eólica	0	0	0	0	257	198,27	257	198
Energía total generada	6.170	6.435	6.145	5.597	1.607	1.528	7.752	7.125

Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

Es importante resaltar de la tabla 13, que el mayor crecimiento se ha dado en las centrales Hidroeléctricas Filo de Agua, con un 30% entre el año 2015 y 2016. Esta es una de las grandes apuestas de la compañía, a pesar de que aun pese solo el 15% de su generación.

Por otro lado, es interesante ver el comportamiento de sus compras en los diferentes mercados y su exposición en bolsa en comparación con los niveles de generación. Como se ve en la tabla 14, CELSIA ha mantenido un nivel muy estable de transacciones por compra en el mercado de contratos a los largos de los últimos cuatro años. Sin embargo, en la compra de energía en bolsa, se puede ver como en 2016 casi triplicó sus transacciones debido al fenómeno de El Niño, para honrar sus obligaciones contratadas.

Tabla 14. Compra de Energía

Compras de energía (GWh)	Colombia				Centroamérica	Total Celsia 2016
	2013	2014	2015	2016	2016	
Compras de energía en contratos	488,0	485,0	603,1	490,1	481,7	971,8
Compras de energía en bolsa	707,0	966,0	523,2	1.364,1	0,0	1.364,1

Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

6.3.2 Marco Estratégico

En una entrevista realizada al Vicepresidente Comercial de CELSIA, Luis Felipe Velez, comparte elementos importantes sobre la redefinición de la estrategia de la organización y su carácter determinante de cara al futuro (L. Velez, comunicación personal, 14 de junio de 2017). En 2015 a partir de un trabajo orientado por la Junta Directiva y el Comité Directivo, CELSIA hizo un nuevo planteamiento estratégico enfocado en el cliente. Lo disruptivo fue apalancarse en la gestión de activos, su negocio principal, para encontrar oportunidades ante las necesidades del mercado y sus preocupaciones, que se representan en la identificación de tres nuevos negocios:

Ilustración 10. Nuevos Clientes y Negocios



Fuente: Presentación Corporativa para el Inversionista – CELSIA 2016

El doctor Velez mencionaba: “Queremos expandir nuestra base de clientes en los mercados en los que tenemos presencia actualmente e incursionar en otros nuevos, con la innovación en un lugar preponderante, para ofrecer soluciones a la medida de las necesidades de nuestros consumidores. Es desde ese enfoque que comenzamos a analizar y redefinir el planteamiento Estratégico de nuestra organización, acercarnos a nuestros clientes, diferenciándonos y agregando un valor que sea percibido y apreciado por ellos”.

6.3.3 Modelo de negocio

En el nuevo modelo de negocio de CELSIA, conviven el potente mundo tradicional de la energía, las alternativas renovables y las innovadoras soluciones que desarrollan a la medida de sus clientes, quienes son el centro e inspiración de la nueva estrategia.

Dentro de la integración vertical que tiene la compañía, es decir con su presencia en la generación, la transmisión y distribución en la zona sur-occidental del país (monopolio) y la comercialización, se concentran los negocios tradicionales de la empresa, y donde se está mejorando continuamente la eficiencia en la prestación de los servicios. Adicionalmente, están explorando tres nichos nuevos tales como, la Energía solar no interconectada, los Distritos Térmicos y la Energía de Respaldo. Esto enlazado de manera transversal con los nuevos proyectos tanto de generación como de modernización y expansión del negocio de la distribución.

Ilustración 11. Integración de los diferentes negocios



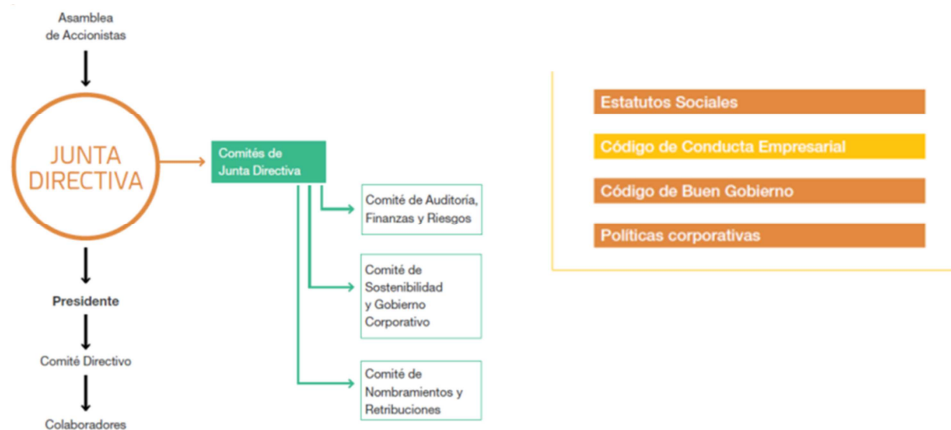
Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

Todo este crecimiento y consolidación de nuevos negocios así como los procesos que movilizan la organización desde su interior, está acotado por unos asuntos materiales y gestión de riesgos, que estandariza el GRI¹¹, y del cual CELSIA y el Grupo Argos como su matriz, hacen parte y está alineado con su visión de sostenibilidad, lucha contra el cambio climático, defensa de los derechos humanos, lucha contra la corrupción y muchos otros. A partir de esta directriz, se estructuran los pilares de buen gobierno que se explican a continuación.

6.3.4 Gobierno Corporativo

El gobierno corporativo le permite a CELSIA contar con un marco de conducta apropiado para mitigar riesgos y generar confianza y credibilidad en el relacionamiento con sus grupos de interés. Para la organización es muy importante contar con altos estándares de gobierno corporativo que le permitan fortalecer y asegurar el balance de la gestión de cada órgano de administración, mejorar la capacidad para la toma de decisiones y velar por la transparencia en la revelación de la información.

Ilustración 13. Estructura de Buen Gobierno



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

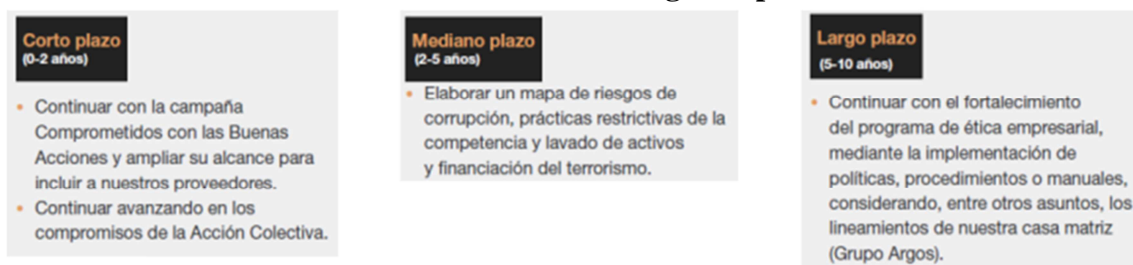
A la cabeza del esquema está la Asamblea de Accionistas como máximo órgano social, seguida por la Junta Directiva, con 7 miembros de los cuales 4 son independientes del Conglomerado Económico, y finalmente cierra el Comité Directivo, con sus once líderes.

¹¹ GRI: Global Report Initiative / www.globalreporting.org

6.3.5 Ética y transparencia

La ética y la transparencia le permiten a la organización contar con un marco de conducta apropiado para mitigar riesgos, generar confianza y credibilidad en el relacionamiento con sus Grupos de interés y fortalecer su reputación en el mercado con una visión de largo plazo, pero con prácticas muy aplicables al presente del negocio y los retos del contexto nacional.

Ilustración 14. Visiones según el plazo



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

Los lineamientos y directrices en gobierno corporativo, ética, transparencia y anticorrupción se encuentran principalmente en los Estatutos Sociales, en los códigos de Buen Gobierno y de Conducta Empresarial y en algunas de las políticas de la compañía.

6.3.6 Sostenibilidad en la organización

Como claramente se comunica en el Informe de Gestión del 2016, CELSIA está comprometida con proyectos y acciones que le permiten avanzar en la consolidación de la estrategia de sostenibilidad definida para el periodo 2015 - 2025. Dicha estrategia prioriza la diversificación de productos y servicios con tecnologías y procesos bajos en carbono, el crecimiento en número de clientes, y la segmentación de los mismos en ciudades, empresas y hogares para ofrecer productos y servicios diferenciados y a la medida. La responsabilidad con el cuidado del planeta, de las personas y de los recursos son convicciones de la organización. En CELSIA están convencidos que es posible ser rentables económicamente y, al tiempo, aportarle al desarrollo social de las regiones donde operan, con profundo respeto por el medio ambiente. Es por esto que teniendo como referencia los diferentes marcos Nacionales e Internacionales y siguiendo la cultura organizacional, transformaron el modelo de sostenibilidad en una política.

En la conversación con el doctor Velez, sobre el tema de sostenibilidad, expresaba como generaban valor en el tiempo para todos los grupos de interés de forma ética y transparente, con

equilibrio entre la rentabilidad económica, el desarrollo y la inclusión social, y el respeto por el medio ambiente. A tal punto que comenzaban a apropiarse tanto de la empresa, que la sentían como suya y la respaldaban en sus áreas de influencia; mencionando puntualmente el caso de Buenaventura, en el Valle del Cauca, donde a pesar de la compleja situación social de pobreza y paros, la cobertura y el recaudo eléctrico estaba por encima del 90%.

En la política de crecimiento sostenible como palanca de su estrategia, CELSIA se ha comprometido frontalmente con:

- Ofrecer un portafolio de negocios con énfasis en la gestión de clientes, disponibilidad de recursos e innovación.
- Desarrollar integralmente a los colaboradores para contar con un equipo sobresaliente y comprometido con la cultura organizacional.
- Gestionar los riesgos sociales, económicos y ambientales que se derivan del modelo de negocio y de sus operaciones.
- Fortalecer el relacionamiento y los canales de comunicación con los grupos de interés, enmarcados en el respeto y la construcción de confianza mutua.
- Mejorar continuamente los procesos teniendo en cuenta la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en los que trabaja principalmente la organización.

La Política de Sostenibilidad es el producto del análisis de las prioridades estratégicas, de la gestión integral de riesgos, del aprovechamiento de oportunidades de negocio, de la innovación y del cumplimiento de compromisos adquiridos con la adhesión a iniciativas como Pacto Global, Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Mandato por el Agua, Emisor IR¹², Acción Colectiva de Ética y Transparencia, entre otros. Es importante mencionar que la organización ha sido incluida en 2016 y 2017 como miembro del Anuario de Sostenibilidad de RobecoSAM, firma que evalúa anualmente las mejores prácticas en materia económica, social y ambiental de las

¹² IR: Investor Relations - Reconocimiento Emisores IR de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), que tiene como objetivo destacar a quienes cumplen los más altos estándares de gobierno corporativo, en especial, los que tienen que ver con el suministro de información suficiente y adecuada para el público inversionista

empresas en el mundo a través del Índice de Sostenibilidad Dow Jones, en el que CELSIA participa de manera voluntaria.

Adicionalmente, la compañía viene reportando desde 2015 la gestión de cambio climático y agua a través del Carbon Discloser Project, iniciativa internacional que ofrece un sistema global de divulgación sobre la gestión ambiental de las empresas. Como lo enfatizaba el Líder Comercial, la sostenibilidad parte del compromiso de la alta dirección, es por esto que de manera periódica el Comité de Sostenibilidad y Gobierno Corporativo de la Junta Directiva se reúne para orientar y monitorear estrategias y buenas prácticas en materia social, económica y ambiental. De esta manera, toda la compañía hace posible la implementación de las acciones en sostenibilidad y está comprometida con la implementación de la política en esta materia.

6.3.7 Stakeholders – Partes Interesadas

Parte fundamental de su estrategia es la construcción de relaciones de transparencia, respeto y mutuo beneficio con los individuos o grupos que podrían ser impactados por sus actividades o que pueden impactar el futuro de la Organización.

Ilustración 15. Stakeholders



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

CELSIA declara que su misión es generar valor compartido con sus grupos de interés a través de la construcción permanente de relaciones de largo plazo y compromiso con su desarrollo. Como se describe en el Reporte de Gestión de 2016, El Comité Directivo, en colaboración con sus equipos, revisa los impactos propios del negocio, la exposición a riesgos y la generación de oportunidades, las acciones de terceros que impactan la organización y las expectativas internas y externas, para determinar los grupos de interés con quienes se relaciona. Con esta información, actualiza anualmente la filosofía de actuación y la generación de valor hacia cada grupo. A continuación la filosofía, temas de interés y medios de relacionamiento a que se compromete la empresa con cada parte interesada:

- **Accionistas e inversionistas**

Filosofía de actuación: Crear valor económico creciendo con rentabilidad, generando confianza, practicando el buen gobierno corporativo, implementando prácticas de sostenibilidad y gestionando adecuadamente los riesgos.

Temas de interés: Liquidez de la acción, dividendo anual, Gobierno corporativo sólido, crecimiento y expansión, temas del sector.

Medios de relacionamiento - Anual: Asamblea de accionistas. Trimestral: Conferencia de resultados. Permanente: Línea de atención al inversionista, sitio web, reuniones presenciales, oficinas de Fiduciaria Bancolombia en varias regiones del país, información relevante publicada en la página web de la Superintendencia Financiera.

- **Colaboradores**

Filosofía de actuación: Promover el desarrollo integral en un ambiente laboral propicio que genere valor para la compañía.

Temas de interés: Desarrollo y calidad de vida, cultura organizacional, sostenibilidad, autocuidado, gestión del desempeño, resultados empresariales, clima laboral, seguridad física, beneficios y calidad de vida, buenas prácticas ambientales, sociales y de gobierno, acuerdos colectivos, condiciones laborales.

- **Proveedores**

Filosofía de actuación: Desarrollar y fortalecer la cadena de suministro con oportunidad y efectividad, incrementando así la satisfacción y el trabajo conjunto de acuerdo con los lineamientos del área de Abastecimiento Estratégico y la Política de Sostenibilidad.

Temas de interés: Facturación y pagos, licitaciones y procesos de compras, registro de proveedores, gestión socioambiental, seguridad y salud en el trabajo, desarrollo de proveedores.

Medios de relacionamiento - Anual: Encuentro con proveedores, diálogos y consultas. Trimestral: Boletines electrónicos. Permanente: Buzón de proveedores, visitas comerciales, reuniones y llamadas, sitio web, línea de transparencia.

- **Entes regulatorios**

Filosofía de actuación: Proteger la rentabilidad de los negocios que actualmente están definidos.

Temas de interés: Negocios que forman parte de la estrategia de la compañía.

Medios de relacionamiento - Permanente: Comunicaciones electrónicas y envío de información del sector, sitio web, correo electrónico, reuniones, informes de cumplimiento.

- **Clientes**

Filosofía de actuación: Ofrecer servicios y productos que satisfagan las necesidades, para garantizar la calidad, oportunidad y sorpresa en cada relación entre los clientes y la Organización.

Temas de interés: Confiabilidad en la prestación del servicio, servicios virtuales, atención personalizada, atención de peticiones, quejas y reclamos, portafolio de productos y servicios, satisfacción del cliente, interrupciones del servicio, calidad del servicio.

Medios de relacionamiento - Anual: Encuesta de satisfacción, diálogos y consultas. Permanente: App de atención al cliente, sitio web, línea de transparencia, boletines informativos, facturas, centros de atención y línea de servicio al cliente 24/7, despacho de contrato de energía.

- **Comunidades**

Filosofía de actuación: Fortalecer relaciones de largo plazo y mutuo beneficio, fundamentadas en el reconocimiento y el respeto de sus particularidades.

Temas de interés: Inversiones sociales, generación de empleo, transferencias del sector, eléctrico, consultas previas, atención a peticiones, quejas y reclamos, gestión ambiental, gestión de emergencias.

Medios de relacionamiento - Anual: Diálogos y consultas. Trimestral: Murales y boletines informativos. Mensual: Notas radiales. Permanente: Reuniones, visitas de campo, correo electrónico, sitio web, línea de transparencia.

- **Entidades gubernamentales**

Filosofía de actuación: Ser interlocutor relevante, confiable y propositivo con las entidades gubernamentales y regulatorias en pro del desarrollo adecuado del negocio.

Temas de interés: Verificación y cumplimiento de la regulación y la normatividad para el sector, cumplimiento de la legislación en torno a las funciones de inspección, vigilancia y control, apoyo a las iniciativas gubernamentales propuestas y lideradas por los gremios, mecanismos de participación en el desarrollo regulatorio.

Medios de relacionamiento - Anual: Estados financieros. Trimestral: Estado de resultados, boletines informativos. Permanente: Comunicaciones electrónicas y envío de información del sector, sitio web, correo electrónico, reuniones.

- **Asociaciones y agremiaciones**

Filosofía de actuación: Aportar conocimientos con el propósito de promover las condiciones apropiadas para el desarrollo exitoso de los negocios y de su entorno.

Temas de interés: Regulación del mercado mayorista, asuntos tributarios y ambientales, apoyo a las iniciativas gubernamentales, gestión permanente de alianzas, acciones para gestionar el cambio climático, seguimiento a los proyectos o trámites legislativos, administrativos y regulatorios.

Medios de relacionamiento - Anual: Reporte Integrado. Permanente: Sitio web, correo electrónico, reuniones del sector eléctrico, participación en comités del sector eléctrico, comunicaciones electrónicas y envío de información del sector.

- **Medios de comunicación**

Filosofía de actuación: Brindar información veraz, clara y oportuna para que los medios de comunicación informen de manera adecuada a la opinión pública sobre los hechos relevantes de la organización, y así fortalecer la confianza mutua y ser una fuente relevante del sector.

Temas de interés: Innovación, resultados económicos, temas del sector, nuevos negocios, expansión de la organización, resultados organizacionales, energías renovables, gestión e inversiones sociales y ambientales, servicio al cliente, relación con comunidades.

Medios de relacionamiento - Anual: Estados financieros, reporte integrado, diálogos y consultas.

Trimestral: Estado de resultados, boletines informativos. Permanente: Entrevistas, sitio web, redes sociales, atención telefónica, correo electrónico.

- **Comunidad científica y academia**

Filosofía de actuación: Facilitar el intercambio de conocimiento que permita crear valor y desarrollar innovación en doble vía.

Temas de interés: Sistemas energéticos, innovación, automatización, eficiencia energética, transporte eléctrico, nuevos negocios, gestión ambiental.

Medios de relacionamiento - Anual: Reporte Integrado, diálogos y consultas. Permanente: Correo electrónico, reuniones, acuerdo marco, eventos del sector.

De acuerdo con lo anterior, y para asegurar una gestión adecuada con cada grupo de interés, diferentes equipos en la compañía cuentan con responsabilidades de relacionamiento. Así, la Vicepresidencia de Asuntos Corporativos y la Vicepresidencia de Regulación lideran el relacionamiento con asociaciones y agremiaciones, entes regulatorios y entidades gubernamentales. Asimismo, la Vicepresidencia de Asuntos Corporativos lidera el relacionamiento con medios de comunicación. En la Vicepresidencia Financiera cuentan con un equipo exclusivo para la atención a los accionistas e inversionistas. De igual forma, desde esa vicepresidencia tienen el liderazgo de los proveedores a través del equipo de Abastecimiento Estratégico. Por otro lado, la Vicepresidencia de Gestión Humana y Administrativa articula e implementa las estrategias corporativas con los colaboradores internos y comparte el relacionamiento con los centros de investigación y academia conjuntamente con el área de Innovación. Adicionalmente, desde la Vicepresidencia Comercial se gestionan y definen todas las

estrategias de relacionamiento y comunicación con los clientes, los cuales están segmentados en ciudades, empresas y hogares. Finalmente, desde el equipo Socio-ambiental, que forma parte de la Vicepresidencia de Generación, se lideran todos los asuntos relacionados con las comunidades aledañas a las zonas de influencia de la compañía.

6.3.8 Materialidad

Como se mencionó anteriormente, CELSIA integra en su materialidad los lineamientos de la guía del Global Reporting Initiative (GRI) en su versión G4.0, incluyendo el Suplemento Sectorial de Energía del GRI. Recientemente el grupo hizo la validación y priorización de los temas materiales con sus grupos de interés, el Comité Directivo y la Junta Directiva, teniendo como resultado 7 prioridades, que podemos ver en la ilustración 16, y sobre las que han decidido trabajar más fuertemente.

Ilustración 16. Temas materiales del GRI priorizados por CELSIA



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

6.3.9 Regulación

Este pilar es bien importante en el presente trabajo, ya que precisamente el comportamiento estratégico que analizamos en la parte inicial, tiene su sustento en los incentivos que desde la Regulación, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), brinda a las centrales menores a 20 MW, sobre la no obligatoriedad de su despacho centralizado para el mercado Spot. Las empresas del sector eléctrico en el ámbito mundial enfrentan desafíos en su operación y desarrollo, especialmente en el cambio tecnológico y en el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que supone un crecimiento de la generación basada en fuentes de energía renovable (FERNC) a partir de regulaciones especiales y subsidios que ayuden a introducir de manera competitiva estas tecnologías.

Desde CELSIA, entienden que los nuevos avances en redes inteligentes, equipos de control de sistemas de potencia, las tecnologías de información y las comunicaciones, entre otros, están impulsando cambios en los mercados de electricidad y abriendo un nuevo horizonte para los agentes que participan en el mercado, particularmente las empresas de distribución, que serán las responsables de la transición del esquema convencional a las nuevas plataformas transaccionales que requerirá el mercado en la medida en que crezca la generación distribuida, especialmente en forma de autogeneración. En el contexto colombiano, el sector eléctrico se encuentra en un proceso de reflexión sobre los cambios que se deben introducir en el mercado de energía para hacerlo más competitivo, dinámico y, en esencia, más eficiente.

Para la consolidación de un mercado de energía competitivo, en el que se premie la eficiencia y la innovación, la participación propositiva de las empresas en el trabajo que deben realizar las autoridades sectoriales es decisiva para construir un marco regulatorio consistente que le permita a las empresas y a los clientes aprovechar nuevos modelos de negocios. Por esta razón, como claramente lo comunican en CELSIA, tienen un firme propósito de continuar presentando propuestas que promuevan las condiciones adecuadas para el desarrollo del sector eléctrico, lo cual representa un gran reto para la compañía en cuanto a la gestión del negocio tradicional y para los nuevos desafíos de crecimiento que se han planteado.

En el caso colombiano, las decisiones apropiadas que adopte la CREG en 2017 en cuanto a metodología de remuneración de la actividad de distribución, la fórmula tarifaria para el mercado regulado y el mercado de energía mayorista serán definitivas para incentivar el desarrollo del sector y despejar el camino para el cumplimiento las metas de cada compañía del sector.

Asimismo, la ley 1715 del 13 de mayo de 2014, definió un marco regulatorio para la generación con fuentes de energía renovable no convencionales (FERNC) y aun se discuten aspectos como penalizaciones a la generación con combustibles fósiles como incentivo para la reducción de emisiones de CO₂, a pesar de no ser aprobado en la reforma tributaria de 2016.

En el 2016, CELSIA y las demás compañías del sector generador, tuvieron constantes conversaciones con la CREG para que una vez superado el fenómeno de El Niño, se regulara de manera temporal aspectos del mercado mayorista, como limitar el precio de bolsa y dar una opción a los generadores térmicos para reconocer los costos de generación con líquidos, a lo cual la comisión accedió revisando el precio de escasez, buscando un ajuste, de forma que remunerara adecuadamente los costos variables de la operación con las plantas térmicas, las cuales desde diciembre.2016 están respaldadas en el esquema de cargo por confiabilidad con gas natural importado a través de la terminal de importación de gas licuado de Cartagena. Asimismo, se espera que proporcione señales de suficiencia para todas las plantas que garantizan la atención de la demanda de energía firme.

De la misma manera, 2016 fue un año especialmente exigente para el sector eléctrico y para ello CELSIA presentó ante los gremios y las autoridades sectoriales un análisis sobre las metodologías tarifarias y las reglas del mercado aplicables a los negocios de la organización. En el negocio de Transmisión y Distribución hay en importantes discusiones sobre las propuestas regulatorias que plantean el cambio en el esquema de remuneración del servicio, discusiones que si bien se prolongan hasta 2017, permiten transmitir al Gobierno las expectativas de las empresas en cuanto a la sostenibilidad futura de este negocio. En este sentido, se avanza en la presentación de propuestas al regulador que facilite la migración de los sistemas que soportan la provisión de nuevos servicios y actividades de tradicionales a inteligentes, en particular la autogeneración, la respuesta de la demanda y las soluciones sostenibles para centros urbanos. Adicionalmente, en el negocio de Comercialización, CELSIA está desarrollando un análisis sobre los mercados de confiabilidad y de contratos de largo plazo de energía con el objetivo de participar con propuestas en las discusiones que se espera que conduzcan a una senda de ajustes en el Mercado de Energía Mayorista durante el 2017. Por otra parte, en Colombia se dio la discusión de incluir en la reforma tributaria un impuesto al carbono. Para esto CELSIA presentó ante las autoridades competentes un análisis, que mostraba que dicha medida incrementaría los costos variables de la

generación, lo que afectaría el principio de la libre empresa y libre competencia, y se traduciría en mayores tarifas para los clientes finales. En la reforma tributaria, finalmente, se eximió al gas natural y al carbón del impuesto al CO2 porque se entendió que dicho impuesto implicaría un mayor costo tanto para los usuarios como para el Gobierno por el incremento de los subsidios de energía; este costo superaría el monto que se recaudaría por el impuesto.

Como se puede ver CELSIA tiene un área muy activa en temas regulatorios, porque evidentemente esto enmarca y define el cómo y dentro de qué reglas se deben llevar a cabo los planes de negocio de la organización. Por ello, manejan perspectivas a diferentes horizontes de tiempo en temas regulatorios:

Corto y mediano plazo:

- Obtener por parte de los reguladores un conjunto de ajustes normativos que le proporcionen viabilidad a la generación térmica con gas natural importado y con gas natural nacional. Entre ellos, son prioritarios el ajuste en el precio de escasez y la ampliación de la oferta competitiva de gas natural en la costa Atlántica.
- Continuar trabajando para que la revisión estructural del mercado de energía, que se inició durante el segundo semestre de 2016, proporcione las condiciones para la integración de las energías renovables a través de un esquema de contratación a largo plazo, el cual apalanque su desarrollo y defina un esquema regulatorio que permita la adaptación de las redes de distribución a sistemas inteligentes para la incorporación de la generación distribuida y una demanda realmente activa.
- Participar en el proceso de discusión regulatoria de las metodologías de remuneración de distribución y transmisión, presentando análisis y propuestas para que provean incentivos a la inversión, así como para la mejora sostenible de la calidad del servicio.

Largo plazo:

- Promover una regulación acorde con la transformación tecnológica del sector eléctrico bajo la realidad de la generación fotovoltaica distribuida, las redes inteligentes, la movilidad eléctrica y el almacenamiento de energía.
- Trabajar con los gremios para presentar propuestas que promuevan la ampliación de la oferta de energía competitiva con la integración de fuentes de energía renovable no convencionales, tanto a nivel distribuido como a gran escala.

6.3.10 Gestión de riesgos

Para CELSIA, la administración de riesgos es determinante para el cumplimiento de su estrategia. El objetivo de la gestión integral de riesgos es evaluar los impactos favorables y desfavorables que pueden afectar el logro de los objetivos estratégicos, así como el desempeño de los negocios. Este proceso reduce la incertidumbre en la toma de decisiones para crear y proteger el valor de la organización.

Ilustración 17. Ciclo de Gestión de Riesgos



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

En la compañía han definido unos componentes orientados a soportar la estructura del Sistema de Gestión Integral de Riesgos (SGR), que consisten en la creación de un marco de gobierno, análisis, evaluación y tratamiento, monitoreo y establecimiento de una cultura de gestión. Este esquema se guía bajo los principios de las normas internacionales ISO 31.000 y COSO (Marco de referencia para la implementación, gestión y control de un adecuado Sistema de Control Interno) para la implementación y desarrollo del SGR.

Como parte de la metodología de mitigación de los riesgos, CELSIA cuenta con planes de emergencias y atención de desastres que detallan las actividades que se deben implementar para disminuir sus impactos, así como los responsables de cada actividad; lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012. La prioridad de estos procedimientos es salvaguardar la vida de las personas ubicadas en las instalaciones de la organización y la protección de las comunidades de las zonas de influencia. Para el restablecimiento del servicio de energía eléctrica se cuenta con diferentes planes de contingencia para garantizar la continuidad del servicio.

Ilustración 18. Estructura de Gobierno de la Gestión de Riesgos



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

La organización realiza una identificación de los riesgos basada en un análisis cualitativo y cuantitativo, tanto en lo estratégico como en lo táctico, que luego complementa con la evaluación de los controles establecidos para así priorizar los principales riesgos inherentes al desarrollo del negocio. El análisis de cada riesgo se aborda desde diferentes tipos de impacto, para que las variables estratégicas y los públicos de interés estén cubiertos. Las diferentes perspectivas empleadas son: económica, valor de la acción, reputaciones, medio ambiente, social y regulatoria.

Ilustración 19. Metodología de Gestión de Riesgos



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

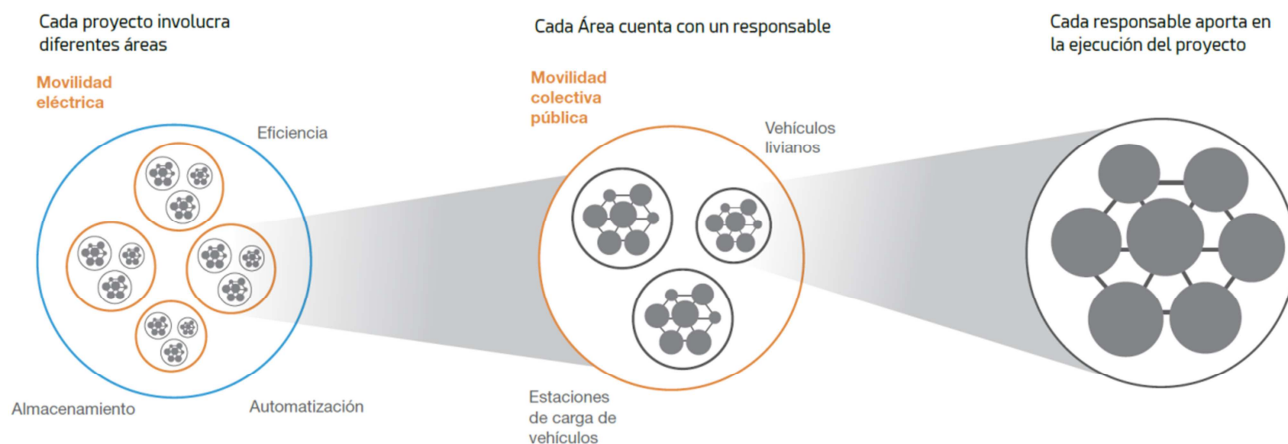
6.3.11 Innovación

En CELSIA aseguran que la gestión en innovación es indispensable para reducir riesgos, mantenerse competitivos y ampliar el impacto como compañía. Han asumido la innovación como un componente esencial de su quehacer y saben que más allá de los resultados para el negocio, también tiene el potencial de impactar a sus grupos de interés con el desarrollo de nuevos productos y servicios, y con la puesta en marcha de procesos que los hagan más ágiles y confiables. La innovación más sobresaliente de CELSIA es el cambio cultural que acompaña su nueva estrategia apoyada en los siguientes pilares:

- Dar lo mejor para crecer conjuntamente con sus grupos de interés.
- Atreverse a ser diferentes.
- Ser ágiles y confiables.
- Disfrutar haciendo la vida más fácil.

Progresivamente se ha dado el giro necesario para implementar esa cultura y lograr que sea una filosofía de actuación dentro de la organización. Si bien 2015 fue el año en que se redefinió la estrategia corporativa, en 2016 se comenzaron a dar los cambios necesarios para materializarla. Dicha materialización implicó retos que se asumieron con optimismo en toda la compañía y hacen que hoy los resultados comiencen a ser notorios.

Ilustración 20. Modelo celular para el desarrollo de la Innovación



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

La filosofía de trabajo por células ha multiplicado exponencialmente los resultados productivos generales y ha logrado que la actividad de CELSIA, que inicialmente se limitaba a la gestión de activos de generación, transmisión y distribución de electricidad, se amplié progresivamente a nuevas líneas de negocios en tres segmentos: Hogares, Empresas y Ciudades, diversificando estratégicamente sus ingresos. Dentro de la cultura de innovación que tiene la organización, hay un equipo de trabajo que se encarga de asumir proyectos que, por su impacto en la industria en la que participa, requieren de atención detallada.

Esto, según se explica en el Reporte de Gestión ha implicado desarrollar dos habilidades particulares:

- La primera, que el trabajo que simultáneamente integra varias áreas de la compañía sea más efectivo y holístico que el que se asume de manera independiente por equipos.
- La segunda habilidad requerida para lograr la innovación efectiva, consiste en la simplificación extrema de los ejercicios por resolver y la concentración de esfuerzos en pocas, pero prometedoras iniciativas. Por esta razón, dicen no a muchas de aquellas ideas que en este momento no cumplen con la expectativa de crecimiento de la compañía y que consumirían más tiempo del necesario. Es decir, son muy selectivos y no le apuntan a todo tipo de innovación dentro del sector.

En los diferentes esquemas de Negocio, CELSIA ha presentado avances significativos en innovación de nuevos productos y servicios. A continuación se hace un breve recorrido por algunas que se están desarrollando por cada segmento del mercado:

- Hogares:
 - ✓ Proyectos piloto en automatización de hogares. Con este fin se desarrollaron estudios antropológicos de la mano de universidades locales para caracterizar los factores que inciden en la adopción de este tipo de tecnologías en diferentes sectores. Se evaluaron modelos de negocio para favorecer la adopción de vehículos eléctricos (bicicletas y motos, por ejemplo) en segmentos de mercado como el de hogares e industrias, con el fin de resolver necesidades de movilidad de cortas distancias.
 - ✓ Construcción de un laboratorio de almacenamiento que busca conocer las ventajas y desventajas de la generación distribuida en hogares, solar o eólica, y su almacenamiento;

así como determinar las propiedades de la red eléctrica. Con este laboratorio de almacenamiento pretenden simular un micro red para evaluar su comportamiento y los mecanismos comerciales necesarios para remunerar las inversiones que implica.

- ✓ Generación fotovoltaica a partir de subsidios: Instalaron cinco sistemas de generación fotovoltaica en cinco viviendas ubicadas en el corregimiento Villagorgona del municipio de Candelaria, Valle del Cauca, Colombia. El análisis de la información recolectada en este piloto busca construir una propuesta encaminada a viabilizar la masificación de la energía fotovoltaica en familias de bajos ingresos.

- Empresas:
 - ✓ Llevaron a cabo la gestión comercial para ofrecer a la industria el modelo de negocio PPA¹³ (Acuerdo de Compra de Energía, por sus siglas en ingles) de energía fotovoltaica en techos y suelos para consumo propio de las empresas; el resultado han sido 92 proyectos aceptados por los clientes, los cuales aportan en los indicadores de eficiencia e impacto ambiental.

Ilustración 22: Proyecto de techos solares en el centro comercial La Reserva, en Antioquia.



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

¹³ PPA: Power Purchase Agreement

Tabla 15. Proyectos PPA con Energía Fotovoltaica en Colombia

Localización	Capacidad instalada (MW)	Cantidad*
Suroccidente	28,60	65
Costa Atlántica	2,79	8
Antioquia	4,7	12
Centro	0,9	7
Colombia	37,1	92

Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

- ✓ Lanzaron el producto de Energía de Respaldo, dirigido a las empresas que tienen procesos productivos sensibles a los cortes y fluctuaciones de la energía en la red convencional. La ubicación de cada proyecto se lista en la tabla 16.

Tabla 16. Distribución del proyecto Energía de Respaldo

Localización	# proyectos	Alcance
Suroccidente	14	En fase de firma e instalación.
Costa Atlántica	3	
Antioquia	7	
Colombia	24	9,7 MW

Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

- ✓ Eficiencia: el trabajo de Innovación a través de la metodología “celular” le ha permitido a CELSIA formular modelos de negocio atractivos para los clientes y rentables para los accionistas en iniciativas asociadas a la eficiencia energética. Entre otros, se listan ejemplos como plantas de respaldo y distritos térmicos, que ya se encuentran en su etapa comercial.
- ✓ Aplicaciones industriales: actualmente están evaluando la posibilidad de ofrecer un producto acorde con las necesidades de las industrias para mejorar los índices de confiabilidad y calidad del suministro de electricidad, tanto en Colombia como en Panamá y Costa Rica.

- ✓ Turbina micro-eólica: están evaluando la posibilidad de generar energía a partir del viento en aplicaciones de pequeña escala. Para esto CELSIA instaló una micro-turbina de generación eólica de 1 kW de capacidad que aportará energía al circuito interno de la planta de Cementos Argos en Cartagena, Colombia. El ejercicio permitirá capturar información valiosa acerca de la viabilidad de estas tecnologías en el contexto regional y en un mercado hidro-dominado.
- ✓ Generación con biomasa: desarrollaron estudios de ingeniería conceptual e ingeniería básica para proyectos de cogeneración de energía eléctrica y térmica, utilizando los residuos del bagazo de caña de un trapiche panelero como materia prima. Se encuentra en estudio el modelo de negocio asociado.
- Ciudades:
 - ✓ Estaciones de carga: están diseñando un modelo de negocio que permite la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en lugares públicos y en flotas comerciales dedicadas.
 - ✓ Transporte masivo de mediana capacidad: ya construyeron la segunda versión del bus eléctrico con ingeniería colombiana (MIO eléctrico en Cali), que pretende mejorar el desempeño técnico y económico de la primera versión, construida en 2014. El paso siguiente son las pruebas de ruta que se ejecutarán en tramos del sistema de transporte masivo de Cali, donde se espera comparar el desempeño del bus con las alternativas comerciales del mercado.

Ilustración 21. Futura estación de recarga para vehículos eléctricos



Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

- ✓ Almacenamiento de energía: están trabajando conjuntamente con el Centro Avanzado de Energía (AEC) de Mars Discovery District¹⁴, para identificar oportunidades de negocio asociadas al uso de sistemas de almacenamiento de energía en los diferentes países en los que la empresa tiene presencia. Esta alianza ha permitido conocer a profundidad esta tecnología, así como estructurar los primeros modelos de negocio que la harán viable en el corto plazo en los mercados de interés, como lo son las industrias, los hogares y el almacenamiento a gran escala.
- ✓ En redes: están evaluando la posibilidad de instalar almacenamiento a gran escala en subestaciones de Cali y en la red eléctrica de la región Caribe. Según lo reportan, su equipo actualmente está en capacidad de dimensionar, diseñar y proponer soluciones a los problemas eléctricos de la red.
- ✓ Punta Soldado: 114 familias cuentan ahora con energía eléctrica por más de ocho horas diarias continuas gracias al proyecto piloto desarrollado y entregado por CELSIA, en donación a la comunidad isleña de Punta Soldado en Buenaventura, Colombia. El sistema opera a partir de energía eléctrica generada localmente por un sistema híbrido formado por 288 paneles solares, 96 baterías para el almacenamiento de energía y una planta diésel existente que se usa como respaldo. Esta obra tiene impacto social y ambiental, pues permite llevar la energía a comunidades alejadas con fuentes renovables, lo cual minimiza las emisiones hacia la atmósfera, el ruido y el riesgo de derrame de combustibles fósiles en ambientes marinos.
- ✓ Aprovechamiento de residuos: han llevado a cabo investigaciones asociadas al aprovechamiento energético a partir de residuos sólidos urbanos. Los casos de estudio locales se evalúan a la luz de la regulación vigente para probar su rentabilidad.
- ✓ Equipo limpiador de redes: terminaron la construcción de un prototipo funcional del limpiador de redes de distribución para 34,5 kV y 13,2 kV. Las pruebas funcionales y técnicas realizadas ofrecen resultados interesantes que orientan el esfuerzo a la protección intelectual del prototipo.

¹⁴ Centro de innovación urbano ubicado en Toronto, Canadá

Tabla 17. Inversión por tipo de Proyecto

Proyecto (Millones COP)	2014	2015	2016
Movilidad Eléctrica	51	1.213	587
Automatización	52	68	321
Almacenamiento de Energía	0	0	456
Generación a partir de fuentes intermitentes	877	1.413	485
Redes Inteligentes	4.722	2.189	324
Eficiencia Energética	11	169	359
Proyectos T&D	1.302	502	2.096
Proyectos Socioambiental	0	454	1.187
Total	7.015	6.008	5.815

Fuente: Reporte Integrado de Gestión CELSIA – 2016

6.3.12 Desarrollo de plantas de Generación menores a 20 MW

En CELSIA están completamente enfocados en buscar nuevas alternativas de negocios, con las que puedan satisfacer la demanda de energía de los países donde operan, así como mejorar la calidad de vida de los clientes y la rentabilidad de la compañía. A través del desarrollo de proyectos de generación buscan atender la demanda energética, y así garantizar el suministro de energía a los hogares y respaldar los diferentes procesos productivos que requieren del servicio. De esta manera fortalecen su portafolio de productos y servicios para generar credibilidad y confianza a sus clientes. Adicional a la diversificación del portafolio energético que vimos desde la Innovación, la empresa sigue viendo un gran potencial de las plantas menores de generación, ya ampliamente estudiadas en este trabajo, y por eso le siguen apostando a estos proyectos, ampliándolos a diversas fuentes de energía renovable.

- **Hídrica:**

El agua como alternativa para la generación de energía eléctrica se ha establecido hoy en día en el país como la principal fuente para atender la demanda energética, y así garantizar el suministro y disminuir la incertidumbre ante la escasez del recurso energético. No obstante, las metodologías y acciones implementadas durante la construcción y operación de este tipo de proyectos de

generación han ido cambiando y su concepto ha ido evolucionando: la responsabilidad socio ambiental ha tomado un lugar de suma importancia en la gestión. Es por esto que en CELSIA toman el concepto de hidroelectricidad sostenible como la carta de navegación, con la convicción de que esa es la ruta para que los proyectos sean más pertinentes, estratégicos y se ejecuten de la mano de la comunidad. Hoy la organización cuenta un proyecto hidráulico en etapa previa en San Andrés de Cuerquia, Antioquia, con 19,9 MW de capacidad instalada, que operará como planta no despachada centralmente.

- **Solar**

Los grandes avances que se han presentado en los últimos años en la tecnología solar fotovoltaica en términos de incrementos de eficiencia y en la disminución de costos de instalación la han vuelto cada vez más relevante como una fuente de generación en diferentes mercados. Adicionalmente, los beneficios de la Ley 1715 de 2014 en Colombia, que contempla una serie de incentivos para la generación con fuentes de energía renovable no convencionales, permiten que la generación solar fotovoltaica sea competitiva con respecto a las tecnologías convencionales. En CELSIA ven grandes oportunidades asociadas a la generación solar, por lo que han decidido desarrollar capacidades organizacionales para la construcción y operación de esta tecnología y, adicionalmente, se han enfocado en un plan de expansión ambicioso de este tipo de proyectos y esperan construir 250 MW en el mediano plazo en Colombia y Panamá. Durante 2016 tuvieron avances importantes en la estructuración de un portafolio de proyectos, los cuales se encuentran en diferentes etapas de madurez. De hecho ya hicieron el anuncio de un proyecto solar de 9,9 MW de capacidad instalada, conformado por 35.000 paneles solares en un terreno de 18 hectáreas en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca, que generará aproximadamente 16 GWh al año, lo que equivale al consumo básico mensual de energía de 8.000 viviendas.

- **Eólica**

De igual forma, la organización está convencida de la competitividad de este tipo de generación, lo cual motivó en primer lugar la adquisición de un parque eólico Guanacaste en Costa Rica en 2014. En 2016 han trabajado en diferentes estudios y procesos de permisos y licencias para viabilizar la expansión de dicho parque entre unos 60 y 70 MW. Adicionalmente, continúan estudiando, en conjunto con un grupo desarrollador, un proyecto eólico en La Guajira, zona de alto potencial en Colombia para aprovechar esta fuente.

7. Conclusiones y Recomendaciones

El mercado energético tiene una gran relevancia en el sostenimiento de los modelos económicos de nuestras sociedades modernas. Es casi imposible imaginarse hoy un mundo sin energía eléctrica o térmica para la movilización y transformación de bienes, servicios y personas. Es por ello que la nueva lógica de relacionamiento político e intercambio comercial, necesita garantizar el abastecimiento de energía, y desde sus políticas de desarrollo, las organizaciones gubernamentales internacionales y nacionales, las empresas del sector y las partes interesadas, que en últimas somos todos, están poniendo en el centro de la discusión los modelos actuales de abastecimiento energético y su proceso de renovación.

La lógica, ya no es meramente comercial y de limitación de recursos no renovables, aspectos como la sostenibilidad ambiental y el gran reto de revertir el acelerado cambio climático, están delineando el presente y el futuro de las políticas energéticas de la gran mayoría de países del mundo. El Acuerdo de París para el Cambio Climático, comprometió fuertemente las políticas públicas de grandes potencias del mundo, incluida China y la Unión Europea, así como las de nuestros países en desarrollo. Las nuevas regulaciones e incentivos que ya están en firme y las que se van a derivar de estos acuerdos, en la búsqueda de migrar a tecnologías de generación energética renovables y amigables con el entorno, procesos de generación distribuida y masificación de la autogeneración, son apenas la punta del iceberg en la revolución que se viene para el sector energético.

Sin embargo, muchos retos en materia de legislación e implementación de todas estas nuevas tecnologías le esperan a nuestro país, dado que estamos en un mercado oligopólico y la probabilidad que todos estos incentivos y subsidios de alguna manera se reviertan en contra de la competitividad del mercado y las tarifas a los consumidores finales está presente. Como se expuso, en Colombia ya existen algunas condiciones especiales que incentivan el desarrollo de plantas de generación menores a 20 MW, y desde el análisis de Teoría de Juegos, se pudo identificar para el mercado en 2016, comportamientos estratégicos de los agentes tendientes a maximizar sus beneficios económicos.

La tendencia de crecimiento que dichas plantas menores ha tenido en los últimos años en nuestro país, es una realidad palpable más allá que su participación aún no supere el 6% del total de la Capacidad Instalada de todo el sistema. A pesar de esa minoritaria participación, tuvo el potencial para el 2016 de aumentar solo por posibles incentivos un 1.16% el Ingreso total que perciben los agentes generadores; que para dicho año, estuvo alrededor de los 20 billones de pesos colombianos. Es decir, estamos frente a una tendencia bien interesante que ya moviliza grandes sumas de dinero y juega activamente en la determinación del precio del mercado spot nacional.

En el análisis estratégico y de perspectivas que se desarrolló del modelo de negocio de la empresa CELSIA, se describió ampliamente la apuesta que están haciendo en la diversificación de sus activos de generación, invirtiendo intensivamente en plantas menores filo de agua, solares y eólicas, en parte alineados con los benéficos y subsidios especiales reglamentados por la CREG. Estos beneficios para incentivar la masificación de las energías renovables no convencionales, también están siendo aprovechados por los demás actores del mercado, por lo que la entrada en la oferta de generación de estas fuentes para los próximos años va ir teniendo mayor relevancia. Adicionalmente, los temas de Gobierno Corporativo y Responsabilidad Social Empresarial, están acotando de manera positiva las estrategias empresariales en el sector, buscando que los beneficios vayan más allá de los accionistas, y que todos las partes interesadas tomen parte activa de dichos desarrollo y el progreso sea de toda la sociedad.

Por todo lo anterior, el reto que tenemos como país y particularmente el sector energético al frente es grande, el de aportar y jugar un rol activo en la tendencia global de migrar a energías renovables y amigables con el medio ambiente, facilitar los esquemas de autogeneración y generación distribuida, aumentar la cobertura eléctrica nacional, repensar los modelos tradicionales de movilidad hacia sistemas eléctricos, donde los vehículos eléctricos desempeñaran un papel importante aun en el almacenamiento para satisfacer la demanda el situaciones críticas , en fin un sin número de aplicaciones, que de la mano del gobierno, y la pertinencia e idoneidad de los marcos regulatorios que implemente la CREG, dependerá en gran parte que Colombia de finalmente un salto tecnológico, diversificando la canasta energética, minimizando los riesgos de racionamiento por fenómenos climáticos y entregando energía a precios competitivos, propios de un país que tiene un gran potencial energético.

8. Bibliografía

Arenas, Hoyos (2014). “Mercado spot de energía y modelo alternativo para la fijación de un precio eficiente” Tesis, Maestría en Economía –EAFIT-. 2014

Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ALCOGEN). Consultado el 10 de mayo de 2017. Disponible en: www.acolgen.org.co

Barrera, F. y García A. (2010). “Desempeño del mercado eléctrico colombiano en épocas del niño: lecciones del 2009-10”. Informe para la asociación Colombiana de generadores de Energía eléctrica –ALCOGEN-. Noviembre de 2010, p. 152.

Borenstein, S., J. Bushnell y F. Wolak (2002) “Measuring Market Inefficiencies in California’s Restructured Wholesale Electricity Market”. American Economic Review, Vol. 92, Issue 5, p. 1376-1405

Bushnell, J., C. R. Knittel y F. Wolak, (1999) “Estimating the Opportunities for Market Power Deregulated Wisconsin Electricity Market”. Disponible en: <http://www.econ.ucdavis.edu/faculty/knittel/capitulos/Wisc.pdf>

Cano, C. y Maya E. (2008). “Plantas no Despachadas centralmente en Colombia. Análisis y recomendaciones de cambio al esquema actual”. Monografía, Especialistas en Organización Industrial –EAFIT-. Noviembre de 2008

CELSIA: “Reporte de Gestión 2015”. Disponible en: <http://reporte2015.celsia.com/informe-de-gestion/>

CELSIA: “Reporte de Gestión 2016”. Disponible en: www.celsia.com/Portals/0/contenidos-celsia/...e.../celsia/Reporte-Integrado-2016.pdf

CELSIA: “Presentación para Inversionistas”. Disponible en: <http://celsia.com/es/accionistas-e-inversionistas/perfil-corporativo/presentaciones>

Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG- (2010). “Medidas para la Promoción de la Competencia en el Mercado Mayorista de Electricidad”. Documento CREG-118, octubre

Comisión de Regulación De Energía y Gas (CREG). (1994). Resolución 054. Por la cual se regula la actividad de comercialización de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1994-CRG94054>

Comisión de Regulación De Energía y Gas (CREG). (1995). Resolución 024. Por la cual se reglamentan los aspectos comerciales del mercado mayorista de energía en el sistema interconectado nacional. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/indice01/resoluci%c3%b3n-1995-crg95024>

Comisión de Regulación De Energía y Gas (CREG). (1995). Resolución 025. Por la cual se reglamentan los aspectos comerciales del mercado mayorista de energía en el sistema interconectado nacional. Recuperado de: [http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/e866f2ef5b7823380525785a007a611d/\\$file/cr024-95.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/e866f2ef5b7823380525785a007a611d/$file/cr024-95.pdf)

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (1996). Resolución 084. Por la cual se reglamentan las actividades del Autogenerador conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1996-CRG84-96>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (1996). Resolución 085. Por la cual se reglamentan las actividades del Cogenerador conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1996-CRG85-96>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (1996). Resolución 086. Por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1996-CRG86-96>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2000). Resolución 047. Por la cual se adoptan las normas sobre registro de fronteras comerciales y contratos, suministro y modificación de información y liquidación de transacciones comerciales, en el Mercado de Energía Mayorista. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2000-CREG047-2000>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2001). Resolución 039. Por la cual se modifican parcialmente las Resoluciones CREG-086 de 1996 y CREG-107 de 1998. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2001-CREG039-2001>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2005). Resolución 024. Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2005-CREG024-2005>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2006). Resolución 071. Por la cual se adopta la metodología para la remuneración del Cargo por Confiabilidad en el

Mercado Mayorista de Energía. Recuperado de:
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolucion-2006-Creg071-2006>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2006). Resolución 086. Por la cual se expiden las normas sobre garantías asociadas a la Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2006-CREG086-2006>

Consortio Energético CORPOEMA (2010). “Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)”. Volúmenes 1, 2 y 3 – Bogotá, diciembre 30 de 2010.

Energía y sociedad (2011). “Competencia y poder de mercado”. Consultado el 15 de enero de 2014. Disponible en:
http://www.energiaysociedad.es/documentos/C6_Competenciaypoderdemercado.pdf

Fabra, N. y J. Toro (2005). “Price wars and collusion in the Spanish electricity market”. *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 23, Issues 3-4, p. 155-181.

Fabra, N. (2008). “The Performance of the Spanish Electricity Market Under the Law of the Electricity Sector”. forthcoming in *Energy: from monopoly to market*. Madrid: Thomson-Civitas.

Galvis Gutierrez, D.M. (2011). “Impacto de las plantas menores de generación en la determinación del precio Spot para el Mercado de Energía Mayorista Colombiano” Tesis, Maestría en Economía –EAFIT-. Noviembre de 2011.

Gibbons. R. (1992) Un primer curso de teoría de juegos. Antoni Bosch.

García, J. (2014). “Análisis/Plantas menores y precio ‘spot’ en Colombia”. *Diario Económico Portafolio*. Artículo, enero 29 de 2014.

Green, R.J. (1996). “Increasing Competition in the British Electricity Spot Market”. *Journal of Industrial Economics*, Vol. 44, Issue 2, p. 205-216.

Green, R. J. y D.M. Newbery (1992). “Competition in the British Electricity Spot Market”. *Journal of Political Economy*, Vol. 100, Issue 5, p. 929–53.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Disponible en:
<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/1497>

Ramirez, (2014). “Impacto de las plantas menores de generación en la determinación del precio Spot para el Mercado de Energía Mayorista Colombiano”. Tesis, Departamento de Economía – Universidad EAFIT de Colombia-. 2014

Rojas, R. (2001). “Bolsa de Energía en el SING. Simulación vía Teoría de Juegos”. Tesis, Ciencias de la Ingeniería –Universidad Católica de Chile-. 2001

Rothwell, G. y T. Gómez (ed) (2003). “Electricity Economics Regulation and Deregulation”. Wiley-Interscience, United States of America.

Sweeting, A. (2007) “Market Power in the England and Wales Wholesale Electricity Market”. Economic Journal, Vol. 117, Issue 520, p. 654-685

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2004). “Una visión del mercado eléctrico colombiano”. Bogotá. Excelsior Impresores.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2004). “Ley 1715 del 13 de mayo de 2014””. Consultada en: http://upme.gov.co/Normatividad/.../2014/LEY_1715_2014.pdf

Von der Fehr, N. y D. Harbord (1993). “Spot Market Competition in the UK Electricity Industry”. The Economic Journal, Vol. 103, Issue 418, Issue 418, p. 531-546.

Velez, Alvares (2015). “El precio de la electricidad en Colombia y comparación con referentes internacionales 2012-2015” Informe Fundación ECSIM. Medellín – Colombia

Wolak, F (2010). “Market Performance in the Colombian Electricity Market and the Recent El Niño Event”. Consultado el 30 de junio de 2011. Disponible en: http://www.superservicios.gov.co/MEM/Presentaciones/sspd_presentation_sept2010_final.pdf

XM Compañía de Expertos en Mercados S.A ESP (2016). Consultado para la creación del simulador. Disponible en: <http://www.xm.com.co>