
	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## ANEXO - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS


**Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM.**

**Enero de 2025**


	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## CONTENIDO

<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTEXTO .....	5
1.1.1. <i>El Mercado de energía eléctrica en Colombia</i> .....	5
1.1.2. <i>Fuentes de Energía Renovable No Convencional (FERNC)</i> .....	8
1.1.3. <i>Estrategia competitiva del Negocio.</i> .....	8
1.1.4. <i>Plan de estudios y portafolio de expansión y crecimiento del Negocio</i> .....	9
1.1.5. <i>Proyecto empresarial de Energías Renovables No Convencionales - ERNC</i> .....	10
1.2. OBJETIVO GENERAL .....	10
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>2. ALCANCE .....</b>	<b>12</b>
2.1. DISPONIBILIDAD Y ACCESO A LA INFORMACIÓN. ....	12
2.2. AMBIENTE TECNOLÓGICO PARA LOS MODELOS/HERRAMIENTAS. ....	13
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
3.1. MODELO DE MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO – DESPACHO HIDROTÉRMICO Y FERNC. MODELO 1. ....	15
3.2. MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EXPANSIÓN Y CRECIMIENTO DEL NEGOCIO. MODELO 2 .....	17
3.3. CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTO .....	18
<b>4. ENTREGABLES.....</b>	<b>20</b>
4.1. PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA. ....	20
4.1.1. <i>Plan de Trabajo</i> .....	20
4.1.2. <i>Cronograma</i> .....	21
4.2. MODELO DEL MERCADO ELECTRICO COLOMBIANO - DESPACHO HIDROTÉRMICO Y FERNC. MODELO 1 .....	21
4.3. MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS DE EXPANSIÓN DEL NEGOCIO. MODELO 2. ....	22
4.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE MODELOS/HERRAMIENTAS PARA DIFERENTES ESCENARIOS. ....	22
4.5. CAPACITACIONES Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS .....	23
4.6. RESUMEN DE LOS ENTREGABLES .....	24
4.7. CONSIDERACIONES GENERALES.....	24
<b>5. RECURSOS Y REUNIONES .....</b>	<b>26</b>
5.1. RECURSOS HUMANOS.....	26
5.2. RECURSOS FÍSICOS .....	27
5.3. MISIONES .....	27
<b>6. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR PARTE DE LOS PROPONENTES (RFQ).....</b>	<b>29</b>

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERN) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	---

6.1.	PROPUESTA METODOLÓGICA MODELO DEL MERCADO ELECTRICO COLOMBIANO - DESPACHO HIDROTÉRMICO Y FERN. MODELO 1.....	29
6.2.	PROPUESTA METODOLÓGICA MODELO EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO FINANCIERO DE ALTERNATIVAS DEL PORTAFOLIO DE EXPANSIÓN DEL NEGOCIO. MODELO 2. ....	29
6.3.	PRESENTACIÓN DEL AMBIENTE Y PLATAFORMA(S) TECNOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS MODELO 1 Y MODELO 2- REQUISITOS INFORMÁTICOS (NUMERAL 2.2 DE ESTAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS).....	30
6.4.	HOJAS DE VIDA DEL DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO, EXPERTO EN FERN, EXPERTO EN MODELAMIENTO FINANCIERO O EVALUACIÓN DE ACTIVOS Y EXPERTO EN MERCADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA (OPCIONAL). ....	32
6.5.	EXPERIENCIA DEL PROPONENTE EN ESTUDIOS SIMILARES ACOMPAÑADA DE LOS CERTIFICADOS DE EXPERIENCIA. ....	32
6.6.	DILIGENCIAR LOS CAMPOS DE RESPUESTA (COLUMNA H) Y EXPLICACIÓN (COLUMNA I) EN EL ARCHIVO EXCEL ANEXO: ANEXO TI, ANEXO 00, ANEXO 01 Y ANEXO 02.....	32
<b>7.</b>	<b>IDIOMA .....</b>	<b>33</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


## LISTA DE FIGURAS

*Figura 1 - Estrategia competitiva Negocio Generación y Comercialización Energía Grupo EPM ..... 9*

## LISTA DE TABLAS

*Tabla 1 – Entregables– Numeral 4. .... 24*

*Tabla 2 - Oferta económica por entregable. .... **Erreur ! Signet non défini.***

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

Los productos y resultados de esta Consultoría complementarán las herramientas usadas para la Planeación del negocio generación energía del Grupo EPM (en adelante “Negocio”) en su función planificadora de la expansión y crecimiento, bajo metodologías que permiten evaluar con la mejor aproximación posible y flexibilidad, las alternativas para crecer en capacidad y oferta en un entorno de alta incertidumbre, competencia, innovación tecnológica, cambios de política pública, regulación, normatividad y demás señales de entorno cambiantes .

Adicionalmente permitirán a EPM tener una participación propositiva y sustentada en las discusiones propiciadas por el Ministerio de Minas y Energía, sus entidades adscritas y el Gobierno Nacional, sobre las expectativas de crecimiento energético en el país, lineamientos de política pública y ajustes regulatorios, en el marco de la transición energética nacional.

### 1.1. CONTEXTO


#### 1.1.1. El Mercado de energía eléctrica en Colombia<sup>1</sup>

El sector eléctrico colombiano ha tenido una gran evolución en cuestión de confiabilidad, incremento de la competencia en el mercado, aumento de las inversiones privadas, regulación de los monopolios de transmisión y distribución, entre otras; que han tenido lugar gracias a la inclusión y establecimiento de las leyes 142 y 143 de 1994, basadas específicamente en la eficiencia de la prestación de servicios públicos y en el establecimiento del régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional.

A partir del desarrollo de estas leyes, se crea la bolsa de energía en la que se realizan intercambios de oferta y demanda, a cada hora del día, por parte de los generadores que operan en el Mercado, para que se efectúen las ventas de energía de las unidades de generación o plantas de acuerdo con el costo impuesto por el mercado en el intercambio con los comercializadores. Con esto, se genera el despacho ideal con el principal objetivo de abastecer la demanda energética con los recursos de generación más económicos sin considerar las restricciones de la red de transmisión. Cabe aclarar que el despacho real, es aquel que sí tiene en cuenta las restricciones que se presentan tanto en la red como en las unidades de generación.

---

<sup>1</sup> Tomado de la Tesis “Oportunidades de negocio para las hidroeléctricas en el contexto de alta penetración de renovables no convencionales” Delgado Rendón, David; Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín; 2023.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

Todos los generadores que operan en el SIN deben incluirse en el Mercado Energético Mayorista (MEM) con sus plantas de generación con capacidad instalada mayor igual a 20 MW, las cuales serán despachadas por el Centro Nacional de Despacho (CND). Los modelos de despacho pueden ser multinodales y uninodales.


Un modelo de despacho multinodal considera las restricciones y los fenómenos físicos de la red de transmisión, proporciona una solución más apropiada para el problema real e información relevante desde el punto de vista económico. Además, para este tipo de modelos cada nodo del sistema posee un precio individual; una adecuada cuantificación de las pérdidas de transmisión con sus magnitudes y su consecuencia en las congestiones de la red. Debido a esto, la complejidad del despacho aumenta por lo que se requiere el uso de herramientas computacionales y desarrollos matemáticos para realizar el despacho de las unidades de generación sin congestionar la red y teniendo en cuenta las normas de seguridad.

Un modelo de despacho uninodal, a diferencia del multinodal, se caracteriza por calcular un costo único marginal para todo el sistema y no realizar un modelado explícito de los sistemas de transmisión, es decir, no se representan los flujos de potencia en cada uno de los tramos considerados y no se tienen en cuenta las restricciones ni los fenómenos de la red de transmisión. Esta simplificación presentaba ventajas importantes en el manejo numérico antes de la masificación de los computadores, puesto que al considerar un análisis uninodal el despacho óptimo puede ser resuelto con mayor facilidad. Cabe destacar que los valores no son una representación exacta de la realidad, sin embargo, son resultados aceptables que se aproximan a la solución de despacho real.

Respecto a los ingresos de los generadores en Colombia, éstos provienen principalmente de las fuentes que se describen a continuación. Todo generador registrado ante el Sistema de Intercambios Comerciales (SIC) puede acceder a estos ingresos, siempre que cumpla con las características técnicas y regulatorias requeridas en cada caso.

***Contratos de energía de largo plazo:*** contratos a largo plazo, en los que los “generadores y comercializadores pactan libremente las condiciones, cantidades, y precios para la compra y venta de energía eléctrica a largo plazo”. Adicionalmente, esta categoría incluye los contratos que se derivan de las subastas de largo plazo (también llamadas “Subasta de Energías Renovables”) realizadas por el Ministerio de Minas y Energía (como las de los años 2019 y 2021).

A pesar de su nombre (“... largo plazo”), este tipo de contratos ha tenido en los últimos años una corta duración, con plazos en su mayoría de entre uno y dos años. Sin embargo, en el último año han aumentado los contratos con plazo mayor a 10 años, correspondientes,

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

principalmente, a las “Subastas de Energías Renovables” (que tienen una duración de 15 años).

**Ventas de energía en bolsa:** los generadores también pueden vender en la bolsa. En este caso, los generadores con plantas despachadas centralmente deben realizar una oferta el día antes, con un único precio para las 24 horas, y declarar su disponibilidad hora a hora. El despacho se realiza por orden de mérito, de manera que para cada hora se utilicen los recursos de menor precio, cumpliendo con las condiciones técnicas del sistema (i.e. reserva rodante, inflexibilidades y restricciones).

La forma en la que se determina el precio de bolsa está definida en la resolución CREG 24 de 1995 y en sus resoluciones complementarias. El precio de bolsa es horario y único para todo el sistema interconectado. Para explicar su cálculo de forma simplificada se tiene que, en condiciones normales, el precio de bolsa corresponde al precio de oferta de la unidad o central de mayor precio que salió despachada en el despacho ideal y que no presenta inflexibilidad.


Las transacciones en bolsa son una fracción menor de las ventas totales (entre 14% y 24% en los último tres años). Sin embargo, dado la alta volatilidad del precio de bolsa, incluso estos bajos porcentajes de exposición pueden representar niveles de riesgo significativos para los generadores.

**Cargo por Confiabilidad:** algunos generadores reciben un ingreso denominado Cargo por Confiabilidad, según sus Obligaciones de Energía Firme (OEF). La Energía Firme es la energía eléctrica que es capaz de entregar una planta de generación continuamente en condiciones de baja hidrología en un periodo de un año, y las OEF se asignan en subastas según la proyección de demanda del país. Este mecanismo tiene el propósito de garantizar a los usuarios la confiabilidad del servicio en condiciones críticas.

Las OEF pueden interpretarse como una opción *call* en las que el generador se compromete a entregar una cantidad de energía, si el precio spot sobrepasa el precio de escasez. Este último se calcula mensualmente, con una fórmula predefinida en la regulación.

El peso relativo del cargo por confiabilidad en los ingresos de cada planta de generación varía según sus condiciones particulares. Depende del recurso energético, la disponibilidad de cada planta, y del nivel de asignación de OEF en las subastas.

**Regulación secundaria de frecuencia (AGC):** es un servicio que pueden prestar algunas centrales hidroeléctricas. Consiste en ajustar la generación, dentro de cierta holgura y con

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

cierta velocidad de repuesta, según requiera el sistema, para mantener el equilibrio carga-generación. Este servicio también se conoce con el nombre de AGC (siglas en inglés de regulación automática de generación).

Como parte de la oferta diaria, los generadores habilitados para prestar AGC ofertan este servicio, el cual es asignado según orden de mérito con el mismo precio de oferta la energía (no tiene un mercado independiente), hasta alcanzar la reserva necesaria. Los generadores despachados en AGC reciben una remuneración por la energía generada, al precio de bolsa, y un pago adicional por el AGC, proporcional a la holgura de potencia que tuvieron disponible para el sistema.

### **1.1.2. Fuentes de Energía Renovable No Convencional (FERNC)**

Se consideran Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FERNC o FNCER) en Colombia las siguientes: “la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares” (Ley 1715 de 2014). Así mismo, el hidrógeno que se produce a partir de estas fuentes, llamado hidrógeno verde, también se considera FNCER.

De acuerdo con los escenarios de expansión de generación previstos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), y teniendo en cuenta los proyectos inscritos ante esta Unidad, la energía solar fotovoltaica a gran escala y los parques eólicos serán las principales FNCER en Colombia en los próximos años.


También se describe la producción de hidrógeno, que se perfila como una opción de negocio importante en la región y en el mundo. El hidrógeno limpio está recibiendo apoyo sin precedentes a nivel mundial y el gobierno colombiano elaboró una hoja de ruta exclusiva para este energético.

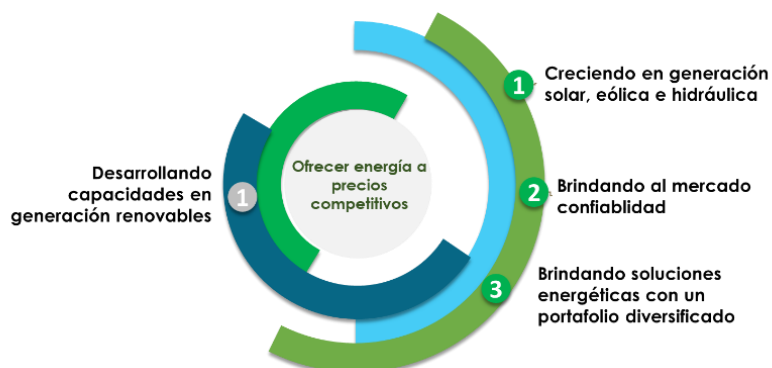
### **1.1.3. Estrategia competitiva del Negocio.**

El Negocio se encuentra en el segmento de la producción de energía y comercialización de grandes bloques de energía eléctrica, con visión de largo plazo y demostrando actuaciones que buscan contribuir a la armonía de la vida para un mundo mejor. El enfoque integrado del negocio busca optimizar el beneficio en la actividad de generación del Grupo EPM, basados en la administración del recurso energético en función de las señales de mercado, la gestión de los activos operacionales propios del negocio y una oferta de valor que considere la competitividad de nuestros clientes.

La estrategia competitiva del Negocio está centrada en ofrecer energía a precios competitivos, según se observa en la Figura 1.



	<p align="center"><b>Subgerencia Generación Energía</b> <b>Área Planeación y Desempeño</b></p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	---



**Figura 1 - Estrategia competitiva Negocio Generación y Comercialización Energía Grupo EPM**


#### **1.1.4. Plan de estudios y portafolio de expansión y crecimiento del Negocio**

El portafolio de proyectos de expansión de EPM busca la sostenibilidad futura del Negocio y la diversificación de los energéticos, para lograr una máxima participación en el mercado y la complementariedad de los recursos. El objetivo es disponer de un portafolio de proyectos de generación renovables de diferentes tecnologías, en diferentes regiones, y con diferentes capacidades y etapas de estudio, para continuar con la estrategia de diversificación de la canasta. Al avanzar en las etapas de los estudios, el negocio busca optimizar y mejorar las condiciones técnicas, ambientales, financieras y económicas, así como gestionar las señales de entorno externas, con el fin de lograr la viabilidad de los proyectos en todos sus componentes, y que finalmente puedan hacer parte de la expansión del Negocio.

El Negocio actualmente cuenta con un portafolio de proyectos, en su gran mayoría hidráulicos, eólicos y solares fotovoltaicos, para un aproximado de 4.000 MW en diferentes etapas de estudio (idea, prefactibilidad, factibilidad, optimización), que buscan contribuir a la estrategia de crecimiento del Negocio en el mediano y largo plazo. A continuación, se presenta un resumen de la capacidad instalada de dicho portafolio por tecnologías<sup>2</sup>:

- Eólicos: 1.240 MW.
- Solares fotovoltaicos: 618 MW.
- Hidroeléctricos: 1.455 MW.

<sup>2</sup> Se trata de un portafolio dinámico por lo que tiene fecha de corte a diciembre de 2023.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

- Híbridos eólico-solar: 572 MW.
- Biomasa y residuos: 41 MW.

El Negocio cuenta con una metodología de expansión flexible, que le permite definir para las iniciativas (proyectos/activos), si se recomienda avanzar a la etapa de construcción, se continúan, suspenden o descartan los estudios. De esta forma, el Negocio puede gestionar su portafolio de proyectos de acuerdo con las condiciones y señales del entorno y mercado, las reglas establecidas por las diferentes instituciones y autoridades, y la disponibilidad de recursos económicos y humanos al interior de la organización. Permanentemente se revisa y ajusta la estrategia definida para cada proyecto de acuerdo con la dinámica cambiante del entorno externo e interno, la matriz de riesgos, y la visión de mediano y largo plazo del Negocio y de la Empresa.

Una vez los proyectos cuentan con viabilidad técnica, ambiental, legal, comercial y financiera, o están cerca de lograrla, se elabora el caso de negocio con el fin de que estos surtan el proceso de priorización empresarial, sean incluidos dentro del Plan de Inversiones de la Empresa, y pasen a la etapa de inversión y formen parte del plan de expansión del Negocio.


#### **1.1.5. Proyecto empresarial de Energías Renovables No Convencionales - ERNC**

El objetivo o aspiración del Grupo EPM es lograr una participación al año 2030 de 1.150 MW de capacidad de ERNC a gran escala. Para autogeneración solar, independiente de la escala, se tiene una meta de crecimiento al año 2030 de 61 MWpico, adicional a los 1.150 MW mencionados.

Adicionalmente, desde el Negocio se analizan ofertas comerciales de clientes del mercado no regulado, que buscan implementar proyectos de autogeneración para reducir los consumos de la red en la tarifa. Estas oportunidades se estudian a demanda, según se reciben solicitudes de clientes.

### **1.2. OBJETIVO GENERAL**


Implementar una metodología al servicio de EPM para el modelamiento del mercado eléctrico en Colombia que permita el análisis de escenarios de incorporación masiva de las FERN y a su vez, de forma articulada y retroalimentada, una metodología para la evaluación de alternativas, proyectos y portafolios de inversión en expansión y crecimiento del Negocio, bajo los criterios de rentabilidad financiera y gestión del riesgo. Para ambas

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

metodologías se deberá facilitar la provisión de modelos con sus respectivas herramientas computacionales (software).

### 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Presentar el marco teórico sobre las metodologías y modelos definidos en el Objetivo General.
2. Implementar un modelo, con su respectiva herramienta computacional (software) para atender la necesidad de representar el mercado de energía en Colombia. En este modelo se deberá dar un manejo estocástico (o probabilístico) como mínimo a las series de recurso para estimación del despacho de las diferentes tecnologías de generación de energía: hidrología, recurso solar y recurso viento, actuales y futuras. Así mismo, los resultados principales deberán entregarse en distribuciones estocásticas. **No consiste en desarrollar un modelo específico base cero para EPM según este objetivo.** (En adelante denominado “Modelo 1”).
3. Implementar un modelo, con su respectiva herramienta computacional (software) para atender la necesidad de evaluar financieramente las alternativas de expansión del Negocio (activos, proyectos, portafolio) bajo escenarios de riesgo/incertidumbre. En este modelo se deberá implementar el manejo de incertidumbre a través del modelamiento con la correspondiente caracterización probabilística para los datos de entrada y las variables modeladas, obteniendo así distribuciones de probabilidad para los resultados o indicadores. (En adelante denominado “Modelo 2”)
4. Elaborar el estudio de aplicación a partir de las metodologías y modelos/herramientas (Modelo 1 y Modelo 2) para diferentes escenarios: crecimiento económico, costos y evolución tecnológica, descarbonización y electrificación, que permitan obtener sensibilidades a los resultados obtenidos.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 2. ALCANCE


Desde el Negocio tener acceso operativo a los modelos/herramientas Modelo 1 y Modelo 2 de acuerdo con este contrato, y en particular a lo establecido en las especificaciones técnicas y sus Anexos (soporte, capacitaciones, actualización, plataformas de tecnología de información, documentación soporte y manuales de usuario), así como la elaboración por parte del Consultor del estudio mencionado en el cuarto objetivo específico (ver numeral 1.3) a partir del Modelo 1 y Modelo 2, para diferentes escenarios y como punto de partida de aproximación de EPM a las metodologías y modelamiento. Estos escenarios quedarán definidos y cargados por defecto en los modelos para la posterior utilización, ajuste, actualización o modificación por parte de EPM como parte de la utilización de ambos modelos.

Tanto el Objetivo General como los específicos tienen un alcance para el Negocio, esto es, aplicado para los equipos de trabajo del Área Planeación y Desempeño y la División Mercado de Energía Mayorista de EPM como matriz, incluyendo el portafolio de los proyectos de expansión y crecimiento (posibles adquisiciones) en generación en Energías Renovables y especialmente en las FERNC de la empresa matriz EPM y sus filiales de generación en el país: Central Hidroeléctrica de Caldas E.S.P. (CHEC), Electrificadora de Santander E.S.P. (ESSA), Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS) y Empresa de Energía del Quindío (EDEQ).

### 2.1. DISPONIBILIDAD Y ACCESO A LA INFORMACIÓN.

El Consultor deberá reunir la información requerida para la implementación de los modelos Modelo 1 y Modelo 2 y el estudio de escenarios.

- La información pública es proporcionada por las diferentes entidades afines al sector y al mercado de energía en Colombia, entre las que se encuentran: XM- Expertos en mercados como administradores del mercado, operadores del sistema y responsables de las subastas de expansión del Cargo por Confiabilidad y de la subasta 2021 de contratación Largo Plazo Energía (denominada “Subasta de Energías Renovables”); la UPME como entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía responsable de los Planes de Expansión Indicativos en Generación y las proyecciones de demanda de energía eléctrica; la Comisión de Regulación de Energía y GAS (CREG), entre otros. EPM podrá orientar al Consultor para la consecución de la información requerida.
- EPM proporcionará la información propia requerida para ambos modelos (Modelo 1 y Modelo 2) en lo relacionado con los proyectos del portafolio de expansión y crecimiento en generación, como son costos de inversión estimados, costos de

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


operación y mantenimiento, costos ambientales asociados, las series de recurso/generación de energía propia para estos proyectos entre otros. Igualmente proporcionará información relacionada con la rentabilidad esperada del Negocio vía costo promedio ponderado de capital (WACC), estructura deuda-equity según estrategia de cada proyecto, así como las proyecciones de variables macroeconómicas.

En el Anexo 00 se presenta una hoja Excel con el listado detallado de la información requerida, posibles fuentes de información y responsabilidad en la consecución. El Oferente/Proponente deberá dar respuesta en los espacios correspondientes a cada requerimiento, indicando si cumple o no y la respectiva explicación.

## 2.2. AMBIENTE TECNOLÓGICO PARA LOS MODELOS/HERRAMIENTAS.

Ambos modelos/herramientas computacionales Modelo 1 y Modelo 2 deberán ser provistos bajo las siguientes especificaciones:

- a) Software, herramientas, aplicativos o modelos comerciales desarrollados y probados, para los que se incluyan capacitaciones/entrenamientos, actualizaciones periódicas, soporte continuo, que puedan ajustarse a las necesidades de EPM y al mercado de energía eléctrica en Colombia, según lo indicado en estas especificaciones. Lo anterior implica que la propiedad intelectual pertenece al Consultor o desarrollador, mientras la información provista por EPM se cataloga como clasificada y sensible con la confidencialidad correspondiente.
- b) Deberán ser provistas todas las licencias requeridas como complementos o que se ejecutan en segundo plano para el óptimo funcionamiento de los modelos base, incluido y sin limitarse a éstos, optimizadores, gestores de base de datos, simulaciones, y módulos requeridos adicionales.
- c) Plataformas permitidas para el funcionamiento de los modelos/herramientas Modelo 1 y Modelo 2:
  - i) aplicaciones vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube (cloud base services o servers), administrados y gestionados por el Consultor o un tercero. Lo anterior implica en esta opción que EPM no utilizará infraestructura computacional para la ejecución de los modelos, gestión de bases de datos, almacenamiento de gran escala. Bajo esta plataforma, el Consultor incluirá en la oferta económica todos los costos asociados a la administración y utilización de estos servidores y servicios. **La oferta técnica a**

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

**partir de este tipo de Plataforma se considera opcional y será evaluada (mayor puntaje) en el criterio de Metodología en la evaluación de Ofertas.**


ii) instalación local en una o varias estaciones de trabajo o equipos portátiles corporativos.

**No se considerarán ni evaluarán ofertas técnicas bajo plataformas de servidores virtuales para conectar varios equipos ni aquellas bajo servidores en la nube provistos desde EPM como usuario.**

A excepción de lo anterior, para el Modelo 2 se podrá utilizar Microsoft Excel y si es del caso, su complemento “Risk Simulator (Palisade)”, sin ser ésta una condición.

- d) En caso de aplicar la plataforma de servidores web o licencias locales concurrentes, se garantizará como mínimo el acceso total a tres (3) usuarios de forma simultánea. Se considera la posibilidad de aumentar el número de usuarios sin costo adicional, sin ser ésta una condición. **El número de usuarios adicionales se considera opcional y será evaluado (mayor puntaje) en el criterio de Metodología en la evaluación de Ofertas.**
- e) Debe existir una retroalimentación entre ambos modelos/herramientas objeto de este contrato, aunque no sea directa, debe estar claramente definida en la metodología. Estos modelos son independientes a los modelos actuales con los que cuenta EPM, por lo que no es necesario que exista articulación o integración entre éstos.

En el Anexo TI se presenta una hoja Excel con el listado detallado de la información requerida, especificaciones técnicas de plataformas tecnológicas o computacionales, herramientas, usuarios, articulación entre los modelos. El Oferente/Proponente deberá dar respuesta en los espacios correspondientes a cada requerimiento, indicando si cumple o no, cómo se cumple y la respectiva explicación.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


### 3. METODOLOGÍA

El Negocio requiere implementar las metodologías de modelamiento, con dos enfoques articulados, que le permita:

- a) Estimar la señal de precios de mercado (spot y contratos) y producciones de energía según despacho hidrotérmico con la incorporación de FERNc en el mediano plazo (mínimo por 10 años) bajo las reglas vigentes del mercado de Bolsa de Energía, así como los precios de largo plazo según composición futura de tecnologías para la matriz energética de generación del país. En este sentido se deberá evaluar el impacto de la incorporación masiva de las FERNc al mercado, en cuanto a precios de mercado, firmeza energética, efecto de la diversificación y complementariedad, entre otros. Se requiere la implementación de un modelo matemático que represente el mercado eléctrico de Colombia con su dinámica de oferta, precios y generación, además de los ingresos del generador por los diferentes mecanismos de remuneración: Bolsa, Contratos de Largo Plazo y Cargo por Confiabilidad y Regulación Secundaria, con el fin de evaluar la incorporación de las FERNc y,
- b) De manera articulada con el literal anterior, implementar una metodología para la evaluación de las alternativas de expansión y crecimiento en generación del Negocio según la exposición a riesgo, a nivel de proyecto o activo según la incertidumbre de su etapa de estudio o formulación (preinversión), y a nivel de evaluación de portafolio (conjunto de proyectos o activos como parte del plan de expansión) en un periodo definido por la vida útil de los activos o del portafolio evaluado pero no inferior a 15 años, atendiendo los criterios de rentabilidad financiera en EPM y gestión del riesgo, con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisiones de inversión en el Negocio. Con este modelo se evalúa el desempeño financiero del portafolio de inversiones en expansión generación de EPM, bajo criterios de riesgo y rentabilidad de las alternativas de expansión y crecimiento del Negocio. La aplicación de esta metodología para apoyar la toma de decisiones del Negocio dará las respuestas a las preguntas para EPM de cuándo invertir, con cuáles proyectos invertir y cómo realizar la inversión en un horizonte de tiempo, y según un perfil de riesgo.

#### 3.1. MODELO DE MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO – DESPACHO HIDROTÉRMICO Y FERNc. MODELO 1.

Este modelo debe entregar el precio de bolsa y generación de las diferentes tecnologías del mercado eléctrico colombiano, para diferentes escenarios de expansión de capacidad (y otras variables). No se requiere definir como debería ser la expansión y el precio en

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

condiciones óptimas (e.g. minimización del costo), sino cuál será el precio y generación real (en términos estocásticos).


El modelo matemático para el despacho de energía deberá reflejar fielmente la formación del precio de bolsa del mercado colombiano mediante el “despacho ideal”: modelo uninodal que no considerará las restricciones eléctricas de las redes o sistemas de transmisión para la entrega de energía. El modelo deberá representar además todos los aspectos fundamentales del sistema de generación colombiano, como son la capacidad instalada y plan de expansión (variable por escenarios), los embalses, y la correlación temporal y espacial entre recursos hidráulicos, solares y eólicos.

Se deberán precisar en la metodología los siguientes aspectos:

- Formulación matemática completa del modelo. Por ejemplo, si se trata de un modelo de optimización, deberá presentar la Función Objetivo y sus restricciones, junto con las demás fórmulas que describen la dinámica del mercado.
- Datos de entrada del modelo: Proyecciones de demanda de energía, plantas actuales, nuevas/futuras y tecnologías, tratamiento de las fuentes de generación intermitentes, costos de producción por tecnología para las tecnologías que apliquen, unidad o paso temporal del modelo, entre otros. El Consultor deberá definir la base de datos del sistema desde la oferta a la demanda, y será el responsable de su poblamiento y representación del mercado.
- Resultados principales: precio de bolsa, producción de energía por tecnología/planta/generador, margen de energía del sistema, margen de potencia del sistema y evolución del nivel de embalses.
- Resolución de resultados: diaria, con posibilidad de obtener resultados horarios representativos del horizonte de evaluación (e.g. precios horarios de días típicos cada mes o cada cierta cantidad de días). En cualquier caso, la resolución deberá ser suficiente para evaluar las diferentes alternativas tecnológicas de expansión de EPM.
- Definición de interfaz del modelo y relación hombre-máquina.
- Limitaciones y supuestos relevantes del modelo.

El modelo debe permitir la configuración del plan de expansión y retiro de plantas de generación, con sus respectivos datos de entrada técnicos y económicos (e.g. proyección



	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

de costo de combustibles, series de recurso energético), así como para las particularidades del mercado colombiano.

Se debe definir una metodología para configurar escenarios de expansión plausibles, dada la realidad regulatoria del mercado colombiano. Por ejemplo, considerar el balance de energía firme del Cargo por Confiabilidad (ENFICC), OEF previamente asignadas, proyección de demanda Objetivo y la simulación de los mecanismos de asignación de OEF.

Además de la evaluación del desempeño de las plantas en la Bolsa, es necesario incluir, dentro del análisis, la cuantificación de los ingresos que se obtienen mediante los Contratos de largo Plazo, para lo cual se debe definir una metodología para estimar precios de contratos con base en los resultados de precios de bolsa y nivel de riesgo de EPM (y demás variables que consideren relevantes). Adicionalmente, se deberá considerar la remuneración por regulación secundaria, y el Cargo por Confiabilidad, mecanismo éste que incide en forma muy diferente según el tipo de tecnología.


En el Anexo 01 se presenta una hoja Excel con el listado detallado de las especificaciones técnicas para la implementación de la metodología y el Modelo 1. El Oferente/Proponente deberá dar respuesta en los espacios correspondientes a cada requerimiento, indicando si cumple o no y la respectiva explicación.

### **3.2. MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EXPANSIÓN Y CRECIMIENTO DEL NEGOCIO. MODELO 2**

Las herramientas asociadas a la evaluación financiera de los proyectos de manera individual para la toma de decisiones de inversión hacen parte de la cultura propia de EPM, no delegada, y en consecuencia no hacen parte del modelo a implementar. Sin embargo, la metodología debe integrar de manera explícita su estructura. Esto es, el modelo debe capturar los flujos de caja descontados con la estructura probabilística definida, en un paso de tiempo anual.

Todas las variables que representan el entorno económico y regulatorio de EPM (por ejemplo, beneficios tributarios de ley, los precios de venta la energía (modelo anterior), las políticas de endeudamiento de la empresa o “*project finance*”, el marco regulatorio vigente y variables macroeconómicas, entre otras) serán información catalogada como un input o datos de entrada para el modelo de evaluación financiera de las alternativas de inversión.

El modelo a implementar involucra de manera explícita la rentabilidad asociada a los proyectos seleccionados en el horizonte seleccionado de modelamiento (según vida útil de los activos, mínimo 15 años), e igualmente el riesgo asociado a dichos proyectos o portafolio. El estimado corresponderá a la sumatoria de los valores presentes netos (VPN)

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

de los proyectos individuales analizados, la jerarquización o secuencia según los resultados obtenidos y adicionalmente a la evaluación financiera conjunta de portafolios (varios activos o proyectos en el tiempo) que maximicen el retorno para el Negocio y/o minimicen su riesgo.

Consideramos la aproximación probabilística bajo incertidumbre, ya que entre otros los flujos de caja anuales descontados de cada uno de los proyectos como resultados, suponen alguna distribución de probabilidad que dependerá de las distribuciones asumidas para cada una de las variables económicas de entrada y técnicas asociadas a la incertidumbre de los proyectos dado los diferentes estados de avance o madurez. En consecuencia, igualmente, el VPN de cada uno de los proyectos considerados en el portafolio de inversión es de naturaleza probabilística y, por ende, la sumatoria de los VPN del cronograma de inversión definido.

Este análisis está sujeto a restricciones de diversa índole, restricciones de desembolsos financieros o presupuestales del Grupo EPM; del marco regulatorio del mercado de generación como pueden ser sus límites de participación en la actividad; variables de tipo estratégico; variables de proyecciones macroeconómicas y del entorno fiscal vigente.


La metodología principal de evaluación deberá acompañarse de otras metodologías de simulación (p.e. simulación tipo Montecarlo) que permita calcular la estructura de riesgo e incertidumbre en el horizonte de estudio, asociado al esquema de crecimiento planteado en la optimización.

En el Anexo 02 se presenta una hoja Excel con el listado detallado con las especificaciones técnicas para la implementación de la metodología y el Modelo 2. El Oferente/Proponente deberá dar respuesta en los espacios correspondientes a cada requerimiento, indicando si cumple o no y la respectiva explicación.


### 3.3. CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTO

La estructuración de la capacitación deberá realizarse de acuerdo con el siguiente alcance:

- **Marco teórico:** presentación magistral de las metodologías, supuestos, fórmulas, ecuaciones para ambos modelos Modelo 1 y Modelo 2.
- **Ejercicios prácticos reales:** demostración en tiempo real de la utilización y aplicación de ambos modelos Modelo 1 y Modelo 2, a partir de casos de estudio reales o del estudio mencionado en el cuarto Objetivo Específico (ver numeral 1.3), desde el manejo de interfaz o archivos, configuración, ingreso de datos, procesamiento, resultados, documentación; así como la presentación de los respectivos manuales de usuario.

	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

Si el Consultor considera que existen otros cursos que ameriten que EPM los reciban como parte de la capacitación, deberá informarlo a ésta, evento en el cual EPM decidirá según su conveniencia si lo toma o no.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 4. ENTREGABLES

En este capítulo se describen las actividades fundamentales mínimas necesarias para realizar y dar cumplimiento al Objetivo General, Específicos y Alcance de estas especificaciones. Las alternativas, metodologías y herramientas se establecerán cumpliendo con criterios técnicos, y probados según el estado del arte, teniendo en cuenta las particularidades del mercado de energía colombiano y las directrices de EPM.

En los ítems que se describen a continuación, el Proponente/Oferente debe valorar los recursos profesionales, herramientas, equipos e insumos y demás costos directos e indirectos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del contrato que de estas especificaciones se derive.

Se advierte expresamente que los precios entregados en la oferta económica deben considerar y contener el pago de los servicios y/o actividades debidamente terminados, de conformidad con las especificaciones y deberán comprender todos los gastos necesarios, dentro de los cuales se incluye mano de obra, prestaciones sociales, dirección y administración, utilidad del Consultor y todos los gastos que puedan afectar el costo directo e indirecto de los mismos y que se requieren en las condiciones de la presente solicitud de oferta.

A continuación, se especifican los diferentes lotes de estudio y/o trabajo en los que estará conformado este contrato y además de ellos, los diferentes ítems o actividades que componen a su vez los respectivos lotes en los casos en que aplique.


### 4.1. PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA.

#### 4.1.1. Plan de Trabajo

El Consultor debe presentar dentro del primer (1) mes de trabajo calendario siguiente al inicio del contrato, el informe del plan y cronograma de trabajo. No hace parte de la evaluación de ofertas, sino como entregable del Consultor.

Este informe deberá contener:

- a) Marco teórico de las metodologías a implementar (para ambos modelos Modelo 1 y Modelo 2), procedimientos, supuestos, criterios, evaluación y premisas de modelamiento.
- b) Programa de trabajo de los entregables pactados en el Pliego de Contratación como hitos (según listado de entregables), de contenido y forma tales que posteriormente

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

permitan el adecuado seguimiento, control y evaluación de la ejecución del contrato.

- c) Plan de capacitación y entrenamiento, el cual tendrá como objetivo exponer detalladamente ambos modelos (Modelo 1 y Modelo 2) a nivel operativo, sus estructuras funcionales, limitaciones, supuestos y en general a nivel de todos los aspectos que el Consultor considere necesarios para alcanzar la utilización óptima de éstos por parte de EPM.

El informe debe contener todos los métodos específicos de análisis a utilizar, tanto los analíticos, como los numéricos que serán implementados y desarrollados a través de los modelos/herramientas computacionales para ambos modelos (Modelo 1 y Modelo 2). Los criterios y evaluación usados por El Consultor deberán ser definidos considerando el estado del arte, las disposiciones de estos pliegos, las reglas de operación y funcionamiento del mercado eléctrico colombiano, así como toda la normatividad y regulación asociada.

El programa de trabajo deberá ajustarse al plazo total estipulado en el Pliego de Contratación. Estimamos para AFD que puede ser de 9 meses en total


#### **4.1.2. Cronograma**

El cronograma detallado deberá presentar las actividades a realizar en el marco de la ejecución de los trabajos, donde se identifiquen con claridad los hitos a cumplir, la disponibilidad de recursos y los compromisos de entrega de resultados.

El cronograma deberá ser preparado por el método de la ruta crítica (PERT-CPM) y presentarse indispensablemente en forma de un diagrama de precedencias y en un diagrama GANTT, indicando la ruta crítica e hitos como fecha de entregables y presentado como mínimo en formato Project. Este cronograma posteriormente permitirá a las Partes el adecuado seguimiento, control y evaluación de la ejecución del contrato.

### **4.2. MODELO DEL MERCADO ELECTRICO COLOMBIANO - DESPACHO HIDROTÉRMICO y FERNC. MODELO 1**

El Consultor implementará y adaptará el modelo operativo para el despacho hidrotérmico, considerando la expansión del sistema y de FERNC según el mercado de energía eléctrica en Colombia en un horizonte mínimo de 10 años, y procederá conjuntamente con EPM en la definición de los datos o sets de entrada obligatorios, por defecto y opcionales, series de recurso energético en plantas y proyectos de generación, restricciones de optimización, así como parámetros de modelamiento y ejecución.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

Como entregable se entiende la provisión del modelo/herramienta según las especificaciones del numeral 2.2, optimizadores, bases de datos, servidores, documentación, manual de usuario, documentación soporte, sin limitarse a éstos, que le permitan a EPM acceder a la utilización de la herramienta según los términos de este contrato.

#### **4.3. MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS DE EXPANSIÓN DEL NEGOCIO. MODELO 2.**


El Consultor implementará el modelo probabilístico que permita la inclusión de la evaluación de riesgo e incertidumbre, como mínimo de variables económicas con distribuciones de probabilidad, y por ende distribución de probabilidades para los resultados financieros. La evaluación del portafolio se realizará a) a nivel de proyecto o activo según la incertidumbre de su etapa de estudio, formulación (preinversión), ejecución y b) a nivel de evaluación de portafolio (conjunto de proyecto o activos como parte del plan de expansión) en un periodo según la vida útil de los activos, pero no inferior a 15 años.

EPM proporcionará la información propia requerida para este modelo en lo relacionado con los proyectos del portafolio de expansión y crecimiento en generación como activos de inversión, como son costos de inversión estimados (CapEx), costos de operación y mantenimiento (OpEx), costos ambientales asociados, horizonte de evaluación, entre otros. Igualmente proporcionará información relacionada con la rentabilidad esperada del Negocio vía costo promedio ponderado de capital (WACC), estructura deuda-equity según estrategia de cada proyecto, así como las proyecciones propias de variables macroeconómicas. Este modelo estará articulado y retroalimentado con el modelo del Mercado eléctrico colombiano (Numeral 4.2), para lo cual el Consultor recomendará el nivel operativo de articulación y flujo de información entre modelos.

Como entregable se entiende la provisión del modelo/herramienta según el numeral 2.2 de estas especificaciones, bases de datos, archivos, servidores, documentación, manual de usuario, documentación soporte, sin limitarse a éstos, que le permitan a EPM acceder a la utilización de la herramienta según los términos de este contrato.

#### **4.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN DE MODELOS/HERRAMIENTAS PARA DIFERENTES ESCENARIOS.**

El Consultor presentará el informe y anexos con la formulación del problema a resolver, implementación de los modelos/herramientas Modelo 1 y Modelo 2, su aplicación, resultados, análisis y conclusiones para un total de tres (3) escenarios, un (1) escenario base o intermedio y dos (2) adicionales en los cuales se sensibilicen los resultados a diferentes

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


configuraciones de prospectiva como son: crecimiento económico, costos y evolución tecnológica, descarbonización, entrada de FERNK y electrificación. Los supuestos y particularidades de cada uno de los escenarios se definirán de común acuerdo entre las partes.

El Consultor adicionalmente preparará y entregará una presentación a partir del informe presentado bajo este entregable la cual se realizará a través de videoconferencia para el número de personas y perfiles profesionales que defina EPM y su duración no debe ser inferior a tres (3) horas. La plataforma de comunicación, fecha y horario de la presentación se definirá de común acuerdo entre las partes.

#### **4.5. CAPACITACIONES Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS**

El Consultor realizará la socialización y transferencia de conocimientos al personal definido por EPM de los modelos y sus herramientas operativas Modelo 1 y Modelo 2 según la metodología del numeral 3.3 de estas especificaciones.

La capacitación y transferencia de conocimientos se realizará de forma virtual, deberá dictarse en forma magistral a través de videoconferencia para el número de personas y perfiles profesionales que defina EPM y su duración no debe ser inferior a diez (10) horas. La plataforma de comunicación, fechas y horarios de la realización de la capacitación se definirán de común acuerdo entre las partes. Como entregables adicionales se incluyen las presentaciones utilizadas en todas las sesiones de capacitación y transferencia de conocimiento.

	Subgerencia Generación Energía
	Área Planeación y Desempeño
Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM	

#### 4.6. RESUMEN DE LOS ENTREGABLES

Tabla 1 - Entregables- Numeral 4.

N°	Entregables	Unidad	Plazo	
1	Informe con Plan de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marco teórico</li> <li>- Hitos con plan de entregables</li> <li>- Plan de capacitaciones y entrenamiento</li> <li>- Cronograma acorde con la oferta final presentada y aceptada</li> </ul>	Global		Mes 1
2	Modelo/herramienta Mercado Eléctrico colombiano Modelo 1 (Expansión del sistema y Despacho hidrotérmico)	Global	Plan Trabajo	Mes 6
3	Modelo/herramienta evaluación desempeño financiero de expansión del Negocio. Modelo 2. (Bajo aproximación de riesgo e incertidumbre)	Global	Plan Trabajo	Mes 9
4.A	Informe, anexos y presentación de resultados del estudio de escenarios	Global	Acuerdo entre Partes	Mes 12
4.B	Sesiones de transferencia de conocimiento y capacitación.	Global	Acuerdo entre Partes	Mes 12

#### 4.7. CONSIDERACIONES GENERALES

El Consultor deberá entregar como productos: cronograma, provisión de los modelos, presentaciones de las sesiones de capacitación, informes y presentaciones con resultados de los escenarios analizados, anexos y esquemas.


##### Informes:

El Consultor deberá entregar los archivos digitales en editable (Word; Excel) y PDF, y todos los informes y documentos resultantes de las actividades ejecutadas en el estudio. Estos informes deben proporcionar información clara, completa, actualizada, en concordancia con especificaciones técnicas.

Todos los documentos que produzca el Consultor (informes, memorias de cálculo, esquemas, etc.) deben ser entregados en archivos Microsoft Office 2020 o posterior, incluyendo el Cronograma en Microsoft Project. Adicionalmente, se debe generar el archivo final de salida en formato PDF.

Estos documentos deben ser entregados en papel tamaño carta. En caso de que algún detalle no se alcance a ver claramente en este tamaño, se debe realizar en un tamaño



	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

mayor, ideal para su visualización. Todos los documentos deberán ser presentados de acuerdo con las normas ICONTEC.


### **Memorias de cálculo o documentación soporte de los modelos**

Los documentos de memoria de cálculo o soporte de los modelos (Modelo 1 y Modelo 2) deben contener una descripción general y clara de los cálculos realizados, las metodologías de diseño aplicadas. Igualmente, deben tener definidas de forma clara las variables de entrada, las variables de salida o resultado, el software utilizado, las hipótesis, los criterios de diseño, fórmulas, premisas de modelamiento, suposiciones y anotaciones, y en general toda la información necesaria para permitir una fácil revisión.

Se deben entregar los documentos de memoria de cálculo o documentación soporte en versión en Word, Excel y/o PDF. Si se requiere la validación de alguna modelación realizada con un archivo de software específico, se debe informar con antelación, y suministrar el archivo correspondiente.

### **Acceso o licencia**

En caso que los modelos estén realizados en software específico, el Consultor deberá incluir en su oferta el acceso a éste, ya sea en forma de licencia o de acceso a una plataforma web, durante al menos 12 meses a partir del final de la consultoría.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 5. RECURSOS Y REUNIONES

### 5.1. RECURSOS HUMANOS

El Consultor deberá ocupar en la ejecución del contrato, personal experimentado en los trabajos que se le encomienden y el número apropiado para que se desarrollen en forma técnica, eficiente y dentro del plazo acordado para el contrato y que cumplan con los requisitos exigidos. Además, deberá contar con la disponibilidad requerida para el cumplimiento del objetivo del contrato con óptima calidad.

El costo del personal profesional propuesto para la ejecución de cada uno de los objetivos del contrato se deberá incluir según se requiera. Los requisitos mínimos del personal se indican a continuación.

Los Proponentes deberán adjuntar la Hoja de Vida del profesional responsable de la Dirección General del proyecto y del desarrollo del contrato, y de los expertos, teniendo en cuenta los siguientes requisitos. La experiencia en el mercado eléctrico colombiano o de un mercado similar del director general del proyecto o de los expertos será valorizada.


- **Director general de proyecto**

El Consultor deberá designar un director de proyecto con disponibilidad para la ejecución y seguimiento del contrato. El Consultor podrá (sin ser una exigencia) contar con otros profesionales que realicen actividades de coordinación de los trabajos, pero las relaciones de carácter técnico con EPM se efectuarán directamente por El Consultor a través de este profesional con el rol de director de Proyecto.

Se requiere que sea profesional con posgrado en el área de Mercados de Energía, Planeación de Sistemas Energéticos o Finanzas, con experiencia mínima de diez (10) años como consultor en estudios, asesoría, diseño o interventoría en temas afines al objeto contractual.

Si durante la ejecución del contrato, el director del proyecto presentado con la oferta, renuncia o se desvincula del proyecto; se deberá reemplazar en el menor tiempo posible, previa aprobación, por un profesional de iguales o mejores características a las previstas en estas especificaciones.

- **Experto en FERNC a partir de generación variable**

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

Se requiere que sea profesional con posgrado en el área de fuentes de energía renovable no convencional a partir de generación variable o intermitente (solar, eólico) en sistemas energéticos, con experiencia mínima de cinco (5) años como consultor en estudios, asesoría, diseño u operación en temas afines al objeto contractual.

- **Experto en modelamiento financiero o evaluación de activos**

Se requiere que sea profesional en finanzas, con experiencia mínima de cinco (5) años como consultor en estudios, asesoría, en el modelamiento para evaluaciones financieras de proyectos energéticos, incluyendo el modelamiento bajo escenarios de riesgo para la toma de decisiones bajo incertidumbre.

- **Experto en mercado de energía eléctrica en Colombia**

Profesional con posgrado en cualquier disciplina afín al objeto de este contrato con conocimiento en el mercado de energía mayorista en Colombia y su reglamentación vigente, con experiencia mínima de cinco (5) años. Para efectos de demostrar la experiencia se evaluarán certificaciones como asesor, consultor externo o vinculado, y/o con participación en empresas o contratos con trabajos relacionados al mercado de energía eléctrica en Colombia. **La presentación de este Recurso Humano se considera opcional y será evaluada (mayor puntaje) en el criterio de Metodología en la evaluación de Ofertas.**

## 5.2. RECURSOS FÍSICOS


Para la realización del estudio, el Consultor deberá tener disponible en caso de requerirse, la infraestructura física, equipos, software y materiales requeridos para el cumplimiento del objeto del contrato.

La información primaria o secundaria, que no sea provista por EPM, que se requiera para el cumplimiento del objeto del contrato deberá ser adquirida o recolectada por el Consultor y no dará lugar a pagos adicionales.

Los documentos que el Consultor produzca durante el desarrollo del contrato deberán proporcionar información clara, completa, actualizada, aplicable y verificable en forma sencilla, a fin de asegurar que de ellos se obtiene toda la información sin necesidad de proceder a investigación y procesamiento adicional.


## 5.3. MISIONES

La organización de misiones del Consultor a la sede de EPM en Medellín durante la ejecución no es requerida, pero es opcional. Si algún Oferente desea organizar misiones,

	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

éste puede proponerlo en su oferta técnica e incluirlo en su propuesta económica. En tal caso, el costo de la misión será incluido en el costo global del contrato.

El Consultor será responsable de todos los gastos y de toda la logística asociada a la organización de la misión.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 6. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POR PARTE DE LOS PROPONENTES (RFQ)

A continuación, se relaciona la documentación e información técnica requerida a los Oferentes/ Proponentes en la presentación de las respectivas ofertas con el fin de validar el cumplimiento de especificaciones técnicas requeridas, y proceder con la evaluación técnica.

### 6.1. PROPUESTA METODOLÓGICA MODELO DEL MERCADO ELECTRICO COLOMBIANO - DESPACHO HIDROTÉRMICO y FERNC. MODELO 1


El Oferente deberá presentar un documento que incluya como mínimo:

- a) Esquema, enfoque y variables del modelo matemático, su función objetivo para el despacho hidrotérmico y restricciones del problema de optimización
- b) Metodología para inclusión de nuevas plantas de generación (expansión) y del balance de ENFICC y demanda objetivo, así, como la simulación de asignaciones de OEF.
- c) Discretización temporal, supuestos generales, limitaciones y excepciones.
- d) Esquema de la articulación directa o indirecta y la retroalimentación de resultados con el modelo de evaluación de desempeño financiero de las alternativas del portafolio de expansión del Negocio. Se debe aclarar si existe o no una articulación funcional directa o computacional con el Modelo 2.

### 6.2. PROPUESTA METODOLÓGICA MODELO EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO FINANCIERO DE ALTERNATIVAS DEL PORTAFOLIO DE EXPANSIÓN DEL NEGOCIO. MODELO 2.

El Oferente deberá presentar un documento que incluya como mínimo:

- a) Metodología para la construcción de flujo de caja utilizada, datos de entrada y aproximación de distribuciones de probabilidad, discretización temporal, indicadores de resultados por activo/planta y/o por portafolio (KPIs), estrategia de portafolios tecnologías, y horizontes.
- b) Metodología para la evaluación de riesgo por activo/planta o portafolio dado un retorno esperado y el proceso inverso de estimación de retorno dado un nivel de

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


riesgo o cobertura aceptado. Metodología para realizar las simulaciones, generación de valores y construcción probabilística de datos de entrada y resultados.

- c) Tratamiento y supuestos para la inclusión de tasas e impuestos en el ciclo de vida de los activos/plantas, así como las posibilidades de estructura de financiación deuda-equity y beneficios de ley para FERNc.
- d) Esquema de la articulación directa o indirecta y la retroalimentación de resultados con el modelo de mercado eléctrico colombiano – despacho hidrotérmico y FERNc. Se debe aclarar si existe o no una articulación funcional directa o computacional con el Modelo 1.

### 6.3. PRESENTACIÓN DEL AMBIENTE Y PLATAFORMA(S) TECNOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS MODELO 1 Y MODELO 2- REQUISITOS INFORMÁTICOS (NUMERAL 2.2 DE ESTAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS).


El Oferente deberá presentar un documento que incluya como mínimo:

- a) Número de usuarios adicionales ofrecidos para cada modelo/herramienta Modelo 1 y Modelo 2 (el número mínimo es tres (3) incluido como base). Indicar tipo de perfil de usuario, permisos, restricciones y cómo se realiza la administración de usuarios.
- b) Plataforma para funcionamiento de los modelos/herramientas Modelo 1 y Modelo 2. Indicar si es a) modelos vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube (cloud base services o servers) o b) instalación local en una o varias estaciones de trabajo o equipos portátiles corporativos.
- c) Número, nombres de archivos a) ejecutables y b) instalables y su función, que sean requeridos para el correcto funcionamiento o funcionamiento base mínimo requerido del modelo de mercado eléctrico colombiano - despacho hidrotérmico y FERNc Modelo 1. Precisar si se requiere para plataformas instaladas localmente en los equipos de cómputo o plataformas modelos vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube.
- d) Número, nombres de archivos a) ejecutables y b) instalables y su función, que sean requeridos para el óptimo funcionamiento del modelo de mercado eléctrico colombiano - despacho hidrotérmico y FERNc Modelo 1. Precisar si se requiere para

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

plataformas instaladas localmente en los equipos de cómputo o plataformas modelos vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube.

- e) Número, nombres de archivos a) ejecutables y b) instalables y su función, que sean requeridos para el correcto funcionamiento o funcionamiento base mínimo requerido del modelo de evaluación del desempeño financiero de alternativas del portafolio de expansión del Negocio. Modelo 2. Precisar si se requiere para plataformas instaladas localmente en los equipos de cómputo o plataformas modelos vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube.
- f) Número, nombres de archivos a) ejecutables y b) instalables y su función, que sean requeridos para el óptimo funcionamiento del modelo de evaluación del desempeño financiero de alternativas del portafolio de expansión del Negocio. Modelo 2. Precisar si se requiere para plataformas instaladas localmente en los equipos de cómputo o plataformas modelos vía internet/web, con procesamiento y almacenamiento de datos externo en servidores y licencias basadas en la nube.
- g) Nombre de software de ofimática requerido, número de versión o actualización.
- h) Nombre de software de ofimática opcional, número de versión o actualización.
- i) Especificaciones mínimas de equipos de cómputo para el caso de plataformas instaladas localmente.
- j) Cualquier otro software o licencia requerida, que no esté incluido dentro de los modelos Modelo 1 y Modelo 2 y sus complementos según literal b) del numeral 2.2 de estas especificaciones.


	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

**6.4. HOJAS DE VIDA DEL DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO, EXPERTO EN FERNC, EXPERTO EN MODELAMIENTO FINANCIERO O EVALUACIÓN DE ACTIVOS Y EXPERTO EN MERCADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA (OPCIONAL).**

**6.5. EXPERIENCIA DEL PROPONENTE EN ESTUDIOS SIMILARES ACOMPAÑADA DE LOS CERTIFICADOS DE EXPERIENCIA.**


**6.6. DILIGENCIAR LOS CAMPOS DE RESPUESTA (COLUMNA H) Y EXPLICACIÓN (COLUMNA I) EN EL ARCHIVO EXCEL ANEXO: ANEXO TI, ANEXO 00, ANEXO 01 Y ANEXO 02.**



	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--


## 7. IDIOMA

El idioma para presentar los modelos, productos, entregables, reuniones, transferencia de conocimientos, capacitaciones será preferiblemente español o castellano, sin embargo, es aceptable el idioma inglés.

	<p style="text-align: center;">Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p> <p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>
--	--

## 8. ANEXOS

- Hoja Anexo TI (Archivo Excel ANEXOS)
- Hoja Anexo 00 (Archivo Excel ANEXOS)
- Hoja Anexo 01 (Archivo Excel ANEXOS)
- Hoja Anexo 02 (Archivo Excel ANEXOS).

	<p>Subgerencia Generación Energía Área Planeación y Desempeño</p>
	<p>Implementar un conjunto de herramientas de modelamiento a partir de la representación del mercado eléctrico colombiano con el fin de evaluar la integración de fuentes de energía renovable no convencional (FERNC) al Sistema Interconectado Nacional y orientar las decisiones en expansión y crecimiento del negocio generación de energía del Grupo EPM</p>