



**Modelo de inteligencia de negocios para la comercializadora de energía  
Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.**

Maria Elena Medina Grajales

Ramón Ricardo Valenzuela Gutiérrez

Robinson Alexander Uyasan Giraldo

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Programa Maestría en Inteligencia de Negocios

Bogotá D.C., Colombia

Octubre/2025

**Modelo de inteligencia de negocios para la comercializadora de energía  
Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.**

**Maria Elena Medina Grajales**

**Ramón Ricardo Valenzuela Gutiérrez**

**Robinson Alexander Uyasan Giraldo**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en Inteligencia de Negocios**

Director:

Edicson Jair Gil Acosta

Modalidad:

**Trabajo Dirigido**

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Programa Maestría en Inteligencia de Negocios

Bogotá D.C., Colombia

Octubre/2025

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del director del trabajo de grado

A aquellas personas que nos  
acompañaron y apoyaron durante estos  
dos años en el desarrollo de nuestro  
proceso de aprendizaje y fueron parte de  
la fuerza que nos impulsó a persistir y  
aprovechar nuevos conocimientos.

### **Agradecimientos**

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad EAN por brindarnos la oportunidad de acceder a nuevos conocimientos, teorías y enfoques que nos han permitido crecer académica y profesionalmente, fortaleciendo nuestras competencias para ejercer una gestión sostenible.

De manera especial, extendemos nuestra gratitud al profesor Edicson Jair Gil Acosta, director de este trabajo de grado, quien, con su conocimiento en Inteligencia de Negocios, su paciencia y orientación constante, nos orientó en el proceso de dar forma y coherencia a este trabajo.

Finalmente, queremos manifestar nuestro más profundo agradecimiento a Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., en particular a John Fredy Monsalve Gil, por abrirnos las puertas de la organización y permitirnos aportar en su desarrollo a través de esta propuesta de Inteligencia de Negocios. Su apoyo y acompañamiento fueron fundamentales para transformar este proyecto académico en una experiencia real y significativa.

## Resumen

En el presente trabajo de grado se propone el diseño y plan de implementación de un modelo de inteligencia de negocios (BI) para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. con el fin de fortalecer la toma de decisiones estratégicas en la compra y venta de energía eléctrica. Este estudio se enmarca en la línea de investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad.

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, de carácter aplicado y transversal. Se utilizó el análisis PESTEL para el entorno externo y una encuesta validada con el coeficiente V de Aiken para el desarrollo del diagnóstico interno. Los resultados permiten evidenciar las limitaciones en la gestión y aprovechamiento de datos, así como la necesidad de implementar herramientas que permitan consolidar información dispersa, automatizar procesos asociados a los datos y generar diferentes analíticas.

Con base en este diagnóstico y soportado en la teoría, se diseñó un modelo BI de arquitectura multicapa con un esquema dimensional tipo estrella compuesto por un data mart y siete dimensiones. Se propone un plan de implementación con procesos ETL en Azure Data Factory y Azure Databricks, el data mart en Microsoft SQL y la visualización en la herramienta Microsoft Power BI. Para el plan de implementación se propone un cronograma, indicadores de seguimiento y estrategias de mitigación de riesgos.

Se concluye que la propuesta es factible, el modelo BI permitirá generar un impacto cuantificable en la gestión de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., reduciendo en un 80 % el tiempo promedio de generación de reportes mediante la automatización de procesos ETL y consolidación de fuentes de datos. Adicionalmente, se proyecta un ahorro estimado de entre el 5 y 10 % en los costos de compra de energía eléctrica, gracias al uso de análisis predictivos para anticipar comportamientos del mercado energético.

**Palabras clave:** Inteligencia de negocios, data mart, toma de decisiones, Databricks, datos e información.

### **Abstract**

In this thesis, the design and implementation of a Business Intelligence (BI) model is proposed for the energy trading company Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., with the aim of strengthening strategic decision-making in the purchase and sale of electricity. This study is framed within the research line of Information and Communication Technologies of the University.

The research was developed under a qualitative, applied, and cross-sectional approach. A PESTEL analysis was applied to the external environment, and a survey validated through Aiken's V coefficient was used for the internal diagnosis. The results reveal limitations in data management and the use of information, as well as the need to implement tools that enable the consolidation of dispersed information, the automation of data-related processes, and the generation of various analysis.

Based on this diagnosis and supported by theoretical foundations, a multi-layer BI architecture model was designed, featuring a star-schema dimensional structure composed of a data mart and seven dimensions. The implementation plan includes ETL processes using Azure Data Factory and Azure Databricks, a data mart hosted in Microsoft SQL, and visualization through Microsoft Power BI. The implementation plan also proposes a schedule, monitoring indicators, and risk-mitigation strategies.

It is concluded that the proposal is feasible. The BI model will generate a measurable impact on the management of Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., reducing the average report generation time by 80% through the automation of ETL processes and data source consolidation. Additionally, an estimated savings of 5% to 10% in electricity purchase costs is projected, thanks to the use of predictive analytics to anticipate energy market behavior.

**Keywords:** Business Intelligence, data mart, decision-making, Databricks, data and information.

## Contenido

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>10</b>
<b>Lista de Tablas</b> .....	<b>11</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>14</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>17</b>
<i>Objetivo general</i> .....	17
<i>Objetivos específicos</i> .....	17
<b>Justificación</b> .....	<b>18</b>
<b>Marco Institucional</b> .....	<b>21</b>
<i>Presentación de la empresa</i> .....	21
<i>Referentes estratégicos</i> .....	21
<i>Estructura organizacional</i> .....	23
<i>Productos o servicios ofertados</i> .....	24
<i>Análisis del sector</i> .....	25
<i>Análisis institucional y relación con el modelo de inteligencia de negocios</i> .....	30
<b>Marco de Referencia</b> .....	<b>32</b>
<i>La toma de decisiones y el conocimiento</i> .....	32
<i>La información, los datos y sus transformaciones</i> .....	34
<i>La inteligencia de negocios, una aproximación para su entendimiento</i> .....	36
<i>Gestión de la información y modelos predictivos en el sector energético</i> .....	39
<i>Casos de estudio y beneficios del BI en el sector energético</i> .....	40
<i>Modelos Predictivos y Analítica Avanzada</i> .....	41
<i>Transformación Digital y Gestión de la Información en el Sector Energético</i> .....	42
<i>Componentes y Arquitectura de la Inteligencia de Negocios</i> .....	42

<i>Desafíos y Consideraciones para la Implementación de BI en Energía.....</i>	<i>43</i>
<i>Componentes de los sistemas de Inteligencia de Negocios en el sector energético</i>	<i>45</i>
<i>Analítica Predictiva y Prescriptiva en el Contexto Energético .....</i>	<i>46</i>
<i>Gestión y Análisis de Big Data en Energía.....</i>	<i>47</i>
<i>Tecnologías Emergentes en Inteligencia de Negocios.....</i>	<i>47</i>
<i>Principios de Sustentabilidad y Responsabilidad Ambiental .....</i>	<i>48</i>
<i>Desafíos y Mejores Prácticas en la Implementación de BI.....</i>	<i>49</i>
<i>Modelos para la implementación de proyectos de BI .....</i>	<i>49</i>
<i>Aplicación de la inteligencia de negocios en la comercialización de energía en Colombia .....</i>	<i>51</i>
<i>Metodologías para la implementación de proyectos de BI .....</i>	<i>52</i>
<i>Metodología Kimball.....</i>	<i>52</i>
<i>Metodología Inmon .....</i>	<i>53</i>
<i>Metodología Hefestos .....</i>	<i>54</i>
<i>Metodología Agile para BI .....</i>	<i>55</i>
<i>Arquitectura para la implementación de proyectos de BI.....</i>	<i>55</i>
<i>Modelos de análisis predictivos .....</i>	<i>57</i>
<i>Modelo de optimización de compra de energía. ....</i>	<i>57</i>
<i>Herramientas para el análisis de datos.....</i>	<i>58</i>
<b>Diseño Metodológico .....</b>	<b>61</b>
<i>Tipo de investigación .....</i>	<i>61</i>
<i>Análisis externo .....</i>	<i>61</i>
<i>Variables políticas .....</i>	<i>61</i>
<i>Variables económicas .....</i>	<i>62</i>
<i>Variables sociales .....</i>	<i>64</i>

MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA SOL&CIELO ENERGÍA S.A.S. E.S.P.	10
Variables tecnológicas .....	65
Variables Ecológicas / ambientales .....	66
Variables legales .....	66
<i>Análisis interno</i> .....	67
<i>Población, muestra y ficha técnica</i> .....	68
<i>Identificación de las variables</i> .....	70
<i>Instrumento de análisis interno</i> .....	73
<i>Validación del instrumento de medición</i> .....	75
<i>Resultados</i> .....	77
<b>Diagnóstico Organizacional .....</b>	<b>81</b>
<i>Procesamiento estadístico de datos</i> .....	81
<i>Análisis de los resultados</i> .....	81
Planeación estratégica .....	83
Herramientas de inteligencia de negocios .....	85
Gestión de los datos .....	86
Importancia de la inteligencia de negocios para la toma de decisiones .....	87
Medición y seguimiento de KPI's y métricas .....	89
<b>Plan de Intervención .....</b>	<b>91</b>
<i>Modelo de inteligencia de negocios</i> .....	91
Necesidades de información .....	93
Fuentes de datos .....	94
Procesamiento de archivos en el repositorio intermedio .....	95
Almacenamiento .....	98
Modelado de Datos .....	100
Extracción, transformación y carga (ETL) .....	113

MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA SOL&CIELO ENERGÍA S.A.S. E.S.P.	11
Visualización .....	129
Calidad y gestión del dato .....	134
<i>Plan de implementación</i> .....	136
Cronograma de actividades .....	137
Recurso humano .....	140
Recurso tecnológico.....	142
Costos estimados de la implementación.....	143
Indicadores de Seguimiento.....	147
Riesgos y Mitigación .....	147
Entregables tempranos .....	153
Plan de gestión del cambio y monitoreo de KPIs.....	154
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>156</b>
<i>Conclusiones</i> .....	156
<i>Recomendaciones</i> .....	157
Primera recomendación. Fortalecer la gestión integral de datos como eje estratégico de la organización. ....	157
Segunda recomendación. Implementar gradualmente el modelo de inteligencia de negocios con una visión de analítica avanzada .....	158
Tercera recomendación. Consolidar un plan de implementación sostenible con enfoque en talento humano y gestión del cambio .....	158
<i>Lecciones aprendidas y recomendaciones</i> .....	159
<b>Referencias .....</b>	<b>161</b>
<b>Anexo A. Carta de aval de la empresa para realizar la intervención.....</b>	<b>168</b>
<b>Anexo B. Gráficas con los resultados de la encuesta para el análisis interno..</b>	<b>169</b>
<b>Anexo C. Diccionario de datos del repositorio intermedio .....</b>	<b>175</b>



## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Unidad visionaria de Sol&Cielo.....	21
<b>Figura 2</b> Comparativo de tarifas de energía marzo a junio de 2024 .....	22
<b>Figura 3</b> Estructura del grupo empresarial MATER .....	23
<b>Figura 4</b> Organigrama de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. ....	24
<b>Figura 5</b> Servicios de Sol&Cielo.....	25
<b>Figura 6</b> Tasas de crecimiento en volumen sector suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Segundo trimestre 2024pr .....	26
<b>Figura 7</b> Demanda mensual de energía eléctrica en el SIN a 2024p .....	27
<b>Figura 8</b> Crecimiento de la demanda y contribuciones por áreas.....	28
<b>Figura 9</b> Agentes activos en 2024 del mercado energético en Colombia.....	29
<b>Figura 10</b> Registro de nuevos agentes en el mercado energético.....	30
<b>Figura 11</b> Capas de la arquitectura de Inteligencia de Negocios.....	38
<b>Figura 12</b> Diagrama del ciclo de vida dimensional.....	53
<b>Figura 13</b> Modelo de almacenamiento de datos .....	54
<b>Figura 14</b> Escala de medición .....	68
<b>Figura 15</b> Resultado V de Aiken para Planeación estratégica.....	77
<b>Figura 16</b> Resultado V de Aiken para Herramientas de inteligencia de negocios .....	78
<b>Figura 17</b> Resultado V de Aiken para Gestión de los datos .....	78
<b>Figura 18</b> Resultado V de Aiken para Importancia de la inteligencia de negocios para la toma de decisiones .....	79
<b>Figura 19</b> Resultado V de Aiken para Medición y seguimiento de KPI y métricas .....	79
<b>Figura 20</b> Arquitectura del modelo de BI.....	92
<b>Figura 21</b> Modelo físico de la base de datos intermedia.....	96

MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA SOL&CIELO ENERGÍA S.A.S. E.S.P.	11
<b>Figura 22</b> Procedimiento de cargue mensual.....	98
<b>Figura 23</b> Modelo de BI propuesto resumido .....	99
<b>Figura 24</b> Visualización aspectos generales .....	130
<b>Figura 25</b> Visualización componente de Tarifas .....	131
<b>Figura 26</b> Visualización componente de Consumo .....	132
<b>Figura 27</b> Visualización componente de Seguimiento .....	133
<b>Figura 28</b> Visualización componente pronósticos.....	134
<b>Figura 29</b> Perfil del personal que respondió la encuesta .....	169
<b>Figura 30</b> Percepción de la importancia de la Inteligencia de Negocios en la Planeación Estratégica .....	170
<b>Figura 31</b> Percepción sobre la necesidad y potencial de herramientas de Inteligencia de Negocios .....	171
<b>Figura 32</b> Percepción sobre la gestión de los datos en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. .....	172
<b>Figura 33</b> Percepción sobre la Importancia de la Inteligencia de Negocios para la toma decisiones .....	173
<b>Figura 34</b> Percepción sobre la importancia de la medición y seguimiento de KPI y métricas.....	174

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Modelos de Inteligencia de Negocios .....	50
<b>Tabla 2</b> Herramientas requeridas para la implementación del modelo de optimización de compra de energía .....	58
<b>Tabla 3</b> Comparación de algunas herramientas de análisis en cuatro dimensiones diferentes .....	60
<b>Tabla 4</b> Ficha técnica.....	69
<b>Tabla 5</b> Operacionalización de las variables del estudio.....	72
<b>Tabla 6</b> Instrumento de medición propuesto .....	73
<b>Tabla 7</b> Perfil de los jueces evaluadores del instrumento .....	75
<b>Tabla 8</b> Línea base y objetivos del modelo BI .....	82
<b>Tabla 9</b> Diseño físico de la dimensión Fecha (DimFecha).....	102
<b>Tabla 10</b> Diseño físico de la dimensión Ubicación (DimUbicacion).....	103
<b>Tabla 11</b> Diseño físico de la dimensión Tarifa (DimTarifa).....	103
<b>Tabla 12</b> Diseño físico de la dimensión Tarifa del Operador de Red (DimTarifaOperador) .....	104
<b>Tabla 13</b> Diseño físico de la dimensión Tasa de seguridad (DimTasa) .....	105
<b>Tabla 14</b> Diseño físico de la dimensión Alumbrado público (DimAlumbrado).....	105
<b>Tabla 15</b> Diseño físico de la dimensión Cliente (DimCliente).....	107
<b>Tabla 16</b> Diseño físico de la tabla de hechos Comercialización de Energía (HechosComEnergia).....	109
<b>Tabla 17</b> Transformación de la dimensión tiempo.....	114
<b>Tabla 18</b> Transformación de la dimensión ubicación .....	115
<b>Tabla 19</b> Transformación de la dimensión tarifa.....	116

MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA SOL&CIELO ENERGÍA S.A.S. E.S.P.	12
<b>Tabla 20</b> Transformación de la dimensión tarifa operador .....	117
<b>Tabla 21</b> Transformación de la dimensión tasa.....	117
<b>Tabla 22</b> Transformación de la dimensión alumbrado público .....	118
<b>Tabla 23</b> Transformación de la dimensión cliente .....	120
<b>Tabla 24</b> Transformación de la tabla de hechos comercializacion energía.....	123
<b>Tabla 25</b> Componentes del plan de implementación .....	136
<b>Tabla 26</b> Cronograma de actividades.....	138
<b>Tabla 27</b> Recurso humano requerido .....	142
<b>Tabla 28</b> Recursos tecnológicos.....	142
<b>Tabla 29</b> Presupuesto para la implementación del proyecto.....	144
<b>Tabla 30</b> Análisis de costos del modelo BI (horizonte 12 meses) .....	145
<b>Tabla 31</b> Indicadores de seguimiento.....	147
<b>Tabla 32</b> Plan de riesgos .....	148
<b>Tabla 33</b> Quick Wins del proyecto .....	153
<b>Tabla 34</b> Estrategia de gestión del cambio .....	154
<b>Tabla 35</b> Monitoreo de KPIs del plan de implementación .....	155
<b>Tabla 36</b> Diseño de la tabla ctl.Cargas.....	175
<b>Tabla 37</b> Diseño de la tabla err.ErroresCarga.....	175
<b>Tabla 38</b> Diseño de la tabla Cliente.....	176
<b>Tabla 39</b> Diseño de la tabla Ind.ActividadEconomica.....	177
<b>Tabla 40</b> Diseño de la tabla Ind.OperadorRed .....	177
<b>Tabla 41</b> Diseño de la tabla Ind.Estrato.....	178
<b>Tabla 42</b> Diseño de la tabla Ind.NivelTension .....	178
<b>Tabla 43</b> Diseño de la tabla Ind.TarifaOperador.....	178
<b>Tabla 44</b> Diseño de la tabla Ind.Tarifa .....	179

<b>Tabla 45</b> Diseño de la tabla Ind.MatrizFronteras .....	179
<b>Tabla 46</b> Diseño de la tabla Ind.AlumbradoPublico .....	180
<b>Tabla 47</b> Diseño de la tabla Ind.Parametro .....	181
<b>Tabla 48</b> Diseño de la tabla Ind.TasaSeguridad.....	181

## Introducción

El presente trabajo de grado se desarrolla en el campo de la Inteligencia de Negocios (BI), disciplina que integra procesos, metodologías y tecnologías para transformar datos en información estratégica que facilite la toma de decisiones organizacionales. Este trabajo se realiza bajo la modalidad de Trabajo Dirigido, en articulación con la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.<sup>1</sup>, con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en la Maestría en Inteligencia de Negocios al diseño e implementación de una solución que aporte valor estratégico y operativo a la organización. La intervención se desarrolla en la línea de investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la Universidad EAN, adscrita al grupo de investigación Tecnológico ONTARE, y tiene como objetivo diseñar un modelo de BI para la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., orientado a optimizar la gestión de la información y mejorar su competitividad en el mercado energético de la región Caribe.

El problema central que afronta Sol&Cielo radica en la dispersión, gestión y limitado aprovechamiento de los datos generados en su operación comercial. Actualmente, la información se trabaja en hojas de cálculo sin estandarización ni procesos de integración, lo que genera riesgos de calidad, duplicidad de registros, fragmentación y retrasos en el análisis. Esta situación limita la capacidad de la empresa para anticipar variaciones de precios en el mercado mayorista y cambios en la demanda de energía de sus clientes. En un sector caracterizado por la volatilidad de precios, la presión regulatoria hacia la sostenibilidad y la creciente penetración de energías renovables, estas limitaciones representan una desventaja competitiva (UPME, 2024).

---

<sup>1</sup> Sol&Cielo S.A.S Comercializadora empresa creada en 2022, se dedica a la comercialización de energía eléctrica en el mercado mayorista y a usuarios finales. Su sede principal se encuentra en Montería, Córdoba y cuenta con sucursales en Sincelejo, Barranquilla, Cartagena y Cúcuta.

Teniendo en cuenta las limitaciones antes mencionadas, de acuerdo con la literatura la inteligencia de negocios es un factor clave para transformar datos en conocimiento accionable. Joyanes (2019) plantea que la inteligencia de negocios permite identificar patrones, proyectar escenarios y apoyar decisiones estratégicas en entornos complejos. Adicionalmente, Sharda et al. (2024) destacan la relevancia de integrar analíticas para anticipar y conocer los comportamientos del mercado, lo cual es especialmente pertinente en el sector energético. Casos de aplicación, como Iberdrola en España, muestran cómo la combinación de la inteligencia de negocios e inteligencia artificial generativa ha permitido optimizar la operación y reducir costos en la comercialización de energía (Cio, 2024).

De allí que el presente trabajo se oriente a resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un modelo de inteligencia de negocios que permita a Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. consolidar y analizar su información comercial y de consumo para optimizar la toma de decisiones estratégicas en la comercialización de energía?

La pertinencia de esta pregunta radica en que no solo busca responder a una necesidad particular de Sol&Cielo, sino que también aporta un esquema replicable para otras comercializadoras del sector. Al integrar buenas prácticas de BI, analítica avanzada y gobernanza de datos, se genera una propuesta con impacto académico, empresarial y social.

La estructura del presente documento se organiza en seis apartados principales. En el Marco Institucional se presenta la descripción general de Sol&Cielo. En el Marco de Referencia se expone los conceptos teóricos relacionados con datos, información, conocimiento, inteligencia de negocios, modelos predictivos, metodologías de implementación y casos aplicados al sector. En el Diseño Metodológico se describe el enfoque cualitativo y transversal de la investigación, el análisis del entorno externo y la

validación del instrumento interno mediante el coeficiente V de Aiken (Escurra Mayaute, 1988). Posteriormente, en el Diagnóstico Organizacional se analizan los resultados de la encuesta aplicada a 32 colaboradores, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Con base en estos insumos, se plantea el Plan de Intervención, que integra la arquitectura multicapa propuesta, los procesos ETL en Azure Data Factory y Azure Databricks, el modelo dimensional tipo estrella, la visualización en Power BI, el cronograma de actividades, indicadores de seguimiento y riesgos asociados, En las Conclusiones y Recomendaciones se resumen los principales hallazgos y se plantean sugerencias para la sostenibilidad de la solución propuesta.

Finalmente, este trabajo busca resaltar que la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. es factible, necesaria y alineada con su estrategia corporativa. La aplicación de esta solución permitirá a la empresa disponer de un repositorio unificado de datos y reportes, que optimizará los procesos de análisis comercial, mejorará la planeación de compras y ventas de energía y reducirá los tiempos de respuesta ante variaciones del mercado. Este beneficio inmediato impacta directamente en la eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad de la organización.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar un Modelo de Inteligencia de Negocios para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### **Objetivos específicos**

- Identificar en la literatura los referentes teóricos necesarios para la definición de variables que se requieren para la construcción de un modelo de inteligencia de negocios.
- Realizar un diagnóstico interno y externo para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.
- Estructurar los elementos y características del modelo de inteligencia de negocios para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.
- Definir el plan de implementación del modelo de inteligencia de negocios propuesto para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### **Justificación**

La implementación de un modelo de inteligencia de negocios para la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. traerá múltiples beneficios que se alinearán directamente con la estrategia de la organización, centrada en la adquisición eficiente de energía al mejor precio para comercializarla de forma competitiva. Estos beneficios se reflejarán en la mejora de la competitividad, la optimización de procesos y una gestión más precisa de los recursos energéticos.

Gracias al análisis en tiempo real de los precios del mercado y a las previsiones basadas en tendencias históricas, la comercializadora podrá comprar energía en momentos más favorables. Adicionalmente, se espera mejorar la calidad de las decisiones estratégicas, ya que estas serán basadas en datos para analizar tendencias, proyectar escenarios y buscar reducir la incertidumbre y el riesgo en las decisiones.

La aplicación de una metodología de diagnóstico permitirá a la comercializadora identificar debilidades en su actual gestión del consumo de energía, permitiendo implementar planes de mejora enfocados en áreas críticas y alineado con las tendencias energéticas actuales permitirá a la comercializadora posicionarse como líder en innovación y sostenibilidad. Los resultados esperados del proyecto se alinean con la estrategia de la comercializadora de energía Sol&Cielo en varios aspectos como son ofrecer precios competitivos mientras mantiene márgenes saludables, capacidad de la empresa para ofrecer precios ajustados a las necesidades del cliente final, mientras reduce costos y está en constante evolución, con tendencias regulatorias y económicas que exigen una gestión más eficiente de los recursos energéticos.

El mercado energético actual está marcado por la fluctuación de precios debido a la oferta y demanda, así como por la presión regulatoria hacia la sostenibilidad. Según estudios recientes, las empresas que implementan tecnologías de análisis predictivo en la gestión de recursos energéticos experimentan una reducción significativa en costos

operativos (Iyer & Srivastava, 2021) Además, de acuerdo con la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, 2022), las empresas que logran ajustar sus precios y estrategias a las fluctuaciones del mercado y las necesidades de los clientes tienden a tener mayores tasas de retención y adquisición de clientes.

Para garantizar el éxito de la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., es esencial evaluar la factibilidad del proyecto en función de varios criterios clave. El éxito del proyecto depende de la disponibilidad y calidad de los datos de consumo energético de los clientes. En este sentido, la comercializadora cuenta con la infraestructura adecuada, como medidores inteligentes y sistemas de gestión de datos que ya están en funcionamiento, lo que facilita la recopilación de datos relevantes. Además, la empresa puede integrar fuentes externas, como precios del mercado energético y factores climáticos, gracias a su acceso a plataformas del sector energético.

En el caso de la comercializadora de energía Sol&Cielo, la directiva ha mostrado un claro interés en mejorar su competitividad en el mercado energético a través de la optimización de las compras de energía y la personalización de su oferta. La alta dirección entiende que la implementación de BI puede proporcionar una ventaja competitiva significativa. La comercializadora es una empresa de tamaño mediano, lo que implica que cuenta con una estructura organizativa flexible y lo suficientemente robusta para implementar mejoras de este tipo de una manera ágil y de forma rápida.

La implementación de un modelo de inteligencia de negocios requiere recursos tanto tecnológicos como humanos. La comercializadora cuenta con sistemas de gestión de datos ya establecidos, pero es probable que necesite realizar inversiones adicionales en infraestructura de análisis de datos y herramientas de BI especializadas las cuales serán analizadas más adelante. Dado que la empresa ya tiene acceso a la información necesaria y el apoyo de la alta dirección, y considerando que los recursos tecnológicos y

humanos están disponibles, la probabilidad de cumplir con los plazos es alta. Además, el tamaño de la empresa permite una mayor flexibilidad en la toma de decisiones y la implementación de cambios, lo que favorece un avance ágil en cada fase del proyecto.

En consecuencia, se espera que la implementación del modelo de inteligencia de negocios produzca resultados que sean medibles y fortalezcan la competitividad y eficiencia operativa de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. Entre las metas cuantificables se proyecta una reducción de al menos un 80% en el tiempo promedio de generación de reportes, una disminución entre el 5% y el 10% de los costos asociados a la compra de energía mediante análisis predictivo de precios y de demanda, y una precisión mínima del 90% en los pronósticos del consumo energético. Estos indicadores permitirán evaluar objetivamente el impacto del modelo BI en la toma de decisiones estratégicas de la comercializadora.

Con base en los criterios evaluados, se concluye que la implementación del proyecto de inteligencia de negocios en la comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. es factible.

De acuerdo con la filosofía institucional de la Universidad EAN, el presente trabajo se enmarca en el campo Ciencia, Tecnología e Innovación y corresponde al Grupo de investigación Tecnológico ONTARE y la línea de investigación Tecnologías de Información y Comunicaciones.

## **Marco Institucional**

### **Presentación de la empresa**

Sol&Cielo se dedica principalmente a la instalación de sistemas fotovoltaicos, la ejecución de proyectos eléctricos y comercialización de energía eléctrica en el mercado mayorista y a usuarios finales. Su sede principal está en la ciudad de Montería, y recientemente ha expandido sus operaciones con nuevas sucursales en Sincelejo y Barranquilla (Sol&Cielo, 2024a).

La empresa cuenta con 34 empleados permanentes y 30 profesionales contratados bajo la modalidad de prestación de servicios. Además, tiene una junta directiva compuesta por cuatro personas y una asamblea integrada por siete socios. Sus clientes se distribuyen en diversos municipios de los departamentos de Córdoba y Sucre. Entre los proyectos más destacados en el área de generación de energía se encuentra la granja solar SOL&CIELO, ubicada en Montería y con una capacidad de generación de 9.9 MW. En el ámbito de comercialización de energía, la empresa atiende tanto a clientes del mercado regulado como del no regulado.

En agosto, la comercializadora sumó 19 nuevos clientes que representan un aumento de 19.1% respecto al mes anterior. La venta de energía del último año ha sido de 50.000Kw en promedio mensual (Sol&Cielo, 2024b). El presente trabajo se enfocará en el área de comercialización de energía eléctrica, abarcando la compra y venta de energía eléctrica en el mercado mayorista, así como la venta a usuarios finales.

### **Referentes estratégicos**

Actualmente la empresa se encuentra en un proceso de rediseño estratégico e implementación de la cultura organizacional, asesorados por la compañía Cúbico Empresarial. La unidad visionaria oficial se presenta en Figura 1.

### **Figura 1**

Unidad visionaria de Sol&Cielo

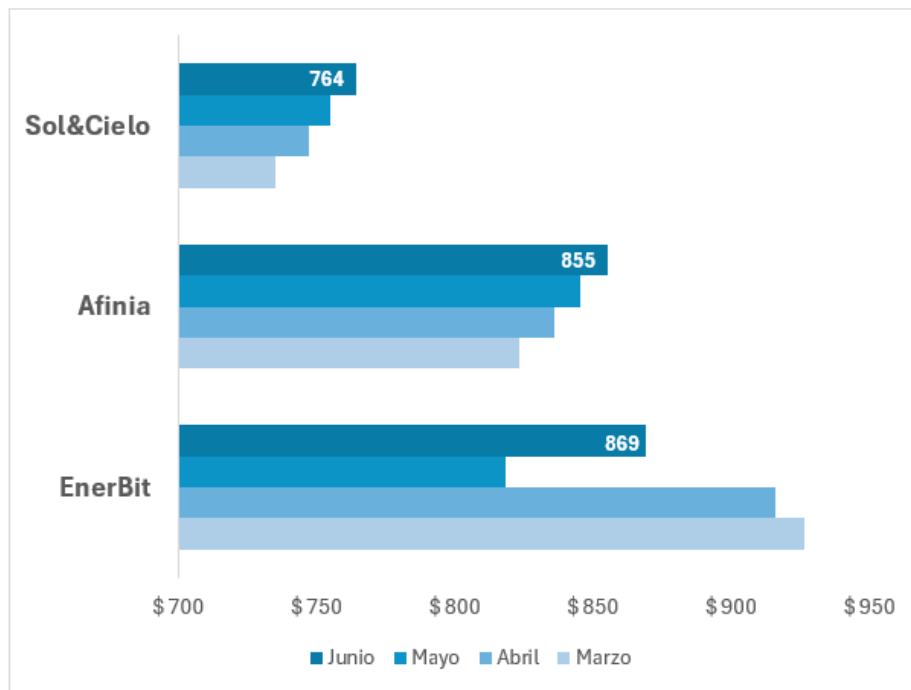


Nota. Tomado de Sol&Cielo (2024c)

Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. se diferencia en el mercado por ofrecer precios competitivos en la comercialización de energía como se muestra en la Figura 2, lo que permite a sus clientes acceder a soluciones energéticas a costos más bajos. Además, ofrece tecnología de medición de consumos en tiempo real, que ayuda a sus clientes a controlar y analizar sus patrones de consumos (Sol&Cielo, 2024b).

**Figura 2**

*Comparativo de tarifas de energía marzo a junio de 2024*



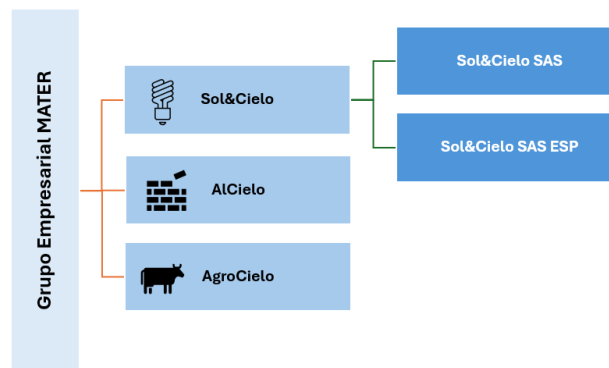
Nota. Tomado de Sol&Cielo (2024b)

### Estructura organizacional

Sol&Cielo está conformada por dos empresas: Sol&Cielo S.A.S., creada en 2018, se enfoca en el desarrollo de plantas de energía solar, y Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., creada en 2022 lidera la comercialización de energía eléctrica. Como se muestra en la Figura 3, esta compañía hace parte del grupo empresarial Mater (Sol&Cielo, 2024c).

### Figura 3

*Estructura del grupo empresarial MATER*

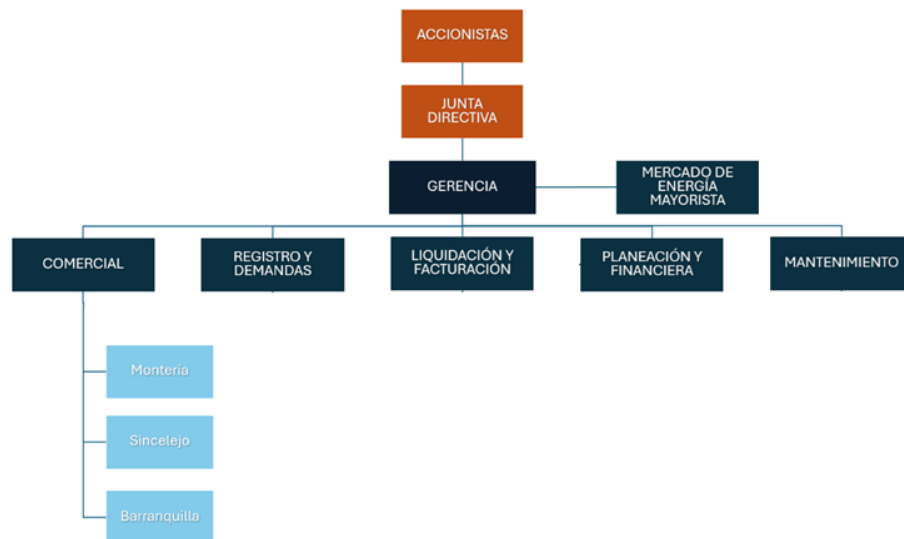


*Nota.* Tomado de Sol&Cielo (2024c)

Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. dirige las áreas eje de su actividad económica: el área comercial lidera las sucursales; registro y demandas se encarga del proceso de instalación y registro de los nuevos clientes; liquidación y facturación soporta el tema de cobro de los servicios prestados y el área de mercado de energía mayorista se dedica a las negociaciones de energía en la bolsa. Los procesos de apoyo como talento humano, nómina, contabilidad y otros servicios administrativos son gestionados por el grupo Mater para todas las empresas que lo conforman. En la Figura 4 se puede observar la distribución de los empleos en la comercializadora.

**Figura 4**

*Organigrama de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.*



*Nota.* Tomado de Sol&Cielo (2024c)

### **Productos o servicios ofertados**

Además de sus servicios de instalación de plantas solares y comercialización de energía, Sol&Cielo ofrece asesoría especializada a sus clientes, facilitando el acceso a los beneficios tributarios asociados al uso de energías limpias. Como se muestra en la Figura 5, la empresa también cuenta con un centro de control avanzado, encargado del monitoreo continuo y el análisis detallado de sus operaciones, garantizando la optimización y el rendimiento eficiente de los sistemas instalados (Sol&Cielo, 2024c).

## Figura 5

### Servicios de Sol&Cielo



*Nota.* Adaptado a partir de Sol&Cielo (2024c)

### Análisis del sector

Una de las tendencias globales se relaciona con la preocupación de los efectos del cambio climático y los retos que enfrenta el mundo debido a sus causas. En este sentido, desarrollar estrategias y poder tomar medidas de mitigación y adaptación es una responsabilidad global que ha desencadenado en una serie de acuerdos internacionales, por ejemplo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS, en el cual se plasma la energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, vida de ecosistemas terrestres, entre otros (Corficolombiana, 2024b).

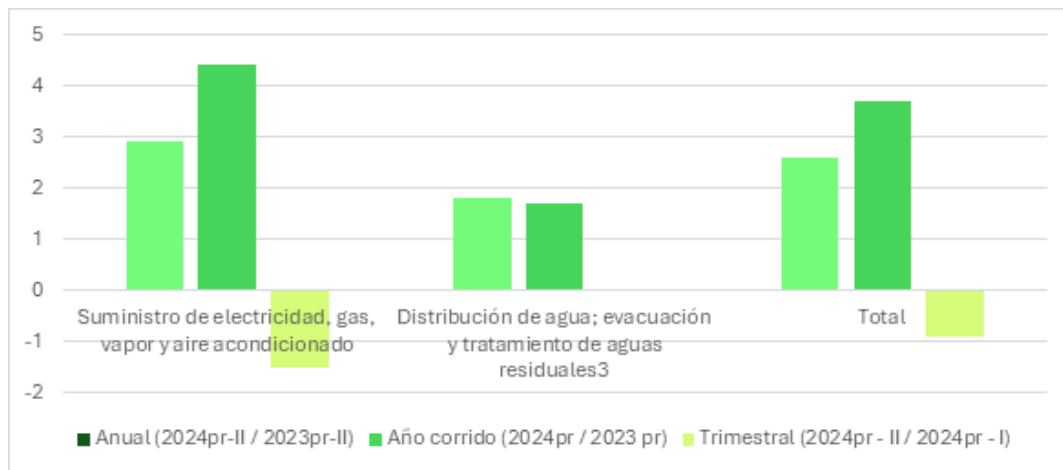
De acuerdo con el gobierno nacional en el marco del ODS 7 “Energía asequible y no contaminante”, la energía eléctrica es uno de los principales motores para el desarrollo del país. Esto implica poder garantizar la confiabilidad del servicio y ofrecer mejores condiciones a todos los usuarios del territorio nacional. En este sentido, es clave garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna, avanzar en la universalización del servicio de energía eléctrica a través de la ampliación de cobertura

y finalmente contribuir al desarrollo económico a partir de eficiencia energética, nuevos energéticos y minerales estratégicos para la transición (DNP, 2023b).

De acuerdo con el DANE (2024a), en relación con la producción nacional, el valor agregado de la actividad del suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado para el segundo trimestre de 2024pr<sup>2</sup>, presentó un crecimiento del 2,6% en su serie original, respecto al mismo periodo de 2023pr. Respecto con el año corrido 2024pr frente a 2023pr fue del 3.7%. Sin embargo, en relación con el trimestre inmediatamente anterior, en su serie ajustada por efecto estacional y calendario, el valor agregado de la actividad suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado; decrece en 0,9%, esto se explica por un crecimiento negativo del 1,5% de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado tal y como se presenta en la Figura 6.

**Figura 6**

*Tasas de crecimiento en volumen sector suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Segundo trimestre 2024pr*



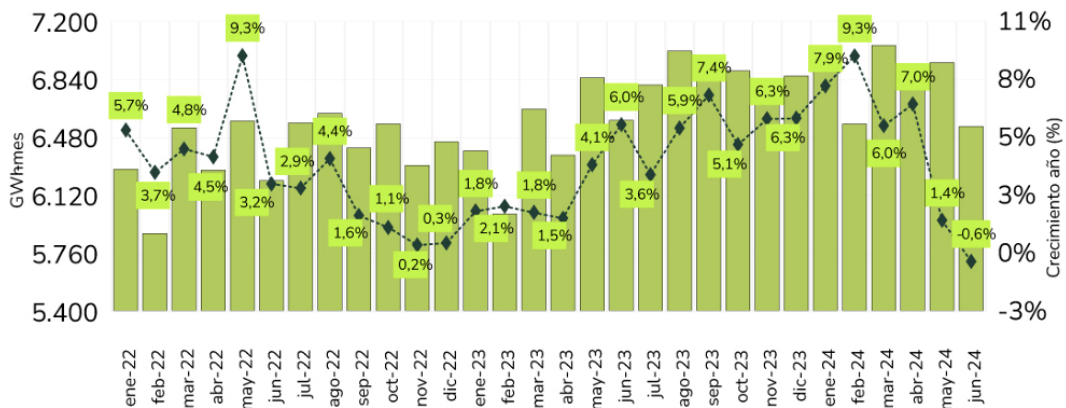
*Nota.* Adaptado a partir de DANE (2024a). La sigla pr indica que los valores corresponden a cifras preliminares (DANE, 2025a)

<sup>2</sup> Cifra preliminar (pr): versión de los resultados de una estadística oficial elaborada con la información disponible al momento de su publicación y que puede ser perfeccionada posteriormente para ampliar su cobertura, precisión y exactitud (DANE, 2025a)

De acuerdo con Corficolombiana, a julio de 2024 el crecimiento del sector del 2.6% para el segundo trimestre se explica gracias al crecimiento del 3,5% de energía en relación con 1,5% de agua y 1,2% de gas, esto como resultado a la tendencia de aumento en la demanda de energía como resultado de la desaceleración en el crecimiento de esta en el sector regulado (hogares y pequeñas industrias) como resultado de las estrategias para mitigar los efectos del fenómeno de El Niño (Corficolombiana, 2024b). Como se muestra en la Figura 7, la demanda promedio mensual de energía eléctrica se situó en los 6.837 GWh-mes (i.e. 225,41 GWh-día) y con un crecimiento promedio mes del 7,8% con respecto al mismo período de 2023 teniendo en cuenta que para este año hubo una mayor afectación del fenómeno de El Niño (UPME, 2024).

**Figura 7**

*Demanda mensual de energía eléctrica en el SIN a 2024p*



*Nota.* Adaptado a partir de UPME (2024).

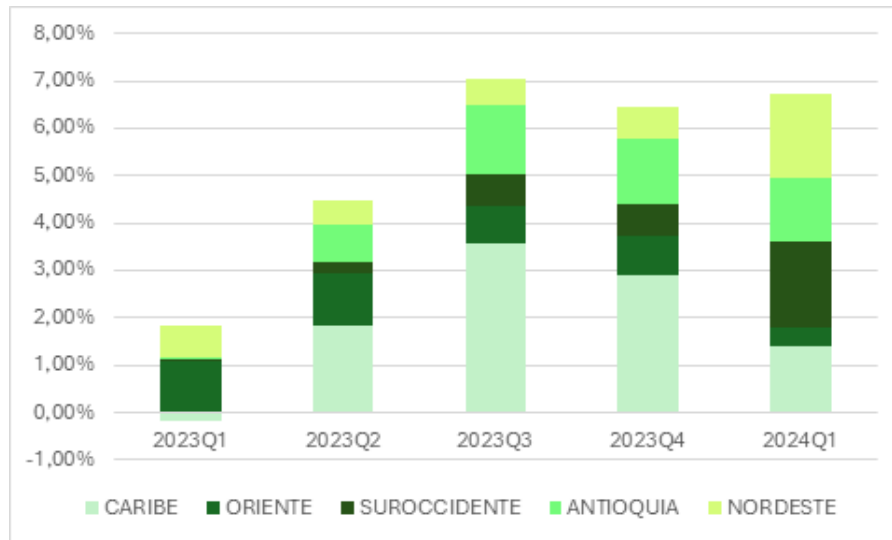
Las estimaciones de la demanda de energía eléctrica a mediano plazo, es decir, hasta 2036, muestran un crecimiento positivo con un crecimiento anual promedio entre 2,22% y el 3,33% para lo cual se espera a 2036 un consumo estimado de 105.102 GW, la demanda para 2021 fue de 72.824 GW, lo que muestra un sector dinámico y en

crecimiento. Para el período 2022 a 2036, la estimación del crecimiento mensual promedio de la demanda por región se destaca Costa-Caribe (i.e. 2.153 GWh-mes) con un 3,90%, Oriente (i.e. 837 GWh-mes) con 2,99%, Tolima Grande (i.e. 347 GWh-mes) con 2,66%, Centro (i.e. 1.705 GWh-mes) con 2,24% y Sur (i.e. 193 GWh-mes) con 1,97% (UPME, 2022).

Así mismo, la demanda de energía eléctrica para el área caribe en donde se ubica Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. presentó un crecimiento anual en 2023 del 7,23%. En general, esta región tiene las mayores participaciones en relación con el crecimiento anual de la demanda, tal y como se presenta en la Figura 8. Se resalta que, para el primer trimestre de 2024, las actividades económicas que explican este crecimiento son: construcción, industria manufacturera, distribución de agua, alojamiento y servicios de comida y actividades de servicios administrativos y de apoyo (UPME, 2024).

**Figura 8**

*Crecimiento de la demanda y contribuciones por áreas*



*Nota.* Adaptado a partir de UPME (2024).

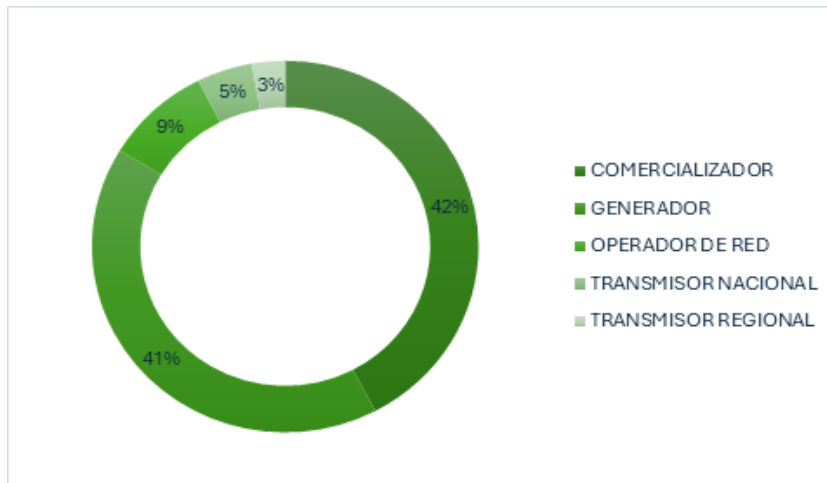
Ahora bien, de acuerdo con los datos de la Cámara Colombiana de la Energía, la demanda comercial en Gwh para 2022 fue de 76.280,1, de los cuales 24.978,3

corresponde a los no regulados y 51.301,8 para regulados, mientras que en 2023 fue de 79.526,7 (25.461,5 para no regulados y 54.085,1 para regulados). Esta demanda se soporta en los 15.658.596 clientes para 2022 y 16.784.789 en 2023 (CEnergía, 2024).

En relación con la estructura del mercado, de acuerdo con XM, empresa encargada en Colombia de la administración del mercado de energía mayorista y el desarrollo de soluciones y servicios de energía e información, para 2024 se tiene 324 agentes activos, donde, como se muestra en la Figura 9, el 42% (equivalente a 137) corresponde a empresas dedicadas a la comercialización de energía, el 41% (equivalente a 134) corresponden a generadores, el 9% a operadores de red, el 5% a transmisores nacionales y el 3% a transmisores regionales (XM, 2024).

### Figura 9

*Agentes activos en 2024 del mercado energético en Colombia*

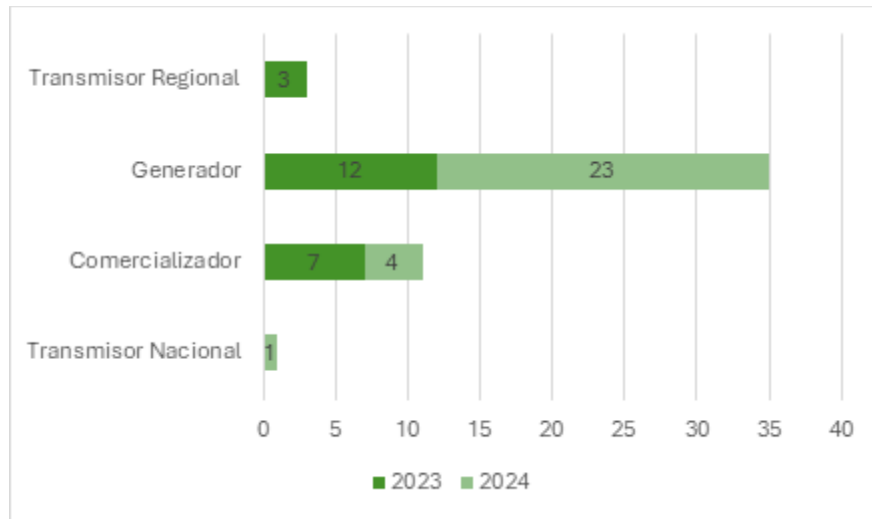


*Nota.* Adaptado a partir de XM (2024).

Entre 2023 y lo corrido en 2024 se han registrado un total de 50 nuevas empresas, 22 registradas en 2023 y 28 en 2024, de las cuales 11 están encaminadas a la comercialización (XM, 2024). En la Figura 10 se observa que entre 2023 y lo corrido en 2024 se han registrado un total de 50 nuevas empresas, 22 registradas en 2023 y 28 en 2024, de las cuales 11 están encaminadas a la comercialización.

**Figura 10**

*Registro de nuevos agentes en el mercado energético*



*Nota.* Adaptado a partir de XM (2024)

Por último, cabe destacar que para el mes de julio de 2024 los precios de energía en contratos de largo plazo se han acelerado en relación con el mes de enero (Pesos por KWh 320 regulado y 298 no regulado). Por otra parte, los precios para agosto de 2024 de bolsa posterior a la finalización del fenómeno de El Niño han permanecido por debajo de precios de escasez de activación (\$/kWh) que corresponde a 921 frente a los precios de Bolsa Nacional de 668 (Corficolombiana, 2024a).

### **Análisis institucional y relación con el modelo de inteligencia de negocios**

A partir de la caracterización realizada a la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., se identifican factores internos y externos que inciden directamente en la necesidad de implementar un modelo de inteligencia de negocios. Entre las fortalezas encontradas se destacan el compromiso de la alta dirección con la innovación tecnológica, la disponibilidad de datos históricos de consumo y la experiencia en el mercado de comercialización de energía. Como oportunidades, se evidencia la posibilidad de aprovechar la analítica de datos para anticipar comportamientos del mercado energético,

mejorar la planeación de compras y fortalecer la competitividad frente a nuevas comercializadoras.

Adicionalmente, las debilidades actuales se relacionan con la dispersión de la información entre diferentes sistemas operativos, la falta de automatización en los procesos de reportes y análisis de la información, y la limitada capacidad de generar indicadores en tiempo real. Estas limitaciones generan retrasos en la toma de decisiones y reducen la capacidad de respuesta ante la volatilidad de los precios de bolsa. Finalmente, entre las amenazas se encuentran la alta competencia del mercado, la variabilidad regulatoria y la necesidad de mantener márgenes competitivos en un entorno de precios fluctuantes.

En este contexto, el modelo de inteligencia de negocios propuesto se plantea como una respuesta directa a los principales retos identificados: permite integrar las fuentes de datos, automatizar procesos de análisis y visualización, reducir los tiempos de generación de reportes en un 80% y mejorar la precisión de los pronósticos de consumo en un 90%. De esta manera, el modelo BI se alinea con las prioridades estratégicas de Sol&Cielo al transformar estos datos en conocimiento útil para la toma de decisiones y el fortalecimiento competitivo en el mercado energético colombiano.

## **Marco de Referencia**

### **La toma de decisiones y el conocimiento**

En una sociedad caracterizada por cambios a gran velocidad, en donde la incertidumbre juega un papel preponderante, es importante contar con elementos objetivos para la toma de decisiones, especialmente, de aquellas de alto riesgo y gran apuesta o aquellas transversales, que son repetitivas, de riesgo significativo y que requieren trabajo en grupo, es una de las actividades más importantes en las organizaciones de todo tipo. En este sentido, la toma de decisiones basadas en información reduce los niveles de incertidumbre producida por factores externos como internos, así mismo, se busca conducir al éxito a las organizaciones y mejorar su desempeño. Las recompensas de tomar decisiones apropiadas pueden ser muy altas, al igual que las pérdidas de las inapropiadas (Sharda et al., 2024).

El pensamiento crítico es un aspecto fundamental que soporta la toma de decisiones. Éste forma parte de las habilidades que tiene el ser humano para poder entender y analizar el contexto y a partir del conocimiento, la experiencia, los hábitos, las creencias y las expectativas, así como el conocimiento previo y el conocimiento operativo que rige el actuar de una sociedad mediante la aplicación de normas y reglas, analiza de manera integral una situación para su valoración y finalmente, toma decisiones basadas en un conjunto de información, logrando disminuir los niveles de incertidumbre y riesgo (Oviedo Guevara, 2023).

El proceso de toma de decisiones contempla en general las siguientes fases: i) fase de inteligencia, en esta fase el tomador de decisiones examina el contexto externo e interno e identifica la situación problemática; ii) fase de diseño, se caracteriza por la construcción del modelo, es decir, se busca simplificar la realidad mediante la identificación de variables y las relaciones que existen entre ellas, así mismo, se establece los criterios de elección; iii) fase de elección, aquí se lleva a cabo la selección

de una de las posibles alternativas de solución de acuerdo con el modelo establecido, determinando la viabilidad de la misma; por último, iv) fase implementación de la decisión, aquí se tiene dos alternativas, por una parte cuando la implementación es exitosa y por tanto, resuelve el problema y por otra parte, cuando se fracasa con la solución se valida nuevamente otra posible solución para su posterior implementación (Sharda et al., 2024).

La toma de decisiones se fundamenta en el conocimiento, éste último se deriva de información, así como la información deriva de los datos y se genera como resultado del procesamiento técnico de estos últimos, por tanto, existe una relación directa entre datos, información y la generación de conocimiento. Si la información se transforma en conocimiento para el entendimiento de fenómenos sociales, económicos, demográficos y medio ambientales, se puede decir, que ha ocurrido la intervención de un ente inteligente (seres humanos), por lo tanto, las acciones de generación del conocimiento surgen a partir de las experiencias que pueden ser acumulables para entender un fenómeno conocido (Ahumada Tello & Perusquia Velasco, 2016).

La toma de decisiones es uno de los procesos más críticos en la gestión de cualquier empresa, y la inteligencia de negocios (BI) juega un papel fundamental en este asunto. En un entorno empresarial cada vez más volátil y complejo, contar con herramientas que permitan una comprensión precisa y en tiempo real de las variables más destacadas se convierte en un pilar estratégico para asegurar la competitividad. La toma de decisiones se basa en un proceso sistemático que incluye la recopilación, análisis y síntesis de información relevante para identificar problemas, evaluar alternativas y seleccionar las mejores opciones disponibles (Sharda et al., 2024). Este proceso, cuando está soportado por sistemas de inteligencia de negocios, permite no solo identificar patrones y tendencias, sino también predecir comportamientos futuros, lo cual es esencial en un sector como el energético donde la oferta y la demanda pueden variar drásticamente

debido a factores externos, como el clima o cambios regulatorios (Iyer & Srivastava, 2021).

En el marco del sector energético, la capacidad de tomar decisiones rápidas y precisas es vital, ya que la fluctuación de precios y la variabilidad en la demanda son constantes. La adopción de un modelo de inteligencia de negocios permite a las empresas acceder a datos en tiempo real y ajustar sus estrategias operativas y comerciales para maximizar la eficiencia y minimizar riesgos (Joyanes, 2019). Las decisiones basadas en datos precisos y oportunos no solo ayudan a mejorar la eficiencia operativa, sino que también aumentan la capacidad de las empresas para responder proactivamente a cambios en el mercado, asegurando así la sostenibilidad a largo plazo (Avendaño Delgado et al., 2023).

Por último, a través de la reflexión, se logra la transformación de la información en conocimiento, es importante tener en cuenta que una información en si misma sólo es un dato bruto que ha sido procesado, por ello, la información puede ser un “no-conocimiento”. Esto se agudiza en la actualidad, de acuerdo con la UNESCO (Bindé, 2005) se estima que la mitad de las informaciones que circulan en internet son falsas o inexactas. Lo anterior, implica la necesidad de garantizar un carácter reflexivo del juicio necesario para transformar una información en conocimiento, lo que supone dominar competencias cognitivas, críticas y teóricas. Por tanto, la bastedad de la información puede abrumar y descontextualizar la realidad, pero el conocimiento es precisamente lo que permite “orientarse en el pensamiento”.

### **La información, los datos y sus transformaciones**

En un contexto de era digital el concepto de la revolución de los datos abarca el movimiento de datos abiertos, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, el volumen de datos generados como resultado de la huella digital, la disponibilidad de macrodatos, el aumento de la colaboración pública (crowdsourcing), la

inteligencia artificial y el Internet de las cosas. De acuerdo con Naciones Unidas, el 90% de los datos en el mundo se ha creado en los últimos dos años y se predice un crecimiento de un 40% anual. En 2020 se crearon 64,2 Zettabytes de datos, lo que supone un aumento del 314% respecto a 2015. Gran parte de los datos generados proceden de las interacciones cotidianas con productos o servicios digitales, tales como teléfonos móviles, las tarjetas de crédito y las redes sociales (Naciones Unidas, 2024a).

Este volumen de información en temas sociales, económicos, ambientales, tecnológicos, demográficos y culturales, ha contribuido a disminuir las asimetrías de la información en cierta medida, sin embargo, una característica de la economía de mercado en primer lugar es la asimetría de información disponible y entendible (dificultades de vastedad de la información) para los diferentes agentes económicos y, en segundo lugar, se refiere a este rasgo como factor determinante en la distribución del ingreso, el crecimiento económico, la formación de los precios y en general a los ciclos y la política económica (Perrotini & Goethe, 2002).

En la actualidad, los datos han pasado de ser un recurso escaso, a convertirse en un gran recurso que requiere de ciertas habilidades para su aprovechamiento y comprensión. Cabe destacar que el valor de los datos no disminuye cuando estos se usan por lo que no se desgasta, adicionalmente, tiene la capacidad de reutilizarse y reprocesarse las veces que sea necesarios, no generan restricciones en términos de su uso, es decir, no es un bien denominado rival, por tanto, su uso por una persona no impide que los use otra. En realidad, hoy en día se presentan dificultades al contar con mucha más información, pues procesarla, filtrarla, analizarla, entenderla y sobre todo elegir fuentes objetivas para poder comprender un fenómeno y en especial poder tomar decisiones basada en datos (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019).

Es fundamental, disponer de la capacidad para identificar, producir, tratar, transformar, difundir y utilizar la información para generar conocimiento que nos permita cerrar

brechas de incertidumbre para la toma de decisiones. Además, implica, garantizar libertad de información, definida como el derecho a acceder a datos en posesión de los poderes públicos y obtener una información periódica sobre las iniciativas que éstos adoptan, así como el derecho a una información diversificada y de calidad, que exige un pluralismo de acceso. Lo anterior, debe permitir la realización de auténticas sociedades del conocimiento, los cual exigirá el desarrollo de capacidades individuales y colectivas (Bindé, 2005).

Por último, cabe destacar que, en los últimos años, los avances tecnológicos han contribuido a la generación de nuevas fuentes de datos, proveedores de datos, productores de estadísticas y en síntesis nuevos ecosistemas de datos. Asimismo, han surgido nuevas demandas hacia datos detallados y oportunos para la formulación de políticas en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. La generación de dicha información requiere de una guía para el desarrollo y la implementación de modelos de producción de información soportados en la calidad del dato, que permita contar con fuentes confiables de información en un entorno cambiante (Naciones Unidas, 2024a).

### **La inteligencia de negocios, una aproximación para su entendimiento**

La inteligencia de negocios es un conjunto de herramientas y procesos que permiten la gestión de grandes volúmenes de datos para su transformación en información útil y valiosa para facilitar en las organizaciones la toma de decisiones estratégicas y operativas. Esto implica poder brindar insumos para conocer el entorno, la organización de tal manera que se puedan establecer y definir patrones, tendencias, pronósticos y oportunidades de mejora para contribuir a la generación de valor, el fortalecimiento de la competitividad y sobre todo lograr el cumplimiento de la promesa de valor de la organización (Alvarado-Apodaca et al., 2023).

Desde esta perspectiva, la inteligencia de negocios debe concebirse como un elemento fundamental para la gestión de los sistemas gerenciales, esto se logra a través de tecnologías, procesos, instrumentos, métodos y técnicas para recopilar, procesar, validar, analizar, disponer y presentar información esencial para la toma de decisiones. Ésta última debe ir encaminada a resolver problemas y maximizar la probabilidad de obtener el mejor efecto deseado en pro del fortalecimiento de la cadena de valor, haciendo uso eficiente de los recursos disponibles (Aradiel Castañeda et al., 2024).

Por lo tanto, la Inteligencia de Negocios abarca todos los sistemas de información de una empresa u organización, para adquirir una auténtica inteligencia que fortalezca la cadena de valor y de esta manera, logre la ventaja competitiva frente a sus rivales. Los datos y su procesamiento para la generación de información deben contribuir a la identificación de elementos que permitan mejorar el rendimiento de una empresa, logrando que los tomadores de decisiones tengan la capacidad para comprender profundamente a sus clientes, así como para agilizar y optimizar sus procesos internos de manera efectiva para garantizar la satisfacción de estos (Avendaño Delgado et al., 2023).

En la actualidad, los sistemas de información son la espina dorsal de las empresas, así como el eje que fundamenta los sistemas de Inteligencia de Negocios, permitiendo la toma de las mejores decisiones mediante la visualización y comprensión datos recientes, históricos y proyecciones para una mejor interpretación del entorno interno y externo. Adicionalmente, los tomadores de decisión pueden sacar un mejor provecho para llevar a cabo la estimación de patrones, valores de referencia y métricas que permitan medir el rendimiento, identificar comportamientos inusuales del mercado y segmentaciones sobre este. En la Figura 11 se pueden identificar las capas que hacen parte de la arquitectura de Inteligencia de Negocios (Joyanes, 2019).

**Figura 11**

*Capas de la arquitectura de Inteligencia de Negocios*



*Nota.* Adaptado a partir de Joyanes (2019).

En este marco, las aplicaciones informáticas han evolucionado conforme a las necesidades actuales, en decir, han pasado del procesamiento transaccional y de actividades de monitoreo en general al análisis de problemas, identificación de patrones, redes, pronósticos y predicciones, que, unido a la variabilidad, volumen y velocidad de los datos, han emergido diferentes tecnologías para dicho procesamiento, ya sea infraestructura en sitio o en la nube. Para el soporte de las decisiones como pilar de la gestión moderna de hoy, se identifican las herramientas de análisis y BI como el almacenamiento de datos, la minería de datos, web de texto, analítica avanzados, redes complejas, procesamiento analítico en línea (OLAP), Inteligencia Artificial, uso de sistemas y visualizaciones basadas en la nube (Sharda et al., 2024).

Específicamente para el sector energético, donde la volatilidad de precios y la fluctuación de la demanda son constantes, la implementación de BI se convierte en una herramienta esencial para optimizar operaciones y mejorar la competitividad. En el contexto de Sol&Cielo, la implementación de un sistema de BI permitiría centralizar la información de sus diversas operaciones, tanto en la comercialización de energía como

en la gestión de proyectos fotovoltaicos. La capacidad de analizar datos en tiempo real sobre precios de bolsa, consumo de clientes y condiciones del mercado proporcionaría a la empresa una ventaja competitiva significativa, permitiéndole ajustar su estrategia de compra y venta de energía de manera ágil y eficiente (Sol&Cielo, 2024b).

### **Gestión de la información y modelos predictivos en el sector energético**

La gestión eficiente de la información es un pilar esencial para las comercializadoras de energía. En un mercado caracterizado por la volatilidad y la complejidad, la capacidad de transformar grandes volúmenes de datos en información accionable es crucial para la toma de decisiones estratégicas (Iyer & Srivastava, 2021). Sol&Cielo ya cuenta con un centro de control avanzado que monitorea sus operaciones en tiempo real, lo que garantiza la eficiencia y optimización de sus sistemas fotovoltaicos y la comercialización de energía (Sol&Cielo, 2024b).

La implementación de modelos predictivos en BI permite a las empresas anticiparse a las fluctuaciones del mercado y ajustar sus operaciones en consecuencia. Estos modelos utilizan técnicas de machine learning y análisis de series temporales para prever la demanda energética, optimizar la compra de energía en el mercado mayorista y ajustar las tarifas de venta a los clientes finales (UPME, 2024). Según Iyer & Srivastava (2021), el uso de análisis predictivo en el sector energético ha demostrado reducir significativamente los costos operativos y mejorar la precisión en la previsión de la demanda, lo que se traduce en una mayor eficiencia y rentabilidad.

Además, las proyecciones de la (UPME, 2024) indican que la demanda de energía eléctrica en Colombia continuará creciendo a una tasa anual promedio del 2.22% al 3.33% hasta 2036, lo que subraya la importancia de contar con sistemas de BI robustos que permitan a las comercializadoras gestionar esta creciente demanda de manera eficiente (UPME, 2024). La capacidad de prever la demanda y ajustar la oferta en tiempo

real es esencial para mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda, garantizando así la estabilidad del mercado y la satisfacción de los clientes.

### **Casos de estudio y beneficios del BI en el sector energético**

La inteligencia de negocios en el sector energético se enfoca en centralizar, analizar y presentar datos relevantes para optimizar las operaciones y la toma de decisiones estratégicas. En un contexto de volatilidad y competencia, las empresas energéticas necesitan no solo entender las condiciones actuales del mercado, sino también anticiparse a las fluctuaciones para ajustar sus ofertas y precios de manera efectiva (Iyer & Srivastava, 2021). En este sentido, la inteligencia de negocios (BI) se convierte en un componente esencial para cualquier organización que busque mantenerse competitiva y adaptable.

Los sistemas de BI en el sector energético deben integrar fuentes de datos heterogéneas y complejas, como datos climáticos, información sobre la infraestructura de la red eléctrica y precios del mercado, para ofrecer una visión integral y actualizada. Según Sharda et al. (2024), estos sistemas deben ser capaces de recopilar y procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, utilizando infraestructuras en la nube que permitan escalabilidad y flexibilidad. Además, la implementación de herramientas de analítica avanzada, como el machine learning, permite a las empresas realizar análisis predictivos y prescriptivos que mejoran la precisión en la proyección de la demanda energética y optimizan las decisiones de compra y venta de energía en los mercados mayoristas.

La implementación de sistemas de BI en el sector energético ha demostrado ser altamente beneficiosa para las comercializadoras y otros actores del mercado. Un ejemplo destacado es el de Iberdrola, que ha utilizado herramientas de BI, así como inteligencia artificial generativa para optimizar su operación y reducir costos operativos mediante la anticipación de la demanda y la gestión eficiente de sus recursos energéticos

(Cio, 2024). Otro caso relevante es el de XM, el operador del mercado energético colombiano, que utiliza sistemas avanzados de análisis de datos para monitorear el mercado en tiempo real y garantizar la sostenibilidad de sus transacciones (XM, 2023).

En el contexto de Sol&Cielo, la implementación de un sistema de BI permitiría obtener beneficios tangibles, como la optimización de la compra y venta de energía en el mercado mayorista, la mejora en la previsión de la demanda de sus clientes regulados y no regulados, y la capacidad de ajustar sus estrategias comerciales en función de las condiciones del mercado (Sol&Cielo, 2024b). Además, la integración de datos en tiempo real permitiría a la empresa gestionar de manera más eficiente sus proyectos fotovoltaicos, asegurando que la generación de energía se alinee con la demanda proyectada.

### **Modelos Predictivos y Analítica Avanzada**

En la actualidad, el uso de modelos predictivos en la inteligencia de negocios (BI) se ha vuelto decisiva para las comercializadoras de energía. Estos modelos permiten anticipar tendencias en la demanda de energía, optimizar el aprovisionamiento de recursos y ajustar las tarifas en tiempo real para maximizar la rentabilidad. Los modelos predictivos se basan en técnicas de machine learning y análisis de series temporales, que son especialmente útiles para prever la demanda energética y las fluctuaciones de precios en el mercado (Iyer & Srivastava, 2021). La combinación de datos históricos y datos en tiempo real proporciona un marco robusto para la toma de decisiones estratégicas.

En un estudio reciente, Oviedo Guevara (2023) sostiene que las capacidades predictivas son fundamentales en un entorno donde la incertidumbre es elevada, como en el caso de las fluctuaciones del fenómeno de El Niño y otros eventos climáticos que impactan directamente la demanda y oferta de energía. Estos sistemas de analítica avanzada permiten no solo prever los cambios, sino también adaptar las estrategias en

tiempo real para evitar pérdidas y aprovechar las oportunidades del mercado. Por ejemplo, la comercializadora Sol&Cielo podría ajustar sus compras en la bolsa de energía para adquirir a precios más bajos cuando se pronostican picos de oferta en función de eventos climáticos favorables.

### **Transformación Digital y Gestión de la Información en el Sector Energético**

La transformación digital ha promovido el uso de la inteligencia de negocios (BI) en el sector energético, permitiendo a las empresas unir sistemas de monitoreo y control, que generan una abundante cantidad de datos. Según (Naciones Unidas, 2024a), el volumen de datos generados globalmente ha crecido a una velocidad exponencial, lo cual presenta tanto oportunidades como desafíos para las organizaciones que buscan aprovechar esta información. En este contexto, la gestión eficiente de datos se vuelve fundamental para las comercializadoras de energía, ya que les permite transformar datos crudos en información útil y procesable (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019).

La implementación de un modelo de inteligencia de negocios robusto en una empresa como Sol&Cielo implica integrar fuentes de datos internas, como consumos energéticos de clientes en tiempo real, con fuentes externas, como las condiciones climáticas y los precios de mercado. Esto no solo mejora la gestión operativa, sino que también brinda una base sólida para realizar análisis predictivos que mejoren la competitividad de la empresa en el sector energético. Como indica (Ahumada Tello & Perusquia Velasco, 2016), la gestión adecuada de la información permite que las empresas logren una ventaja competitiva mediante la transformación de datos en conocimiento y el uso eficiente de los recursos energéticos.

### **Componentes y Arquitectura de la Inteligencia de Negocios**

La arquitectura de la inteligencia de negocios (BI) se compone de diversas capas que van desde la recopilación de datos hasta la visualización y toma de decisiones estratégicas. (Joyanes, 2019). detalla que estas capas incluyen el almacenamiento de

datos (data warehouse y data marts), la extracción, transformación y carga de datos (ETL), así como sistemas de procesamiento analítico en línea (OLAP) y herramientas de visualización. Estos componentes se articulan para asegurar que la información fluya de manera coherente desde su origen en crudo hasta el usuario final, quien puede visualizar, analizar los datos y tomar decisiones informadas.

La implementación de estas arquitecturas en el sector energético permite integrar múltiples flujos de datos que van desde el monitoreo de plantas fotovoltaicas hasta la gestión de transacciones en el mercado mayorista de energía. Esto facilita que las comercializadoras optimicen sus operaciones mediante el acceso a información en tiempo real. Por ejemplo, un sistema BI que incorpore machine learning puede ayudar a identificar patrones de consumo y predecir picos de demanda, lo que, a su vez, permite ajustar la generación y compra de energía de manera precisa (UPME, 2024).

### **Desafíos y Consideraciones para la Implementación de BI en Energía**

Aunque los beneficios de la inteligencia de negocios son claros, la implementación de estos sistemas en el sector energético presenta varios desafíos. Uno de los principales retos es la gestión de grandes volúmenes de datos generados por diferentes fuentes, que requieren infraestructura adecuada y tecnologías avanzadas para su procesamiento y análisis. Naciones Unidas (2024a) señala que la capacidad para manejar macrodatos es esencial para desarrollar sistemas de inteligencia que sean precisos y efectivos en la toma de decisiones, además de ser amigable para el manejo de las personas encargadas de tomar decisiones, para que las visualizaciones sean claras y de igual manera sean lo más precisas posible.

Otro desafío importante es la capacitación y adaptación de los equipos humanos para gestionar y analizar la información generada por los sistemas BI. Según (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019), las organizaciones deben invertir en la formación de personal calificado que pueda interpretar los datos y utilizar las herramientas analíticas

de manera efectiva. Esto implica no solo una inversión en tecnología, sino también en el desarrollo de competencias y habilidades tecnológicas en el personal.

El futuro de la inteligencia de negocios en el sector energético apunta hacia la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) generativa, el machine learning automatizado (AutoML) y el uso de “digital twins” (gemelos digitales) para realizar simulaciones y gestionar y optimizar las operaciones energéticas en tiempo real (Iyer & Srivastava, 2021). Estas tecnologías avanzadas no solo mejoran la capacidad de análisis predictivo, sino que también permiten a las empresas energéticas simular diversos escenarios y optimizar sus procesos con una precisión sin precedentes (Sharda et al., 2024).

La IA generativa es una de las tecnologías más prometedoras, ya que permite crear modelos que no solo predicen eventos futuros basándose en datos históricos, sino que también generan posibles soluciones y estrategias para optimizar resultados (Gartner, 2024). En el sector energético, estas aplicaciones pueden mejorar la eficiencia de las operaciones al sugerir mejoras específicas en la comercialización y oferta de energía en función de las condiciones climáticas o las tendencias de consumo detectadas en tiempo real (Oviedo Guevara, 2023).

Por otro lado, el machine learning automatizado (AutoML) simplifica y acelera la implementación de modelos predictivos y prescriptivos, ya que permite a las empresas generar modelos precisos sin la necesidad de expertos en datos para cada etapa del proceso. Este enfoque ha demostrado ser especialmente útil para las comercializadoras de energía que buscan optimizar sus operaciones y ajustar sus estrategias de manera ágil y efectiva (Tavares & Silva, 2022).

Otra tecnología emergente clave es la de los gemelos digitales o digital twins, que permite crear réplicas digitales de sistemas físicos para monitorear y optimizar su rendimiento en tiempo real. En el contexto de las plantas solares de Sol&Cielo, por

ejemplo, un gemelo digital puede simular el comportamiento de la planta bajo diferentes condiciones meteorológicas y operativas, permitiendo ajustar las configuraciones para maximizar la generación de energía y reducir costos (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019).

Estas innovaciones tecnológicas son muy importantes para las comercializadoras de energía que buscan mantenerse altamente competitivas en un mercado en constante evolución. Según estudios recientes, las empresas que implementan estas tecnologías emergentes en sus sistemas de BI no solo logran mayores eficiencias operativas, sino que también mejoran su capacidad de respuesta a las incertidumbres del mercado y las demandas regulatorias (Ahumada Tello & Perusquia Velasco, 2016). La capacidad de integrar estas tecnologías y adaptarlas a las operaciones diarias será un factor decisivo para asegurar la competitividad y sostenibilidad de las empresas energéticas en un futuro (UPME, 2024).

En este sentido, Sol&Cielo tiene la oportunidad de liderar en innovación dentro del sector energético en Colombia al implementar un sistema de inteligencia de negocios robusto y escalable que les permita aprovechar las oportunidades del mercado y maximizar la eficiencia en sus operaciones, utilizando IA generativa y “digital twins” como herramientas clave para la optimización y previsión de sus procesos energéticos (Kimball & Ross, 2013).

### **Componentes de los sistemas de Inteligencia de Negocios en el sector energético**

La arquitectura de un sistema de inteligencia de negocios (BI) está compuesta por varios niveles que garantizan el flujo y procesamiento de datos desde las fuentes en crudo hasta la presentación final (visualizaciones) para la toma de decisiones. En el sector energético, esta arquitectura se adapta para manejar datos provenientes de múltiples fuentes, como redes de distribución, plantas generadoras (especialmente solares, en el caso de Sol&Cielo), y mercados mayoristas de energía. Según Linsted & et

al (2021), la arquitectura de BI debe ser lo suficientemente flexible y escalable para integrar estas fuentes y permitir el análisis en tiempo real.

Los componentes principales de esta arquitectura incluyen:

- **Almacén de Datos (Data Warehouse):** es fundamental para almacenar datos históricos de consumo, producción y transacciones. Este componente permite que las empresas analicen patrones y tendencias a largo plazo, proporcionando una base sólida para las proyecciones futuras (Kimball & Ross, 2013).
- **Procesos ETL (Extracción, Transformación y Carga):** permiten la integración de datos provenientes de diversas fuentes, normalizando y transformando la información para asegurar su calidad y consistencia antes de almacenarla en el data warehouse.
- **Procesamiento Analítico en Línea (OLAP):** facilita la creación de cubos multidimensionales que permiten explorar datos desde distintas perspectivas, como consumo por región, horario o tipo de cliente (Sharda et al., 2024).
- **Herramientas de Visualización:** son la capa final de la arquitectura de BI y permiten presentar la información de manera comprensible para los usuarios finales, quienes pueden interactuar con dashboards dinámicos y gráficos que les ayudan a tomar decisiones informadas.

### **Analítica Predictiva y Prescriptiva en el Contexto Energético**

La analítica predictiva es esencial para anticipar fluctuaciones en la demanda y oferta de energía, lo que permite a las comercializadoras ajustar sus estrategias para maximizar su rentabilidad. Utiliza técnicas de machine learning y modelos matemáticos avanzados que procesan grandes volúmenes de datos para prever comportamientos futuros. Según (Tavares & Silva, 2022), la exactitud de estos modelos depende de la calidad de los datos históricos y de la capacidad de integrar variables externas, como el clima y eventos económicos que puedan afectar el consumo de energía.

Por otro lado, la analítica prescriptiva va un paso más allá, no solo prediciendo lo que sucederá, sino también recomendando acciones específicas para optimizar resultados. En el caso de Sol&Cielo, esto podría implicar ajustar la compra de energía en la bolsa en función de las proyecciones de demanda o modificar las tarifas de venta en tiempo real para maximizar la rentabilidad (Sharda et al., 2024). La analítica prescriptiva, al combinar inteligencia artificial y técnicas de optimización, permite a las empresas tomar decisiones más efectivas basadas en simulaciones y evaluaciones de diferentes escenarios.

### **Gestión y Análisis de Big Data en Energía**

La gestión de big data se ha convertido en un componente clave de la inteligencia de negocios (BI) en el sector energético. Las comercializadoras de energía deben manejar y analizar grandes volúmenes de datos que se producen a través de múltiples canales, como mediciones de consumo en tiempo real, datos de sensores de plantas fotovoltaicas y transacciones en mercados de energía. El manejo de estos datos requiere una infraestructura robusta y herramientas especializadas para el almacenamiento y procesamiento en tiempo real (Goel & et al, 2023).

En este contexto, las tecnologías de Big Data, como Hadoop y Apache Spark, juegan un papel crucial al permitir el procesamiento distribuido y escalable de grandes volúmenes de datos (Dean & Ghemawat, 2008). Según Goel & et al (2023), estas tecnologías no solo ayudan a concentrar y ordenar la información, sino que también permiten realizar análisis complejos y obtener múltiples sugerencias en tiempo real que son críticas para ajustar la oferta de energía según la demanda proyectada.

### **Tecnologías Emergentes en Inteligencia de Negocios**

Las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las cosas (IoT), están revolucionando la forma en que las empresas energéticas gestionan y optimizan sus operaciones. La IA, a través de algoritmos de machine learning y deep learning, se está utilizando para mejorar la precisión de los modelos predictivos y

prescriptivos, mientras que el IoT facilita la recopilación de datos en tiempo real desde diversas fuentes, como medidores inteligentes, estaciones meteorológicas y sistemas de monitoreo de plantas solares (Gartner, 2024).

Las aplicaciones de estas tecnologías son amplias:

- **Medidores Inteligentes:** permiten monitorizar el consumo de energía en tiempo real, lo que facilita a las comercializadoras ajustar su oferta y prever picos de demanda con mayor precisión (Iyer & Srivastava, 2021).
- **IA en Predicción y Optimización:** mediante algoritmos avanzados, la IA permite identificar patrones complejos en los datos y simular escenarios futuros, optimizando así la gestión de recursos y la planificación energética.
- **Blockchain en Transacciones Energéticas:** en el marco de las transacciones en mercados mayoristas de energía, la blockchain emerge como una tecnología que garantiza la seguridad y transparencia de las transacciones, mejorando la eficiencia y minimizando el riesgo de fraude (Avendaño Delgado et al., 2023).

### **Principios de Sustentabilidad y Responsabilidad Ambiental**

La inteligencia de negocios no solo se enfoca en la eficiencia y rentabilidad, sino que también juega un papel clave en la implementación de estrategias sostenibles en el sector energético. La capacidad de monitorear y optimizar la producción y consumo de energía en tiempo real permite a las empresas minimizar su huella de carbono y utilizar recursos de manera más eficiente. Según Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa (2019). Las plataformas de BI que incorporan indicadores de sustentabilidad permiten a las comercializadoras de energía monitorear y gestionar el impacto ambiental de sus operaciones, asegurando el cumplimiento de regulaciones y la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (2024b). En este sentido, Sol&Cielo podría utilizar su plataforma de BI para monitorizar la eficiencia de sus

plantas solares, optimizar la distribución de energía renovable y reducir su dependencia de fuentes energéticas convencionales, contribuyendo así a un entorno más sostenible y competitivo.

### **Desafíos y Mejores Prácticas en la Implementación de BI**

La implementación de sistemas de inteligencia de negocios (BI) en el sector energético enfrenta desafíos técnicos y organizacionales que deben encontrarse estratégicamente para maximizar su eficacia. Uno de los principales retos es la integración de datos provenientes de diversas fuentes diversas, lo que requiere una infraestructura robusta y un enfoque estandarizado para la recolección y procesamiento de información (Sharda et al., 2024). Además, es de vital importancia garantizar la seguridad y privacidad de los datos, especialmente en un entorno tan regulado como el energético, donde el acceso no autorizado o la manipulación de datos podría tener consecuencias de alto nivel.

Las mejores prácticas incluyen la implementación de una gobernanza de datos que asegure la calidad y consistencia de la información a través de políticas y procesos claros y definidos. Además, es esencial capacitar al personal en el uso de herramientas de BI y promover una cultura de toma de decisiones basada en datos (Ahumada Tello & Perusquia Velasco, 2016).

### **Modelos para la implementación de proyectos de BI**

Para el proyecto de inteligencia de negocios y analítica de datos en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., se han identificado varios modelos que permiten optimizar la comercialización de energía, mejorar la toma de decisiones y maximizar la rentabilidad. A continuación, se describen los principales modelos que se han considerado para el desarrollo del proyecto.

En la Tabla 1 se presentan los modelos identificados que, en términos generales, permiten el tratamiento de los datos para la construcción de una solución de inteligencia de negocios (Aguilar, 2015):

**Tabla 1**

*Modelos de Inteligencia de Negocios*

Nombre	Descripción general
<b>Modelo de Información de BI</b>	Modelo que estructura datos en un repositorio por medio del cual se integran, organizan y procesan tablas, relaciones y columnas
<b>Modelo de Información Dimensional de BI</b>	Modelo que estructura datos cuantitativos a través de la creación de cubos OLAP, para el análisis de datos en diferentes dimensiones, mediante tablas de hechos y atributos.
<b>Modelo de Información de Proceso de BI</b>	Modelo que estructura datos encaminados al análisis de los procesos de las organizaciones.
<b>Modelo de Información de Red de BI</b>	Modelo que estructura un conjunto de datos por medio del cual se incluyen datos asociados a redes sociales, su estructura es flexible y representa relaciones complejas de datos
<b>Modelo de Información Jerárquico</b>	Modelo que estructura los datos de manera jerárquica el cual se organiza en grupos y subgrupos.

*Nota. Elaboración propia basado en Aguilar (2015)*

De acuerdo con la información que hace parte de Sol&Cielo S.A.S E.S.P.en su componente de comercialización de energía, se haría uso del modelo de información Dimensional que facilite la consolidación, integración, custodia y procesamiento de la información, así como la generación de informes en la medida que el número de variables y posibles atributos de la información es limitado. El alcance que se tiene previsto no incorpora un análisis de proceso ni incorpora información de redes sociales

por la naturaleza misma del negocio, que en este caso se asocia a la comercialización de energía eléctrica.

### **Aplicación de la inteligencia de negocios en la comercialización de energía en Colombia**

En el contexto colombiano, la aplicación de la inteligencia de negocios adquiere especial relevancia en el sector de comercialización de energía eléctrica, donde las decisiones estratégicas están condicionadas por la dinámica del mercado mayorista, los precios de bolsa establecidos por XM (2024) y la regulación emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG (2022). Las variables clave que deben considerarse en una comercializadora como Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. incluyen el precio promedio de compra en bolsa, el consumo diario y mensual de los clientes, la demanda regulada y no regulada, los niveles de pérdidas y las tarifas aplicables por estrato o tipo de usuario.

La integración de estas variables en un modelo de inteligencia de negocios permite tomar decisiones informadas sobre volúmenes de compra y venta, márgenes de comercialización y plantear estrategias de precios. Entre los indicadores clave de desempeño (KPIs) más destacados se encuentran el costo promedio por kWh adquirido, el margen de comercialización por cliente o segmento, la precisión de los pronósticos de consumo (MAPE) y el tiempo promedio de generación de reportes de gestión. Estos indicadores facilitan la evaluación continua del desempeño operativo y financiero, permitiendo a la comercializadora anticipar costos en el mercado eléctrico y mejorar su competitividad.

Para el caso de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., estos KPIs adquieren un papel fundamental en el modelo de inteligencia de negocios propuesto, ya que permiten medir con precisión la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante la volatilidad de los precios de bolsa. El costo promedio de compra de energía y el margen de

comercialización reflejan la rentabilidad y competitividad de la empresa, mientras que la reducción en el tiempo de generación de reportes evidencia la eficiencia lograda en los procesos ETL y de visualización. Estos indicadores, integrados en el modelo BI, se alinean con los fundamentos teóricos relacionados con las decisiones estratégicas del mercado energético colombiano, cumpliendo el propósito de articular teoría y práctica en el contexto de la comercialización de energía.

De esta forma, el marco teórico se articula directamente con el caso de estudio de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., al contextualizar la aplicación de inteligencia de negocios en el entorno regulado y competitivo del sector energético colombiano.

### **Metodologías para la implementación de proyectos de BI**

Ahora bien, complementando al modelo antes mencionado, buscando garantizar el componente estratégico, la definición de posibles herramientas y el potencial del uso de la información para la toma de decisiones se considera importante hacer uso de metodologías que involucren dichos aspectos de tal manera que la solución de BI responda a las necesidades de la empresa.

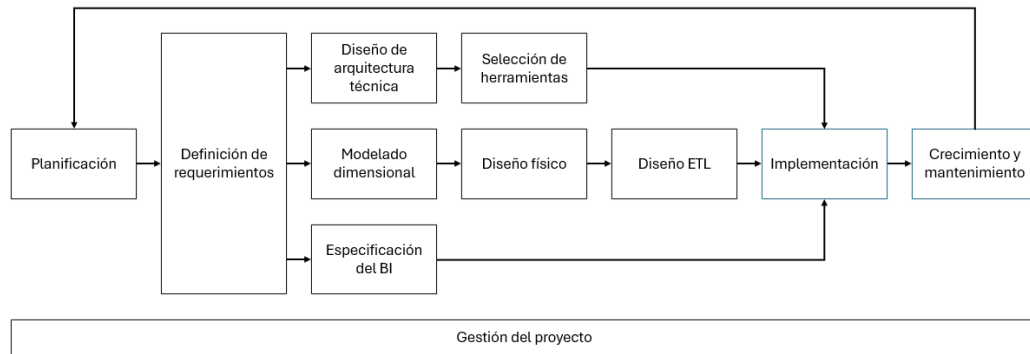
#### ***Metodología Kimball***

La metodología Kimball, es una de las más reconocidas en el ámbito de Business Intelligence. Su principio central es el diseño dimensional, el cual facilita el acceso rápido y eficiente a la información. Ralph Kimball propone un enfoque bottom-up, en el cual se identifican los procesos clave de negocio y se diseñan almacenes de datos (data marts) independientes para cada uno de ellos. Este modelo almacena los datos transaccionales en tablas de hechos que son rodeadas por dimensiones que corresponden a la información que respalda los hechos, formando así un esquema en estrella. Kimball propone construir varios esquemas en estrella para satisfacer las necesidades de información (Kimball & Ross, 2013).

En la Figura 12 se muestran las tareas de alto nivel propuestas para un diseño, desarrollo e implementación efectivo de un proyecto de inteligencia de negocios.

**Figura 12**

*Diagrama del ciclo de vida dimensional*



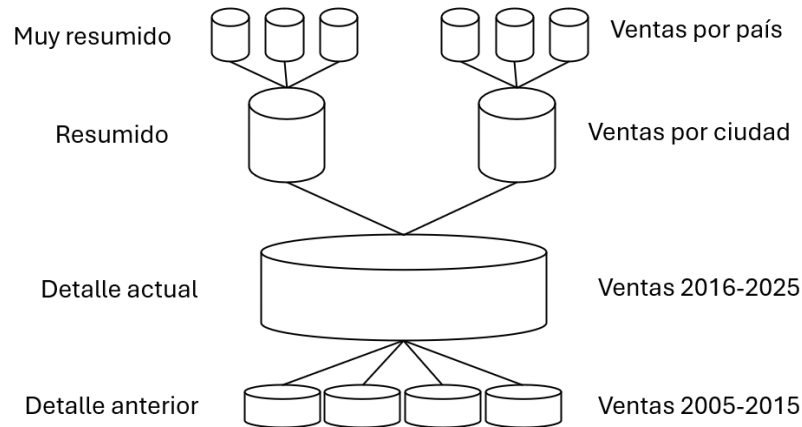
*Nota.* Elaborado a partir de Kimball & Ross (2013).

### **Metodología Inmon**

Bill Inmon, considerado el padre del almacenamiento de datos, definió el data warehouse como una recopilación de datos integrada, no volátil, variable en el tiempo y orientada a temas. De acuerdo con Inmon & Linstedt (2014), su enfoque se centra en identificar las áreas temáticas clave de una organización y construir modelos lógicos normalizados para cada entidad, evitando redundancias y garantizando una estructura robusta frente a cambios en el negocio. Este método top-down (de arriba hacia abajo) prioriza la integridad de los datos, creando una única fuente para toda la empresa. Una vez establecido el data warehouse central, Inmon propone desarrollar data marts específicos para áreas como finanzas, marketing o ventas, alimentados por el almacén principal, como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13**

*Modelo de almacenamiento de datos*



*Nota.* Elaborado a partir de Inmon & Linstedt (2014).

### ***Metodología Hefestos***

La metodología Hefestos es menos difundida académicamente, pero ha sido utilizada en proyectos complejos donde existen numerosos sistemas transaccionales con estructuras de datos heterogéneas y dispersas. Hefestos enfatiza el análisis profundo de las fuentes de datos operacionales antes de construir el Data Warehouse. Su principal fortaleza radica en su capacidad para lidiar con complejidad de fuentes heterogéneas, alta dispersión de los datos operativos y calidad de datos variable, lo cual lo hace apropiado para organizaciones que han crecido a partir de múltiples sistemas independientes o legados (Leonard Brizuela & Castro Blanco, 2013).

Las etapas de Hefestos suelen incluir:

- Levantamiento exhaustivo de requerimientos funcionales y de negocio.
- Análisis detallado de los sistemas OLTP, sus estructuras, relaciones, calidad de datos y reglas de negocio subyacentes.
- Diseño lógico del Data Warehouse basado en el conocimiento profundo de las fuentes.

- Construcción de los procesos de integración y transformación de datos (ETL), asegurando la coherencia de los datos importados.
- Modelado físico optimizado para el análisis posterior.

### ***Metodología Agile para BI***

La aplicación de los principios Agile en proyectos de BI busca resolver una de las mayores debilidades de los enfoques tradicionales: la dificultad de adaptarse a cambios de requerimientos durante el proyecto. Este enfoque es muy adecuado para entornos cambiantes, donde los usuarios no tienen completamente definidos sus requerimientos al inicio del proyecto y necesitan experimentar con los datos para clarificar sus necesidades analíticas. La metodología Agile en BI se basa en el desarrollo iterativo e incremental, la colaboración constante con los usuarios de negocio, la entrega temprana de valor y la adaptabilidad al cambio (Hughes, 2015).

De acuerdo con lo anterior, por la naturaleza de los datos y de acuerdo con los resultados del análisis interno, se haría uso de la metodología Kimball. Dependiendo de las necesidades es posible incorporar aspectos de metodología Agile para optimizar tiempos dentro de la propuesta de implementación.

### ***Arquitectura para la implementación de proyectos de BI***

En el diseño del almacenamiento existen tres enfoques estructurales: a) arquitectura de capa única (single-layer) donde se consolidan todos los datos en una capa integrada, sin separación entre fuentes, procesamiento y consumo; b) arquitectura de dos capas (two-layer), separa los datos en una capa de fuentes donde se extraen y limpian y otra de presentación, donde se modelan para análisis; c) arquitectura de tres capas (third-layer), añade una capa intermedia que actúa como repositorio centralizado y normalizado (Golfarelli & Rizzi, 2009).

En (Sharda et al., 2024) se plantean otras arquitecturas alternativas que no pueden clasificarse completamente en los enfoques mencionados ya que son una combinación de estos:

- **Arquitectura de data marts independientes:** los data marts operan de manera independiente y solucionan las necesidades de información de áreas específicas de la organización. Es una arquitectura simple y menos costosa.
- **Arquitectura de bus:** en esta arquitectura los data marts individuales se interconectan mediante aplicaciones. La vinculación de los datos mejora la consistencia de datos y la ejecución de consultas complejas, sin embargo, se puede desmejorar el rendimiento.
- **Arquitectura de centro y radios (hub-and-spoke):** se basa en un almacén de datos centralizado (hub) que alimenta a múltiples data marts (spokes), cada uno adaptado a una unidad organizacional.
- **Arquitectura centralizada:** esta arquitectura consiste en un único almacén de datos empresarial (EDW) que integra toda la información de la organización, eliminando la necesidad de data marts independientes. Este enfoque proporciona acceso directo a los datos en tiempo real, evita redundancias y facilita la gestión.
- **Arquitectura federada:** en lugar de centralizar los datos, integra diversas fuentes mediante herramientas de middleware que permiten consultar y combinar información distribuida en tiempo real, ofreciendo una vista unificada sin modificar las estructuras originales.

Para el diseño del modelo de inteligencia de negocios para Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. se utilizará una arquitectura de tres capas con data marts independientes. De esta manera se garantiza un flujo de datos eficiente y la posibilidad de escalar el modelo en la medida que nuevos procesos se integren al sistema de inteligencia de negocios.

## **Modelos de análisis predictivos**

Los modelos diseñados para predecir el consumo energético y optimizar la compra de energía, representan una oportunidad clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y fortalecer la competitividad en el mercado eléctrico. A través de técnicas avanzadas de Machine Learning, Deep Learning y optimización matemática, se pueden aprovechar los datos históricos y factores externos para generar insights precisos y acciones estratégicas que beneficien tanto a la empresa como a sus clientes.

### ***Modelo de optimización de compra de energía.***

La optimización de la compra de energía es un aspecto crítico para comercializadoras como Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., ya que las variaciones en la demanda y los precios del mercado mayorista pueden impactar significativamente la rentabilidad. Un modelo eficiente de optimización permite a la empresa adquirir la cantidad justa de energía al mejor precio posible, evitando pérdidas por sobrecompra o escasez. El desarrollo de este modelo se basa en técnicas de optimización matemática y aprendizaje automático, aprovechando la gran cantidad de datos históricos de consumo, tarifas energéticas y factores externos como condiciones climáticas y regulación del mercado eléctrico (Conejo et al., 2010).

### **Metodología propuesta para este modelo**

Para diseñar un modelo de optimización de compra de energía, es fundamental integrar fuentes de datos, métodos de modelado y herramientas computacionales. Para el caso en cuestión se propone utilizar los datos: Histórico de Precios de la Energía (Datos del mercado mayorista con precios horarios y su variabilidad (Kirschen & Strbac, 2004)), Histórico de Consumo de Clientes, Condiciones Climáticas (Factores como temperatura, irradiación solar, velocidad del viento, que afectan la demanda.) Regulaciones del Mercado Energético (Restricciones y reglas establecidas por la CREG y XM) y Eventos Especiales (Cambios inesperados en la oferta y demanda de energía).

### **Implementación técnica**

Para desarrollar el modelo, se recomienda una arquitectura basada en Azure, con integración de diversas herramientas de procesamiento y almacenamiento de datos. En la Tabla 2 se listan las herramientas recomendadas para cada etapa del proceso.

**Tabla 2**

*Herramientas requeridas para la implementación del modelo de optimización de compra de energía*

<b>Etapas</b>	<b>Herramientas propuestas</b>
Ingesta de Datos	Azure Data Factory, Azure Blob Storage
Procesamiento ETL	Azure Databricks (Apache Spark), SQL Server
Modelado de optimización	Python
Predicción de precios	TensorFlow
Visualización y monitoreo	Power BI, Azure Monitor

*Nota.* Elaboración propia

### **Evaluación del modelo**

El rendimiento del modelo se medirá con métricas clave:

- Costo total de compra de energía optimizado vs. compra tradicional.
- Error de predicción de precios (RMSE, MAE).
- Tasa de reducción de costos en escenarios simulados (Hyndman & Koehler, 2006).

### **Beneficios para Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.**

- Reducción de costos operativos: Compra más eficiente de energía y menos pérdidas.
- Mejor predicción del mercado: Análisis de precios para tomar decisiones estratégicas y que beneficien al negocio y sus clientes.
- Mayor estabilidad financiera: Reducción del impacto de precios volátiles.

### **Herramientas para el análisis de datos.**

Existen diferentes herramientas para el análisis de datos e información que se pueden caracterizar por 4 grandes aspectos (Sharda et al., 2024):

- **Gratuidad / pago:** herramientas que puede ser utilizadas de forma gratuita donde la comunidad abierta apoya de manera colaborativa el desarrollo de estas o paga para el uso de herramientas con ciertas funcionalidades parametrizadas.
- **Código abierto / Código cerrado:** las herramientas de código abierto permiten al usuario tener la posibilidad de validar, modificar, mejorar y generar nuevas funcionalidades de la herramienta desde el código entregado en su desarrollo, mientras que aquellas de código cerrado no permiten el desarrollo de mejoras de la herramienta por parte del usuario.
- **Local / Nube:** las herramientas para BI, dado el aumento en el volumen de datos y en las capacidades para el procesamiento en tiempo real, ha llevado a que las mismas no necesariamente deban ser instaladas y soportadas en plataformas de infraestructura local y se ha generado la necesidad del uso de plataformas de nube con capacidades de almacenamiento y procesamiento escalables.
- **Visual / programa:** existen herramientas basadas en programación en la que por medio de diferentes lenguajes se lleva a cabo la codificación de las acciones que se espera que la herramienta ejecute para el procesamiento, análisis y visualización de la información o si por el contrario son herramientas visuales que se basan en el desarrollo de flujos de trabajo cuyas funcionalidades se ejecutan por medio de botones o gestos de arrastre.

En la Tabla 3 se presenta un comparativo de diferentes programas de análisis de datos, con el objetivo facilitar la selección de la herramienta más adecuada para las necesidades específicas del proyecto. Cada dimensión ofrece una perspectiva única que ayuda a tomar una decisión informada y alineada con los objetivos estratégicos de Sol&Cielo.

**Tabla 3**

*Comparación de algunas herramientas de análisis en cuatro dimensiones diferentes*

	<b>Gratis(G) vs. Pago(P)</b>	<b>Abierto(A) vs. Cerrado(C)</b>	<b>Local(L) vs. Servidor(S)</b>	<b>Visual(V) vs. Programa(P)</b>
<b>Python</b>	G	A	L + S	P
<b>R</b>	G	A	L	P
<b>KNIME</b>	G	A	L + S	V
<b>RapidMiner</b>	G / P	A	L + S	V
<b>Orange</b>	P	A	L	V
<b>Weka</b>	P	A	L	V
<b>Tableau</b>	P	C	L + S	V
<b>Power BI</b>	P	C	L + S	V
<b>SAS Viya</b>	P	C	S	V / P
<b>Sas EM</b>	P	C	L	V
<b>JMP</b>	P	C	L	V
<b>IBM Modeler</b>	P	C	L	V
<b>IBM Watson</b>	P	C	S	V
<b>TIBCO Statistica</b>	P	C	L + S	V
<b>Terada Vantage</b>	P	C	S	V

*Nota.* Elaborado a partir de Sharda et al. (2024)

## **Diseño Metodológico**

### **Tipo de investigación**

La presente investigación de acuerdo con su diseño se contempla como no experimental, en la medida que este estudio no busca hacer ajustes o modificaciones de variables para identificar su impacto en la organización; dado su propósito es una investigación aplicada, en la medida que es un trabajo dirigido a la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. en el que se entregará un diseño de un modelo B.I. Teniendo en cuenta las fuentes de datos y el enfoque es cualitativa, emplea la recopilación de datos sin necesidad de cuantificación para identificar o ajustar preguntas de investigación durante la interpretación. Así mismo, se analizan las características de la organización y el manejo de la información dirigido a plantear una solución a la problemática detectada, de esta manera, mediante un proceso inductivo se va de lo particular a lo general. Finalmente, la temporalidad de este estudio es transversal (Sampieri Hernández & Mendoza Torres, 2018).

### **Análisis externo**

El instrumento de diagnóstico que se emplea en esta investigación es el análisis PESTEL el cual corresponde a una herramienta utilizada en los procesos de planeación estratégica para comprender y analizar el entorno externo de las empresas, el cual tiene en cuenta diferentes perspectivas mediante factores Político, Económico, Social, Tecnológico, Ambiental y Legal (Wheelen & Hunger, 2013).

### ***Variables políticas***

- **Compromiso con el cambio climático:** mediante CONPES 4075 se promueve en el sector eléctrico la eficiencia energética, el fortalecimiento de los mercados energéticos, la digitalización del sector y medidas para cerrar la brecha en la prestación del servicio de energía eléctrica (DNP, 2023a). **Impacto Alto.**

- **Reformas estructurales:** las reformas a la salud, pensiones, educación, laboral y paz total afecta las expectativas de los ciudadanos en diferentes grupos etarios. **Impacto Medio.**
- **Estabilidad de la Política Pública:** incorporación en el PND de artículos encaminados a impulsar la penetración de energías renovables en la matriz de generación (DNP, 2023a). **Impacto Alto.**
- **Transición energética:** desestimulo al uso de combustibles fósiles para la movilidad y generación de energías (DNP, 2022). **Impacto Alto.**
- **Compromiso internacional:** ODS 7 Energía asequible y no contaminante, un compromiso global que forma parte de la agenda política internacional. **Impacto Alto.**
- **Cambios de subsidios y sobre tasas:** ajustes al fondo que se encarga de estabilizar los precios de los combustibles para igualar los precios internacionales y los precios nacionales de los combustibles. **Impacto Medio.**

#### ***Variables económicas***

- **Afectación de precios:** nuevos aranceles a la energía eléctrica, que incrementan el valor al cliente final (Decreto 1276, 2023). **Impacto Medio.**
- **Variación de precios al consumidor:** el sector de alojamiento, agua, electricidad y gas presenta una variación anual de los precios del 6,48% superior a la media nacional que para mayo de 2025 fue del 5,82%, en relación con la variación mensual este sector tuvo la menor variación mensual positiva del 0,48% y una contribución 0.15 p.p. Se destaca la variación del IPC electricidad total anual negativa -1,81% a nivel nacional y una variación positiva mensual para Montería con un 0,12% (DANE, 2025b). **Impacto Alto.**

- **Crecimiento del PIB:** recuperación del PIB el cual presento una variación positiva en el I trimestre de 2025 de 2,7% superior al presentado en el mismo periodo del 2024 que fue del 0,3%. El sector de suministro de energía, gas y vapor tuvo un crecimiento anual para el I trimestre del 1,9% que contribuye al valor agregado del trimestre de 0,1 p.p. sin embargo, la generación de energía eléctrica; transmisión de energía eléctrica y distribución y comercialización de energía eléctrica presenta una tasa de crecimiento anual del -0,9% (DANE, 2025). **Impacto Alto.**
- **Desempleo:** la tasa de desempleo total nacional para el mes de abril de 2025 presento una disminución frente al abril de 2024 de 1.8 p.p. quedando en un 8,8 frente a la presentada en el mismo mes de 2024 que fue del 10,6%. Se destaca que el sector de suministro de electricidad, gas, agua y gestión de desechos tuvo una disminución del personal ocupación frente a abril de 2024, este sector presenta alrededor de 585.000 empleos con una contribución al total nacional de -0,1 p.p. En la ciudad de Montería se presenta una disminución de la tasa de desocupación de febrero abril 2024 y 2025 de 1,9 p.p pasando del 13,3% al 11,4% (DANE, 2025a). **Impacto Alto.**
- **Inversión en proyectos energéticos:** incremento de proyectos contribuye a diversificación de la matriz energética, aumentando las fuentes de generación y reducción el costo de producción de la energía. **Impacto Alto.**
- **Tasa de cambio:** depreciación anual de la moneda 6,38% con corte al 13 de febrero de 2015, lo que estimula la inversión directa y la exportación de energía a otros países para el sector energético (Banco de la República, 2024). Se destaca una apreciación de la moneda frente a 2023 de alrededor del 14,7%, lo que evidencia en cierta medida fortalecimiento de la moneda nacional y de la economía colombiana. **Impacto Alto.**

### ***Variables sociales***

- **Racionamiento en servicios públicos:** los bajo niveles de los embalses no solo generan racionamiento de agua, sino que ponen en riesgo la generación y suministro de energía eléctrica que el 68,4% depende de hidroeléctricas. **Impacto Alto.**
- **Acceso a energía:** el 98,8% de los hogares a nivel nacional en promedio tienen acceso al servicio de energía (DANE, 2023). **Impacto Alto.**
- **Participación de las comunidades:** conciliación con las comunidades en el desarrollo de proyectos energéticos, dado que si no existen acuerdo puede ser cancelado el proyecto, y afecta el desarrollo de la matriz energética del país. **Impacto Medio.**
- **Preferencias del consumidor:** la demanda de energía eléctrica ha venido mostrando fuertes señales de recuperación a partir de lo presentado en el primer año de la pandemia, donde se obtuvo un crecimiento promedio mes del -2,01% para 2020, del 5,4% para 2021 y del 3,48% 2022 (DANE, 2024a). **Impacto Alto.**
- **Aumento de la pobreza:** amenaza de inundación sobre 4.9% de las áreas de cultivos y pastos de la zona costera del Caribe, alta vulnerabilidad de la mayoría de las áreas ocupadas por la industria manufacturera y el 44.8% de la malla vial terrestre afecta la capacidad productiva de la población. (DANE, 2023). **Impacto Alto.**
- **Crecimiento de la población:** de acuerdo con el DANE, se espera una población estimada de Colombia para el año 2035 pasa de 57,804,147, esto implica un crecimiento superior al 2,5% (DANE, 2023). **Impacto Medio.**

### ***Variables tecnológicas***

- **La energía como enclave de la transformación digital:** la digitalización rápida y extensa con mayor conectividad, el crecimiento exponencial de los datos, su procesamiento y apropiación ha impulsado el desarrollo de la economía digital. **Impacto Alto.**
- **Energía como base de la economía digital:** de acuerdo con el Banco Mundial para 2025, se espera que la contribución de la economía digital al PIB global alcance el 25 por ciento, en comparación con el 15,5 por ciento de 2016. **Impacto Medio.**
- **Ciberseguridad en la red eléctrica:** la digitalización de la red la hacen vulnerable ante ataques, lo que no solo podría poner en peligro su integridad, sino también podría afectar financieramente a los clientes y compañías eléctricas. Colombia a 9 de noviembre es el país 11 más atacado del mundo. **Impacto Medio.**
- **Nuevas tecnologías:** dentro de los proyectos para la generación de energía registrados a enero de 2024, los solares no sólo son los más numerosos, sino los que más energía producirán. **Impacto Medio.**
- **Impacto de la tecnología:** las tecnologías digitales representan un 3,7% de las emisiones globales de carbono, generando un gran impacto ambiental. Para 2027, se prevé que el consumo de energía de los centros de datos de IA alcance los 146,2 TWh (Huerga, 2023). **Impacto Alto.**
- **I + D en las empresas:** De acuerdo con el DANE (2023) el 28,2% de las empresas ejecutaron I+D asociada a sostenibilidad ambiental y 10% a cambio climático, las instituciones de educación superior el 56,8% lo hizo por sostenibilidad ambiental y 42,7% por cambio climático, esto es una oportunidad las energías renovables. **Impacto bajo.**

### ***Variables Ecológicas / ambientales***

- **Generación de energía limpia:** aumentar capacidad de generación con energías limpias en 1.500 MW, frente a los 22,4 MW en 2018 (DNP, 2024). **Impacto Medio.**
- **Afectación de poblaciones:** 200 millones de personas en el mundo, más de tres veces la población del Reino Unido, vivirán por debajo del nivel del mar a finales de este siglo si los niveles siguen subiendo, según Kulp & Strauss (2019). **Impacto Medio.**
- **Preparación de alimentos:** para 2023 la fuente para la preparación de alimentos en Colombia a nivel nacional es de 2,4% con electricidad, 68,9% gas natural, 0,2% petróleo o gasolina, 19,9% gas propano, 0,2% carbón y 8,3% leña (DANE, 2023). **Impacto Medio.**
- **Mejorando el medio ambiente:** la estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024) está enfocada a la carbo-neutralidad para el año 2050. **Impacto Medio.**
- **Acontecimientos meteorológicos extremos:** las "huellas" del cambio climático muestra aumentos y mayores afectaciones por inundaciones, sequías, tormentas y anomalías de temperatura, además del aumento drástico del riesgo de incendios forestales en 114 países, así como de inundaciones, incluyendo a Colombia (Manning & Ingram, 2021). **Impacto Alto.**
- **Acceso universal a la Energía Eléctrica:** el Gobierno nacional propende aumentar la capacidad instalada de generación de energía eléctrica de 16.420 MW a 19.159 MW en 2022 (DNP, 2023b). **Impacto Alto.**

### ***Variables legales***

- **Marco regulatorio comprometido con el medio ambiente:** las leyes de protección ambiental (Ley 1715, 2014) permiten el aumento de generación de

fuentes renovables, lo que conlleva a tener mayor oferta para compra de energía en el mercado mayorista. **Impacto Alto.**

- **Regulaciones del mercado / Precios:** normatividad de la CREG, Ministerio de Minas para el control de precios de la energía. **Impacto Alto.**
- **Medidas antimonopolio:** se cuenta con regulaciones encaminadas al libre mercado, y se regula para evitar la concentración de oferentes. **Impacto Medio.**
- **Institucionalidad solida:** la Ley de “Transición Energética” (Ley 2099, 2021) crea el Fondo Único de Soluciones Energéticas (FONENERGÍA) como integrador que apunta a la mejora de calidad en el servicio, expansión de la cobertura energética con criterios de sostenibilidad ambiental y progreso social. **Impacto Medio.**
- **Incentivos para las energías renovables:** se crean beneficios tributarios para la generación de energía para fuentes renovables: (a) Deducción especial para determinar el impuesto sobre la renta, (b) Exclusión de bienes y servicios del IVA, (c) Exención de gravámenes arancelarios y (d) Depreciación acelerada (Ley 1715, 2014). **Impacto Alto.**
- **Compromisos internacionales:** El acuerdo de París cuyo compromiso de Colombia es laborar y comunicar contribuciones determinadas a nivel nacional para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y afrontar los impactos del cambio climático. **Impacto Medio.**

### **Análisis interno**

Para el desarrollo de la investigación dentro de la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., se plantea la implementación de una encuesta como instrumento para el análisis interno. Este instrumento, diseñado para tener un acercamiento hacia la evolución y planteamiento de estrategias de la empresa, consta de 5 variables, cada una compuesta por seis preguntas, en la cual se hará uso del método de escala Likert con un rango de 1

a 5 como se muestra en la Figura 14. Esta encuesta es acorde con una investigación cualitativa y aplicada que permita conocer el manejo de la información y su relación con la toma de decisiones en relación con la comercialización de energía eléctrica.

**Figura 14**

*Escala de medición*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Población, muestra y ficha técnica**

El desarrollo de la investigación aplicada será dentro de la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., la cual cuenta con un equipo de trabajo de 34 personas (2 de ellas se dedican a temas de seguridad por lo tanto no se consideran como parte del equipo técnico, estratégico y de apoyo para la aplicación del instrumento). Teniendo en cuenta el objetivo de esta investigación encaminado al desarrollo de un modelo BI para coadyuvar a la toma de decisiones, se toma como población objetivo de la encuesta a todo el personal de la empresa quienes pertenecen a roles de gestión, procesamiento, análisis, consulta de los datos y toma de decisiones. Teniendo en cuenta que la población total de empleados de la empresa es de 34, pero 2 de ellas por su función de vigilancia y seguridad no se contemplaron dentro del ejercicio, se utilizó una muestra para aplicar el

instrumento a 32 personas (se considera un censo en la medida que se aplicó a todo el personal misional, estratégico y de apoyo), con el propósito de cubrir las principales áreas vinculadas a la gestión de información y toma de decisiones. La muestra incluyó a todos los colaboradores de los departamentos comercial, técnico, administrativo y de tecnología, así como los miembros del equipo directivo, lo que permitió identificar diferentes perspectivas sobre el manejo y aprovechamiento de los datos dentro de la empresa. La participación fue voluntaria y anónima, con el fin de reducir sesgos en las respuestas y obtenerlas de forma transparente.

Aunque el enfoque principal del estudio es cualitativo, se incorporan procedimientos de validación del instrumento mediante el coeficiente V de Aiken, con lo cual se aseguró la consistencia y pertinencia de los elementos. No obstante, no se incluyó un componente cuantitativo complementario debido a que el objetivo del diagnóstico no era medir desempeño operativo, sino identificar percepciones, prácticas y necesidades de la organización como base para el diseño del modelo de inteligencia de negocios. Este enfoque permitió realizar la caracterización de los factores humanos y organizacionales que correspondan con las necesidades para la adopción de soluciones analíticas en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. y de acuerdo con esto orientar el diseño del modelo propuesto hacia los requerimientos reales de la organización. En la Tabla 4 se presenta la ficha técnica de la investigación.

**Tabla 4**

*Ficha técnica*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Periodo de recolección estimado	Febrero – marzo 2025
Ciudad de aplicación	Montería - Córdoba
Población objetivo	Gerente, líderes TI, líderes de ventas, comercialización, facturación y Contador

---

	General, todos los colaboradores de la empresa.
Población	32
Muestra	32
Método de recolección	Encuesta por auto diligenciamiento
Medio de recolección	Formulario Web - Forms

---

*Nota.* Elaboración propia.

### **Identificación de las variables**

A partir de los diferentes elementos presentado en el marco teórico del presente documento y de acuerdo con los objetivos se proponen las siguientes variables que se consideran necesarias para llevar a cabo los procesos de recolección y procesamiento para poder construir la propuesta de modelo BI para la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., las cuales se describen a continuación:

- **Planeación estratégica:** es fundamental contar con la definición clara de los objetivos, metas y estrategias encaminadas al fortalecimiento de la promesa de valor, para poder identificar oportunidades de mejora basada en información.
- **Herramientas de inteligencia de negocios:** se busca poder identificar el uso o implementación de diferentes recursos tecnológicos para la extracción, transformación, almacenamiento y visualización de los datos que faciliten la toma de decisiones dentro de la organización.
- **Gestión de los datos:** los datos son un activo valioso, esto implica conocer el tratamiento y procesamiento de estos, los instrumentos de recolección y las formas en que se gobiernan los datos, poder aprovecharlos al máximo implica una adecuada gestión de estos, lo que implica su centralización, consistencia, calidad y explotación.
- **Importancia de la inteligencia de negocios para la toma de decisiones:** contar con una estructura de gestión de datos adecuada incentiva su análisis de

diagnóstico, descriptivo y predictivo para conocer sus fortalezas y oportunidades en relación con la comercialización de energía con el objeto de tomar ventaja competitiva y fortalecer la promesa de valor de la empresa.

- **Medición y seguimiento de KPI's y métricas:** contar con información de consumo y facturación es uno de los pilares fundamentales para el mantenimiento y crecimiento de la empresa, en este sentido, tener diferentes métricas que sean de tipo SMART que permitan hacer seguimiento al comportamiento y resultado de comercialización y lograr estimaciones de consumo.

Las variables consideradas en este estudio se derivan de los objetivos específicos y del diagnóstico organizacional de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., centradas en la gestión, calidad e integración de los datos, así como en el uso de la información para la toma de decisiones estratégicas y la eficiencia operativa.

Todas las variables fueron medidas a través del mismo instrumento de medición, una encuesta estructurada aplicada a los 32 colaboradores de la empresa, complementada con revisión documental de reportes internos y registros de consumo de energía. La encuesta se diseñó con elementos tipo Likert de cinco niveles (desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo), permitiendo cuantificar las percepciones sobre aspectos de gestión, calidad y uso de la información.

En la Tabla 5 se presenta la operación de las variables, con los indicadores, instrumentos y escalas de medición aplicadas en el diagnóstico.

**Tabla 5**

*Operacionalización de las variables del estudio*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento / Fuente</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Gestión de datos</b>	Disponibilidad de información	Acceso oportuno y facilidad para obtener datos requeridos	Encuesta (ítems 1–3)	Escala Likert (1–5)
<b>Calidad de la información</b>	Exactitud y consistencia	Porcentaje de registros sin errores o duplicados	Encuesta (ítems 4–5) y revisión documental	Escala porcentual
<b>Integración de fuentes de información</b>	Conectividad de sistemas	Número de fuentes integradas y frecuencia de actualización	Encuesta (ítems 6–7)	Escala Likert (1–5)
<b>Uso de la información en la toma de decisiones</b>	Aplicación analítica	Frecuencia con la que se utilizan reportes o indicadores para decisiones estratégicas	Encuesta (ítems 8–10)	Escala Likert (1–5)
<b>Eficiencia operativa</b>	Tiempo de generación de reportes	Promedio de horas para generar un reporte completo	Encuesta (ítem 11) y observación de procesos	Escala ordinal
<b>Capacidades analíticas del personal</b>	Competencia y adopción tecnológica	Nivel de dominio de herramientas BI y disposición al uso del modelo	Encuesta (ítems 12–14)	Escala Likert (1–5)

*Nota.* Elaboración propia a partir del diagnóstico y objetivos del modelo de inteligencia de negocios propuesto para Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### Instrumento de análisis interno

En la Tabla 6 se presenta el instrumento de medición diseñado para la investigación aplicada en la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., teniendo en cuenta las diferentes variables identificadas.

**Tabla 6**

*Instrumento de medición propuesto*

<b>Preguntas</b>	
<b>PLANEACIÓN ESTRATEGICA</b>	
1.	En los procesos de definición de los objetivos, metas y estrategias se tiene en cuenta la información sobre la comercialización y de consumo históricos
2.	Los procesos de inteligencia de negocios aportar en la definición y seguimiento para el cumplimiento de los objetivos y las metas de la empresa
3.	Es importante la implementación de una herramienta tecnológica de inteligencia de negocios que ayude a tomar decisiones asertivas en pro del éxito de la empresa
4.	Se lleva a cabo un monitoreo en el cumplimiento de los objetivos, metas y estrategias con el fin de identificar fortalezas, debilidad y oportunidades de mejora
5.	Dentro de las estrategias para el cumplimiento de los objetivos y metas, se utilizan los análisis descriptivos de la información para conocer la gestión e identificar tendencias
6.	La empresa cuenta con indicadores de desempeño que miden la gestión y productividad
<b>HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIO</b>	
1.	Son importantes las fuentes externas e internas de información para la empresa en relación con la comercialización de energía
2.	Los sistemas información utilizados permiten identificar comportamientos históricos para apoyar la toma de decisiones futuras en la empresa en relación con la comercialización energía
3.	El análisis de los datos proporciona información para mejorar la productividad en la empresa
4.	Es importante que la empresa pueda contar con un equipo de Inteligencia de Negocios para la gestión de la información

---

### **Preguntas**

---

5. La información que se genera en los procesos de la compañía relacionados con la comercialización es útil para la toma de decisiones
  6. Una herramienta de inteligencia de negocios puede aportar al proceso de toma de decisiones basada en datos
- 

### **GESTIÓN DE LOS DATOS**

---

1. La recolección y consolidación de información de los procesos de comercialización en la empresa son automatizados
  2. Los colaboradores del área de comercialización tienen conocimiento de las fuentes de datos relevantes para el desarrollo de su trabajo
  3. Las políticas o procedimientos para la calidad de datos, para asegurar la integridad y fiabilidad de la información, son conocidos y socializados
  4. En el área comercialización se generan informes periódicos que reflejen información actualizada y oportuna para comprender el comportamiento de la demanda de energía
  5. Se consolidan y analizan los datos de forma permanente y actualizados, generando informes relevantes para la toma de decisiones
  6. Para entender la demanda de energía se hacen análisis estadísticos descriptivos y predictivos para identificar patrones o comportamientos
- 

### **IMPORTANCIA DE LA INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES**

---

1. Los sistemas implementados ayudan a predecir los requerimientos de consumo de energía para así estar listos ante cualquier eventualidad del mercado
  2. El área de comercialización utiliza métodos analíticos para examinar oportunidades de negocio que aporten a la promesa de valor
  3. Los datos son un activo valioso para el crecimiento de la empresa y por lo tanto, son gestionados y tratados para contribuir a la toma de decisiones
  4. La empresa aplica la inteligencia de negocios para identificar tendencias y cambios en el mercado de comercialización energía eléctrica
  5. Sí surgen preguntas del negocio se hace uso de análisis de datos internos y externos para obtener respuestas
  6. Implementar un modelo de Inteligencia de Negocios en la empresa contribuye a respaldar la toma de decisiones basadas en información objetiva
-

**Preguntas**

**MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE KPI Y MÉTRICAS**

1. El área de comercialización promueve proceso de retroalimentación para mejorar el aprovechamiento de los datos
2. El proceso de comercialización cuenta con un seguimiento continuo para mejorar los resultados
3. Llevar a cabo el seguimiento, monitoreo y control de la información de la empresa es la base para evaluar el desempeño de la comercialización de energía eléctrica
4. Para la empresa es muy importante tener indicadores asociados a la comercialización de energía eléctrica para medir el desempeño
5. La empresa cuenta con métricas o indicadores clave de rendimiento en relación con la comercialización de energía eléctrica

*Nota.* Elaboración propia.

**Validación del instrumento de medición**

Con el objetivo de garantizar la validez y confiabilidad del instrumento diseñado para el análisis interno de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., se llevó a cabo un proceso de evaluación estructurado mediante la aplicación del coeficiente V de Aiken, el cual permite cuantificar la relevancia de las preguntas (Escrura Mayaute, 1988). Para la recolección de datos, se utilizó una encuesta dirigida a 5 jueces seleccionados cuidadosamente por su experiencia y conocimiento en áreas relevantes (ver Tabla 7), buscando aprovechar su enfoque técnico y especializado que asegure la validez del instrumento en el contexto de la investigación.

**Tabla 7**

*Perfil de los jueces evaluadores del instrumento*

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Perfil</b>
Eurides Triana Triana	Subdirector de Gestión de Información de la UBPD	Estadístico Magister en Ciencia de Datos y en Estudios de Población

Nombre	Cargo	Perfil
		Especialista en Métodos de Análisis Demográfico
Diego Orlando Aponte Chiriví	Director del programa de Administración de empresas facultad de ciencias económicas – Universidad Militar Nueva Granada sede Cajicá	Administrador de empresas MBA en Dirección y Administración de Empresas Doctorado en Administración Gerencial
Carlos Alberto Almanza Junco	Director centro de investigaciones facultad de ciencias económicas – Universidad Militar Nueva Granada sede Cajicá	Ingeniero Industrial Administrador de empresas Doctorado en Administración de empresas
John Fredy Monsalve	Gerente de Operaciones Sol&Cielo	Ingeniero Químico especializado en Gerencia de Operaciones y en Alta Gerencia
Nelson Antonio Moreno	Docente EAN	Ingeniero de Sistemas especializado en Gerencia de Proyectos, con maestría y doctorado en Dirección de Organizaciones.

*Nota.* Elaboración propia.

La encuesta aplicada evalúa la claridad, la pertinencia y la relevancia, es decir, si la pregunta está correctamente redactada y es fácil de comprender por el evaluador, si la pregunta permite medir con precisión la variable identificada y si se evidencia un enfoque

teórico adecuado en la redacción de la pregunta, respectivamente. Para las respuestas se usó una escala con los valores 1 = totalmente en de acuerdo y 0 = totalmente en desacuerdo.

**Resultados**

En las preguntas que comprenden la variable “planeación estratégica” (ver *Figura 15*) una pregunta obtuvo valores inferiores a 0.8, por lo que se hace necesario revisarla junto a los comentarios obtenidos de los jueces.

**Figura 15**

Resultado V de Aiken para Planeación estratégica

A. PLANEACIÓN ESTRATEGICA			V DE AIKEN
<b>Preguntas</b>	1	En los procesos de definición de los objetivos, metas y estrategias se incorpora el conocimiento de los datos de comercialización y de consumo históricos	0.93
	2	La inteligencia de negocios aporta en la definición y seguimiento para el cumplimiento de los objetivos y las metas de la empresa	1.00
	3	Considera importante la implementación de una herramienta tecnológica que ayude a tomar decisiones asertivas en pro del éxito de la empresa	0.73
	4	Se monitorean los objetivos, metas y estrategias con el fin de identificar fortalezas, debilidad y oportunidades de mejora	0.93
	5	Dentro de las estrategias para el cumplimiento de los objetivos y metas, se tiene contemplado los análisis descriptivos de la información para conocer la gestión e identificar tendencias	0.87
	6	La empresa cuenta con indicadores de desempeño mediante los cuales mida su gestión y productividad	1.00

*Nota.* Elaboración propia.

En cuanto a la evaluación de las variables “herramientas de inteligencia de negocios” (ver *Figura 16*), “gestión de los datos” (ver

*Figura 17*), “importancia de los datos para la toma de decisiones” (ver *Figura 18*), y “medición y seguimiento de KPI y métricas” (ver *Figura 19*) se obtuvieron coeficientes superiores a 0.8. Estos resultados confirman que el instrumento evaluador está alineado y preparado para contribuir eficazmente al logro de los objetivos planteados en esta investigación.

**Figura 16**

*Resultado V de Aiken para Herramientas de inteligencia de negocios*

B. HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIO			V DE AIKEN
Preguntas	1	Considera importante las fuentes externas e internas de información para la empresa en relación con la comercialización de energía	0.87
	2	Los sistemas guardan información que permita identificar comportamientos históricos y apoyar la toma de decisiones futuras en la empresa en relación con la comercialización energía	0.93
	3	El análisis de los datos les proporciona elementos claves para mejorar la productividad en la empresa	0.93
	4	Es importante que la empresa pueda contar con un equipo permanente de Inteligencia de Negocios para la gestión de la información	0.87
	5	Considera que la información que se genera en los procesos de la compañía relacionados con la comercialización es útil para la toma de decisiones	0.87
	6	Considera que una herramienta de inteligencia de negocios puede aportar al proceso de toma de decisiones basada en datos	0.87

Nota. Elaboración propia.

**Figura 17**

*Resultado V de Aiken para Gestión de los datos*

C. GESTIÓN DE LOS DATOS			V DE AIKEN
Preguntas	1	La recolección y consolidación de información de los procesos de comercialización en la empresa son automatizados	1.00
	2	Los colaboradores del área de comercialización tienen conocimiento de las fuentes de datos relevantes para el desarrollo de su trabajo	1.00
	3	Las políticas o procedimientos para la calidad de datos, para asegurar la integridad y fiabilidad de la información, son conocidos y socializados	1.00
	4	En el área comercialización se generan informes periódicos que reflejen información actualizada y oportuna para comprender el comportamiento de la demanda de energía	1.00
	5	Se consolidan y analizan los datos de forma oportuna, generando informes relevantes para la toma de decisiones	0.93
	6	Para entender la demanda de energía se hacen análisis estadísticos descriptivos y predictivos para identificar patrones o comportamientos	1.00

Nota. Elaboración propia.

**Figura 18**

*Resultado V de Aiken para Importancia de la inteligencia de negocios para la toma de decisiones*

D. IMPORTANCIA DE LA INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES			V DE AIKEN
Preguntas	1	Los sistemas implementados ayudan a predecir los requerimientos de consumo de energía para así estar listos ante cualquier eventualidad del mercado	1.00
	2	El área de comercialización utiliza métodos analíticos para examinar oportunidades de negocio que aporten a la promesa de valor	1.00
	3	Los datos son un activo valioso para el crecimiento de la empresa y por lo tanto, son gestionados y tratados para contribuir a la toma de decisiones	1.00
	4	La empresa aplica la inteligencia de negocios para conocer tendencias en el mercado de comercialización energía eléctrica	0.93
	5	Sí surgen preguntas del negocio se hace uso de análisis de datos internos y externos para obtener respuestas	1.00
	6	Implementar un modelo de Inteligencia de Negocios en la empresa contribuye a respaldar la toma de decisiones basadas en información objetiva	1.00

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 19**

*Resultado V de Aiken para Medición y seguimiento de KPI y métricas*

E. MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE KPI Y MÉTRICAS			V DE AIKEN
Preguntas	1	El área de comercialización promueve proceso de retroalimentación para mejorar la recolección, almacenamiento y el análisis de datos	0.93
	2	El proceso de comercialización cuenta con un seguimiento permanente y continuo para mejorar los resultados	0.93
	3	Llevar a cabo el seguimiento, monitoreo y control de la información de la empresa es la base para evaluar el desempeño de la comercialización de energía eléctrica	1.00
	4	Para la empresa es muy importante tener indicadores asociados a la comercialización de energía eléctrica para medir el desempeño	1.00
	5	La empresa cuenta con métricas o indicadores clave de rendimiento en relación con la comercialización de energía eléctrica	1.00

*Nota.* Elaboración propia.

En general, la evaluación del instrumento arrojó resultados satisfactorios, evidenciando su adecuación para los propósitos establecidos. No obstante, se analizaron detalladamente los comentarios y observaciones proporcionados por los evaluadores, lo que permitió identificar áreas de mejora específicas. Con base en este análisis, se realizaron los ajustes pertinentes para optimizar su efectividad y asegurar un desempeño

aún más alineado con los objetivos del proyecto. En este sentido, a partir de los resultados del instrumento de evaluación, se destaca que sólo una de las preguntas tuvo una calificación por debajo de 0,80. Ahora bien, teniendo en cuenta las observaciones de los evaluadores, se consideró importante incorporar las recomendaciones, de tal manera que se fortaleció las preguntas que tuvieron una calificación menor a 1. Así mismo, para el ejercicio se llevó a cabo un ajuste menor en las preguntas de la sección “Planeación Estratégica” que tuvieron una calificación de 1. De esta manera en el presente anteproyecto, el instrumento de recolección propuesto tiene en cuenta los resultados de la evaluación.

### **Diagnóstico Organizacional**

Una vez aplicado el instrumento de recolección entre febrero – abril para la muestra seleccionada de 32 encuestados, se hace un análisis descriptivo que no solo tiene en cuenta los resultados de las preguntas para cada uno de los bloques establecidos de acuerdo con la escala utilizada, sino que busca identificar fortalezas y oportunidades que se identifican dentro de la organización en relación con el entendimiento e implementación de soluciones de Inteligencia de negocio

### **Procesamiento estadístico de datos**

Se obtuvo un total de 32 respuestas que cubren personal de todas las áreas de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., la cual fue analizada mediante el uso de Power BI, los resultados puntuales en relación con el perfil del personal encuestado y de cada una de las preguntas de los 5 ejes temáticos se presentan en el anexo B.

### **Análisis de los resultados**

La encuesta se aplicó a un total de 32 colaboradores de empresa comercializadora de energía Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., abarcando a dos grupos distintos dentro de la organización. En primer lugar, se distribuyó entre los 12 colaboradores que forman parte del área administrativa, siendo obligatorio para todo el equipo de administración completarla. Por otro lado, 18 colaboradores pertenecientes a diferentes áreas tales como financiera, operaciones, facturación, gerencia, comercial, contabilidad, sistemas y operaciones principalmente. Así mismo para tener un mejor análisis en términos de fortalezas y oportunidades de mejora, se tuvo en cuenta los cargos para poder entender no solo las necesidades y percepciones de área sino también las implicaciones del cargo que se desarrolla dentro de la empresa.

El área con una mayor cantidad de colaboradores es la financiera con 7, seguido de operaciones con 6 facturación y gerencia con 4, seguido de implementación, sistemas y registros con 2 colaboradores cada área. Se resalta que el 21,25% del personal que

contesto el instrumento interno de evaluación tiene formación profesional, que por las características del sector y el servicio que se presta conlleva una formación que se asocia al uso de los datos en términos generales para la labor que se ejecuta. Sólo 6 de los colaboradores encuestados tienen formación técnica.

Con base en los resultados de la encuesta aplicada y la revisión de los procesos actuales de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., se identificaron brechas relevantes en tres dimensiones: datos, procesos y personas. Estas brechas se comparan frente a los objetivos que se esperan alcanzar con la implementación del modelo de inteligencia de negocios, estableciendo una línea base y las metas proyectadas como se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Línea base y objetivos del modelo BI*

<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Baseline</b>	<b>Meta esperada</b>	<b>Brecha</b>
<b>Datos</b>	Integración de fuentes al sistema BI (%)	30% de las fuentes integradas manualmente	100% de las fuentes integradas en el Data mart.	Integración y automatización
<b>Datos</b>	Nivel de calidad y consistencia de los datos	Baja (duplicidades y datos incompletos)	Alto (validación automática de los datos y limpieza de estos)	Calidad de datos
<b>Procesos</b>	Tiempo promedio de generación de reportes	8 horas por reporte manual	Menos de 1 hora por reporte automatizado	Eficiencia
<b>Procesos</b>	Actualización de reportes	Mensual mediante	Diaria en tiempo real con	Frecuencia

Dimensión	Indicador	Baseline	Meta esperada	Brecha
		procesos manuales	la herramienta Power BI	
<b>Personas</b>	Colaboradores con competencias analíticas básicas	25% de los colaboradores tienen algún conocimiento	80% tendrán conocimiento tras capacitación en BI	Formación
<b>Personas</b>	Nivel de uso de herramientas BI	Bajo, sólo utilizan Excel	Alto, se debe generalizar el uso de Power BI	Cultura

*Nota.* Elaboración propia a partir del diagnóstico institucional (2025).

Los resultados evidencian que las mayores brechas se concentran en los procesos (automatización y oportunidad de la información), seguidos de los datos (integración y calidad). La dimensión de personas presenta un rezago asociado a la falta de competencias analíticas y la dependencia de la herramienta Excel.

El modelo BI que se propone abordar estas brechas de manera prioritaria mediante la consolidación de fuentes de datos en el Data mart, la automatización de procesos ETL y la reducción en tiempos de generación de reportes y la capacitación del personal en la herramienta Power BI. De esta manera, se establece una línea base cuantificable que permitirá evaluar objetivamente el impacto de la implementación del modelo de inteligencia de negocios en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### ***Planeación estratégica***

En relación con el componente de planeación estratégica se plantearon 6 preguntas que permitan identificar la percepción sobre la Inteligencia de Negocios para la planeación, el seguimiento y la toma de decisiones.

En general es una empresa que es consciente de la necesidad de los datos y la importancia de la información para la toma de decisiones, sobre todo en la medida que las ganancias que se generan en el marco de la comercialización estas se fundamentan en el diferencial que puedan tener entre el precio de la compra y venta de energía. En particular se destaca el valor que los encuestados perciben sobre el potencial de las herramientas de Inteligencia de Negocios para la toma de decisiones pues son conscientes de la importancia que tiene los datos para poder conocer las dinámicas del consumo y facturación de energía, así como para la definición y el seguimiento de objetivos en términos de los resultados de rentabilidad en relación con el precio de compra y de venta de la energía eléctrica. Se identifica que la información sobre comercialización y consumos históricos es relevante para la definición de estrategias, la compra anticipada de energía y la definición y logros de metas corporativa, sin esta información, es complejo poder generar metas aterrizadas que contribuya a que los equipos hagan los esfuerzos requeridos para potencializar los resultados económicos de la empresa.

Una de las oportunidades identificadas se relaciona con el aprovechamiento de los datos de consumo y venta de energía por las diferentes áreas, por ejemplo, usar el análisis descriptivo para identificar posibles patrones de consumo para mejorar la gestión de la empresa y la identificación de tendencias para poder garantizar el mayor beneficio posible entre el diferencial de compra y venta de energía, esta información es importante para alinear a todas las áreas, se identifica que algunas de ellas, en otras como financiera, gerencia, operaciones, jurídica y sistemas no hacen uso de estos datos, lo que puede romper sinergias que se encaminen a garantizar los precios de venta competitivos, esto se explica por las competencias de las personas con el que cuentan estas áreas en relación con el uso de los datos y conocimiento de las sinergias del sector.

Por último, para la gerencia es clave la necesidad de poder contar con indicadores de desempeño estandarizados para realizar seguimiento y control a la gestión y productividad, esto es importante, para que toda la organización en sus diferentes procesos tengan mediciones estandarizadas que den cuenta de los avances en relación con los grandes objetivos de la empresa, que de manera articulada se contribuya a la cadena de valor de la organización para garantizar a los usuarios precios de energía competitivos.

### ***Herramientas de inteligencia de negocios***

En las preguntas relacionadas con las herramientas de Inteligencia de Negocios, se evidencia que la empresa hace uso de datos externos e internos relación con los precios de la energía eléctrica, el consumo de energía y la caracterización de los clientes. Se resalta la conciencia que se tiene sobre la importancia de la información y el análisis de ésta, lo cual destaca en el papel de las herramientas de Inteligencia de Negocios como elemento clave para el desarrollo del negocio, esto en la medida que parte de las profesiones están asociadas a diferentes áreas del conocimiento de la ingeniería.

Si bien la empresa cuenta con sistemas de información básicos no automatizados y con información fragmentada, existe la necesidad de poder contar con sistemas de información robustos, que centralicen y garanticen la integridad de la información para poder obtener análisis descriptivos e históricos que apoyen la toma de decisiones gerenciales, el tener información dispersa en Excel sin controles de registro, sin homologación de variables, ponen en riesgo la integridad y seguridad de la información, esto en la medida que es una empresa joven, cuyo centro de los esfuerzos se encaminaron a la generación de la estructura organizacional encaminada a la comercialización de la energía, pero no se tuvo en cuenta la importancia de los datos transaccionales de la misma actividad para la tomar de decisiones, labor que ha tomado conciencia para mejorar los resultados.

Que la empresa pueda contar con mecanismos de gobernanza de datos, con reglas claras para garantizar la privacidad de estos, la consolidación y custodia de la información que no comprometa la calidad del dato es un aspecto que empieza a cobrar relevancia en la organización, en este sentido, los datos expuestos sin controles en su edición y registro pone en riesgo la calidad, acceso y visualización oportuna y controlada de la información sobre el consumo y facturación de energía.

Dentro de las oportunidades de mejora, se identifican poder utilizar múltiples fuentes para el análisis de la información, contar con herramientas de inteligencia de negocios y con un equipo capacitado para transformar los datos en información objetiva para la toma de decisiones, a la fecha no se cuenta con las capacidades técnicas, tecnológicas y humanas para desarrollar, implementar y mantener este tipo de herramientas.

### ***Gestión de los datos***

El componente denominado gestión de datos incluye las actividades relacionadas con el diseño, recolección, procesamiento, análisis, custodia visualización y acceso de la información.

Se distinguen algunas prácticas relacionadas con la recolección de datos en archivos de Excel sin ningún tipo de estandarización, sin controles de validación en el registro, con categorías sin estandarizar y sin control de edición o manejo de versiones. Esta situación se debe a la diversidad en los perfiles de quienes procesan la información y a las herramientas tecnológicas con las que cuentan a la fecha, que básicamente es Excel y Power BI, pero no se tienen herramientas que contribuyan a la gestión y gobernanza de los datos.

Con las matrices en Excel con las que cuenta la empresa, se generan informes periódicos (no dinámicos) para tener una aproximación al comportamiento de precios y consumo de energía, sin embargo, no es una actividad sistemática, no se cuenta con toda la infraestructura tecnológica, organizacional, de conocimientos para lo que implica

la gestión de la información para la toma de decisiones y sobre todo no se tienen visualizaciones que permitan tener una comprensión diferentes de los datos, esto se une a que el personal con el que cuenta actualmente la empresa no se especializa en inteligencia de negocios y ciencia de datos. Si bien, en la encuesta se manifiesta interés en realizar análisis predictivo, aunque no se identifica ningún modelo que permita estimar posibles precios y demanda de energía eléctrica; esto puede darse por desconocimiento de lo que implica el análisis prescriptivo.

En este componente, existen oportunidades de mejora como es la construcción del modelo de datos para la inclusión automática de las fuentes, la validación y normalización de los datos, así como garantizar rutinas para la calidad y consolidación de los datos, para la generación de informes periódicos, actualizados e interactivos que, entre otros aspectos, contribuya al análisis descriptivo y predictivo y una mayor apropiación del personal técnico y operativo en el análisis y aprovechamiento de la información.

En la actualidad, la empresa carece de todos estos componentes debido a su infraestructura tecnológica, al perfil de sus colaboradores y la ausencia de un área que consolide, organice y procese toda la información de la comercialización de energía para disposición mediante visualizadores a las diferentes áreas de la empresa bajo una visión estratégica de las diferentes métricas y KPI asociados a la comercialización y al comportamiento de los precios de la energía eléctrica.

### ***Importancia de la inteligencia de negocios para la toma de decisiones***

En relación con la identificación de la importancia de la Inteligencia de Negocios para la toma de decisiones, la empresa es consciente del valor de los datos como activo para mejorar el conocimiento de la empresa, identificar fortalezas y oportunidades de mejora en relación con los resultados de la comercialización de energía eléctrica, esto se ha venido identificando en la medida que la empresa ha ido consolidando su estructura y ha

generado una mayor capacidad organizacional para la actividad de comercialización de energía eléctrica, que al ser un sector cuya variabilidad de los precios depende de la oferta y la demanda, solo con datos es posible disminuir las asimetrías de información propias de la actividad y de esta manera ir capturando cada vez más usuarios de la energía eléctrica.

Adicionalmente, desde la gerencia se ha identificado la necesidad de fortalecer la toma de decisiones mediante información útil bajo una visión global y estratégica, lo que implica cambiar la forma en que se plasman las metas soportadas en evidencias y no es supuestos o anhelos, esto implica poder tener una visión integral del negocio, poder detectar tendencias y oportunidades en especial sobre el posible comportamiento de los precios de la energía, esto conlleva la automatización y optimización de procesos, lograr monitoreo en tiempo real y por ende contribuir a la materialización de la promesa de valor de tarifas competitivas.

Los procesos y formatos para el procesamiento de la información que se tienen implementados pueden ayudar a tener algunas aproximaciones frente a los posibles requerimientos de consumo de energía, pero la fragmentación de la información puede generar que éstas no sean precisas, así mismo, en la medida que la consolidación de la información es manual, existe una mayor probabilidad de errores que pueden afectar las estimaciones que se hacen con las herramientas que proporciona Excel, unido a que no se tienen las capacidades para hacer uso de información en línea de diferentes fuentes y procesar en tiempo real, para un mayor aprovechamiento de la información, pues se tienen rezagos que sobrepasa el día.

Por lo anterior, se requiere fortalecer el proceso de estimaciones soportado en bases de datos robustas que incorpore diferentes fuentes de información para mejorar la capacidad analítica e implementar herramientas de Inteligencia de negocios que permitan identificar tendencias y cambios en el mercado de comercialización de energía. En

general, se requiere desarrollar una estructura de datos robusta que soporte el análisis del mercado energético en el cual participa la empresa Sol&Cielo.

### ***Medición y seguimiento de KPI's y métricas***

En relación con la medición y seguimiento de KPI y métricas, la empresa tiene una conciencia sobre la importancia de los indicadores para la comercialización de la energía como elemento fundamental para mejorar el desempeño y poder capturar más usuarios dentro del mercado de la energía eléctrica, esto lo han venido aprendiendo con el pasar del tiempo en el desarrollo de la actividad de comercialización. Recientemente con la definición de su promesa de valor “Reduce hasta un 15% en tu factura de energía desde el primer mes, con tarifas transparentes y sin sorpresas” ha incentivado la implementación de KPI's y métrica que permitan tener una mejor aproximación a los posibles precios de la energía eléctrica.

Existe una percepción general en la cual se promueven los procesos de retroalimentación para tener un mejor aprovechamiento de los datos, el uso de mecanismos como métricas e indicadores claves para el seguimiento y la mejora de los resultados y sobre todo poder aumentar el número de clientes de energía eléctrica para Sol&Cielo.

Desde hace 8 años que Sol&Cielo incursionó en la comercialización de energía no se contaba con métricas puntuales para monitorear la gestión y el comportamiento de tarifas y consumos de energía, es solo a partir de mediados de 2024 que se empieza a generar prácticas de retroalimentación para la prestación de un mejor servicio a sus clientes y de esta manera poder responder a las dudas y estimaciones del consumo de los mismos en menos de 24 horas como parte de la nueva promesa de valor, lo que implica un aprovechamiento efectivo y eficiente de los datos.

Dadas las nuevas competencias que se deben desarrollar en la empresa, se identifica una oportunidad de mejora, encaminada a la construcción y rediseño de KPI y métricas

dinámicas, que sirvan de base para el seguimiento y la identificación de tendencias, así como la mejora del rendimiento y la gestión en todas las áreas de la empresa.

En general, las oportunidades de mejora identificadas deben integrarse en todos los componentes en los que la Inteligencia de Negocios puede aportar valor. Esto incluye diseñar indicadores orientados a la medición de la gestión y los resultados, identificar y aprovechar las diversas fuentes de datos para la extracción de información, establecer procesos para el tratamiento de los datos y generar métricas útiles para el análisis y la proyección del comportamiento del mercado energético. Todo lo anterior debe estar respaldado por mecanismos de automatización que fortalezcan la gobernanza de la información y respalden una toma de decisiones más eficiente en la empresa Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. y sobre todo siempre poder garantizar el valor que deben pagar los consumidores al adquirir el servicio de energía a Sol&Cielo.

En la actualidad la empresa no tiene ni la infraestructura ni la capacidad técnica para la incorporación de la inteligencia de negocios, esto se refleja en su capacidad actual en la gestión de los datos y el aprovechamiento de la información.

### **Plan de Intervención**

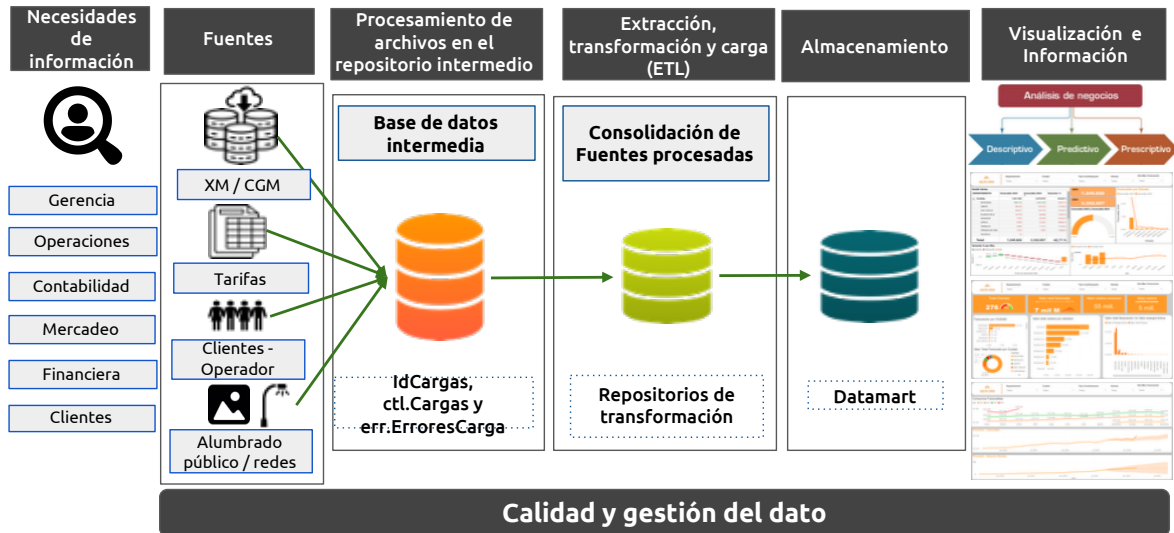
Como resultado del diagnóstico realizado, donde se contempló tanto el análisis del contexto interno, las diferentes variables externas que afectan a la compañía, así como el nivel de adopción y uso de herramientas de Inteligencia de Negocios en sus procesos clave, se diseñó un modelo de inteligencia de negocios orientado a fortalecer la gestión de la información y mejorar la toma de decisiones en la organización y se estructuró un plan de implementación ajustado a las condiciones de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### **Modelo de inteligencia de negocios**

En la Figura 20 se presenta la arquitectura multicapa propuesta para el modelo. A partir de las necesidades de información, en la capa de datos se prepara la información proveniente de diversas fuentes que permitan dar respuesta a dichas necesidades. En la capa de repositorio intermedio se recopila la información, asegurando su calidad y consistencia. La capa ETL mueve los datos del repositorio al almacenamiento, transformándolos para facilitar su uso. En la capa de almacenamiento, los datos se estructuran en data mart enfocados en un tema. En la capa de visualización se implementan herramientas de visualización interactiva y técnicas de análisis que permitan la exploración y comprensión de la información.

**Figura 20**

*Arquitectura del modelo de BI*



*Nota.* Elaboración propia

El modelo propuesto contempla que, una vez lograda la ingesta de datos de consumo, se proceda a su integración junto con otras fuentes de datos que se describen más adelante. Estas fuentes son accedidas de forma automática, y mediante reglas propuestas se logra el procesamiento de los diferentes archivos en el repositorio intermedio. En este espacio las variables son homologadas y organizadas de acuerdo con sus características de dimensiones y hechos.

Posteriormente, el sistema realiza el cargue mensual y se distribuye la información en las diferentes tablas que alimentan el modelo conforme al mapeo de todas las transformaciones. De esta manera, toda la información asociada a la comercialización de energía, se consolida en un data mart, el cual alimenta de forma automática el tablero de control desarrollado en Microsoft Power BI. Esta integración permite conocer la información sobre el consumo, tarifas aplicadas, seguimiento y proyecciones, con la posibilidad de realizar análisis a partir de catálogos como departamento, ciudad, tipo de contribuyente, estrato y año y mes de facturación.

### ***Necesidades de información***

Como resultado del análisis interno y de acuerdo con las indagaciones que se tuvo con la gerencia, las áreas de operaciones, contabilidad mercadeo y financiera principalmente, se logró la identificación de las siguientes necesidades de información.

**Generalidades.** Poder contar con información dinámica que dé cuenta del total de clientes, valor facturado, facturación por ciudad, por estrato y comparaciones entre el valor total facturación y valor energía activa.

**Tarifas.** Se requiere poder contar con información de tarifa máxima, mínima y promedio por departamento, ciudad, tipo de contribuyente estrato y año y mes, así como su relación con los clientes el promedio comparativo por año y mes de la tarifa aplicada, que permita conocer el comportamiento y evolución de esta.

**Consumo.** Se requiere poder contar con información dinámica del tipo de consumo promedio, consumo facturable, consumo energía reactiva, consumo total activo, por categoría y comparativo entre ciudades, que pueda ser segmentado ya sea por departamento, tipo de contribuyente, estrato y año y mes de facturación.

**Seguimiento.** Se requiere poder contar con información que permita el seguimiento de la actividad de la empresa lo que conlleva a poder tener comparables entre la evolución de la facturación por ciudad que mediante año y mes permita conocer su crecimiento, así como el comparativo de la facturación entre años por estrato y e identificar la variación porcentual por mes que mediante el uso se semáforo presente aquellas temporalidades con aumento y disminución, así como la evolución de las ventas y su promedio móvil durante el año por mes.

**Pronósticos.** poder comparar el consumo facturable por año y su posible evolución a futuro, así como la estimación de previsión de energía para consumo futuro y la estimación de rangos de posibles clientes.

### **Fuentes de datos**

**Lecturas del Centro de Gestión de Medida (CGM).** El Centro de Gestión de Medida (CGM) suministra las lecturas de los equipos de medición instalados en cada usuario. La empresa CGM genera un archivo en Excel con la relación de las lecturas de cada usuario por hora, cada día, conocido como Matriz Fronteras. Este archivo se descarga de la plataforma de XM. Generalmente es la información del día anterior, en algunos casos se demora máximo hasta 48 horas. En ese archivo vienen todos los clientes del día y trae los ítems activa importada (consumos), activa exportada (generación), reactiva (energía ineficiente) y capacitiva (energía ineficiente). Esta información es utilizada para calcular el valor de la facturación de los clientes. Se descarga una versión diaria para realizar controles y una versión al finalizar el mes con todo el acumulado, la cual es utilizada para realizar la facturación.

**Cliente.** En un archivo de Excel se consolida la información de facturación y de contacto de los clientes de la comercializadora. Este archivo se actualiza cada vez que se reportan cambios en los datos de los clientes o cuando ingresa un nuevo cliente.

**Actividad Económica.** Algunas actividades económicas CIU están exentas de gravámenes que se cobran en el servicio de energía eléctrica. En un archivo de Excel se encuentran registradas dichas actividades. Esta información está relacionada con la actividad económica del cliente.

**Alumbrado público.** En un archivo de Excel se consolida los acuerdos de cobro de alumbrado público de cada municipio. Esta información es utilizada para cobrar este concepto a los usuarios y trasladarlo al respectivo municipio. Se actualiza anualmente o cuando se inicia operación en un nuevo municipio que no se encuentre registrado.

**Estrato.** Es un listado con los estratos usados para el cobro de servicios públicos con el porcentaje de subsidio que aplica para los estratos bajos y la contribución que deben realizar altos, comerciales e industriales.

**Municipio.** Listado de los departamentos y municipios de Colombia y su codificación DANE. Adicionalmente se encuentra registrada la cantidad de kWh que son subsidiados para cada municipio.

**Nivel de tensión.** Presenta la relación de los niveles de tensión con la variable propiedad.

**Operador de Red.** Listado de los operadores de red de los clientes. Contiene la información normativa que debe llevar la factura.

**Parámetros.** Listado de diferentes valores necesarios para el cálculo de la facturación. Por ejemplo, el valor de una UVT, el salario mínimo mensual legal vigente.

**Tarifas.** Corresponde a un detalle de todos los componentes que se requieren para calcular el valor de la facturación de energía eléctrica. Estos valores son publicados mensualmente en la página [www.sol-cielo.com](http://www.sol-cielo.com). Los valores publicados en un mes son la base tarifaria para los cobros del mes siguiente.

**Tarifas Operador Red.** Cada mes se consolida en un archivo de Excel la tarifa por kWh que cobra el operador de red por el uso de las redes eléctricas y los transformadores de energía. Esta tarifa es la misma para todos los clientes, independiente al estrato.

**Tasa de seguridad.** Corresponde a un impuesto implementado por las administraciones departamentales para mejorar las condiciones de seguridad. En un archivo en Excel se encuentra el detalle de los departamentos que tienen implementado este recaudo.

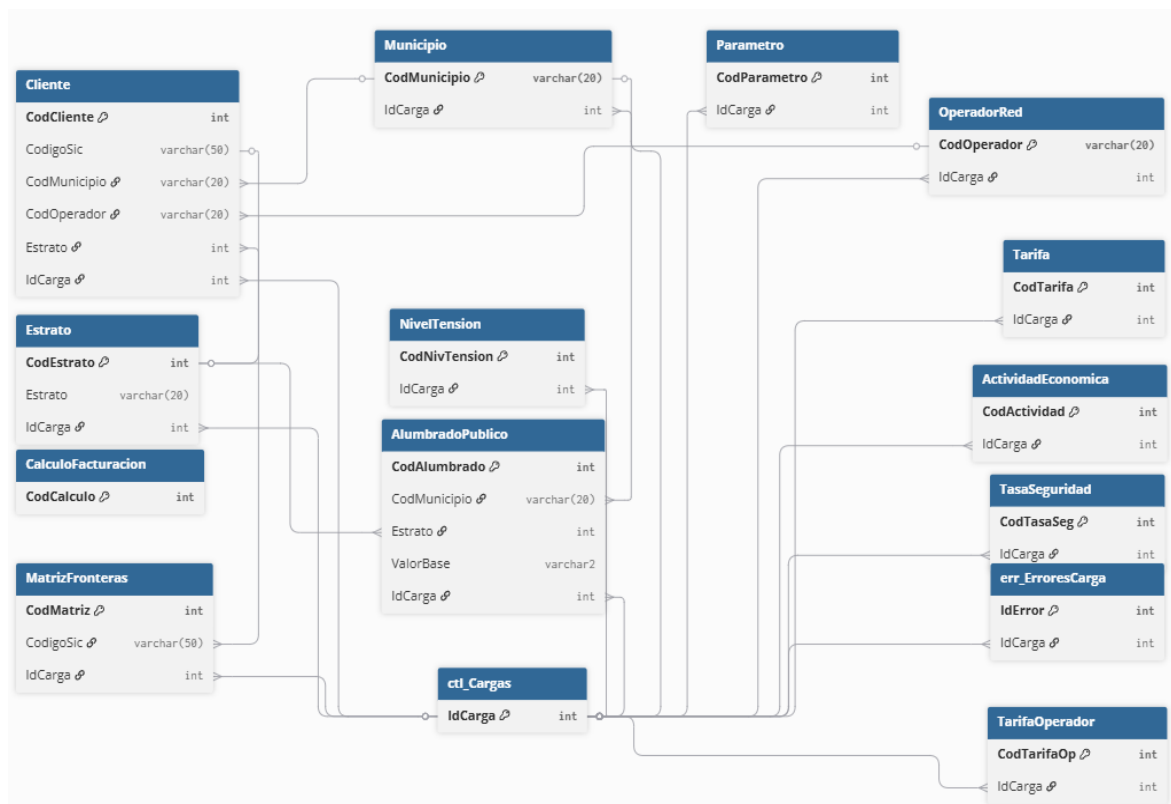
### ***Procesamiento de archivos en el repositorio intermedio***

Debido a que no existe una fuente de datos estructurada, se propone realizar un cargue previo en un repositorio intermedio que permita mantener la trazabilidad de los datos. Desde este almacenamiento se procede con la transformación y carga al modelo BI. Para el repositorio intermedio se plantea un modelo de datos que permite el cargue

de múltiples archivos de CGM, tablas pequeñas de referencia para las demás fuentes de datos, y cargas iniciales para generar las transformaciones en la herramienta ADF/Databricks. La base de datos intermedia se almacenará en Azure SQL Database, centralizando en un único esquema tanto las tablas de recepción de planos como las tablas de control y error (véase Figura 21).

**Figura 21**

*Modelo físico de la base de datos intermedia*



*Nota.* Elaboración propia en la herramienta dbdiagram.io. Solo se muestran las relaciones y las llaves primarias (PK) y las llaves foráneas (FK).

Este diseño busca asegurar la trazabilidad de cada carga mediante el campo IdCarga, que permitirá relacionar los datos recibidos con la bitácora de ejecución tabla ctl.Cargas y, en caso de inconsistencias, con la tabla de errores (err.ErroresCarga). De esta forma, cada archivo procesado queda registrado con su fuente, nombre, fecha y estado, y

cualquier registro rechazado conserva la descripción del error y el registro original para diagnóstico. El diseño de las tablas se encuentra detallado en el Anexo C. Diccionario de datos del repositorio intermedio.

En el desarrollo del ejercicio propuesto, el repositorio intermedio actúa como un buffer operativo entre las fuentes externas y el data mart, garantizando que los datos cargados en el modelo estrella ya estén validados, tipificados y documentados. Además, la simplicidad de este enfoque en el cual se manejará una sola base con las tablas de recepción, error y control permitirá reducir la complejidad operativa, facilitar los reprocesos y mantener un control histórico de las cargas sin necesidad de múltiples bases distribuidas o la necesidad de generar múltiples stages. Sin embargo, se sugiere que en la medida del crecimiento del proyecto BI se puedan implementar nuevos esquemas y así mismo aumentar las tablas de auditoría.

Dado que el volumen de datos es pequeño, se propone realizar un cargue completo de la información mediante un proceso programado mensualmente. Esta estrategia resulta más conveniente que la implementación de procesos diarios o en tiempo real, ya que el esfuerzo técnico y el costo de la infraestructura requeridos para cargar de manera más frecuente no se justifica frente al tamaño de los archivos y la estabilidad de las fuentes.

El esquema de cargue mensual facilita la gestión operativa al consolidar los archivos recibidos en una única ejecución controlada, reduce la probabilidad de errores derivados de ejecuciones frecuentes y brinda el tiempo suficiente para que el equipo asignado pueda realizar las validaciones y ajustes necesarios antes de iniciar la siguiente carga. En la Figura 22 se presentan los pasos de dicho procedimiento.

**Figura 22**

*Procedimiento de cargue mensual*



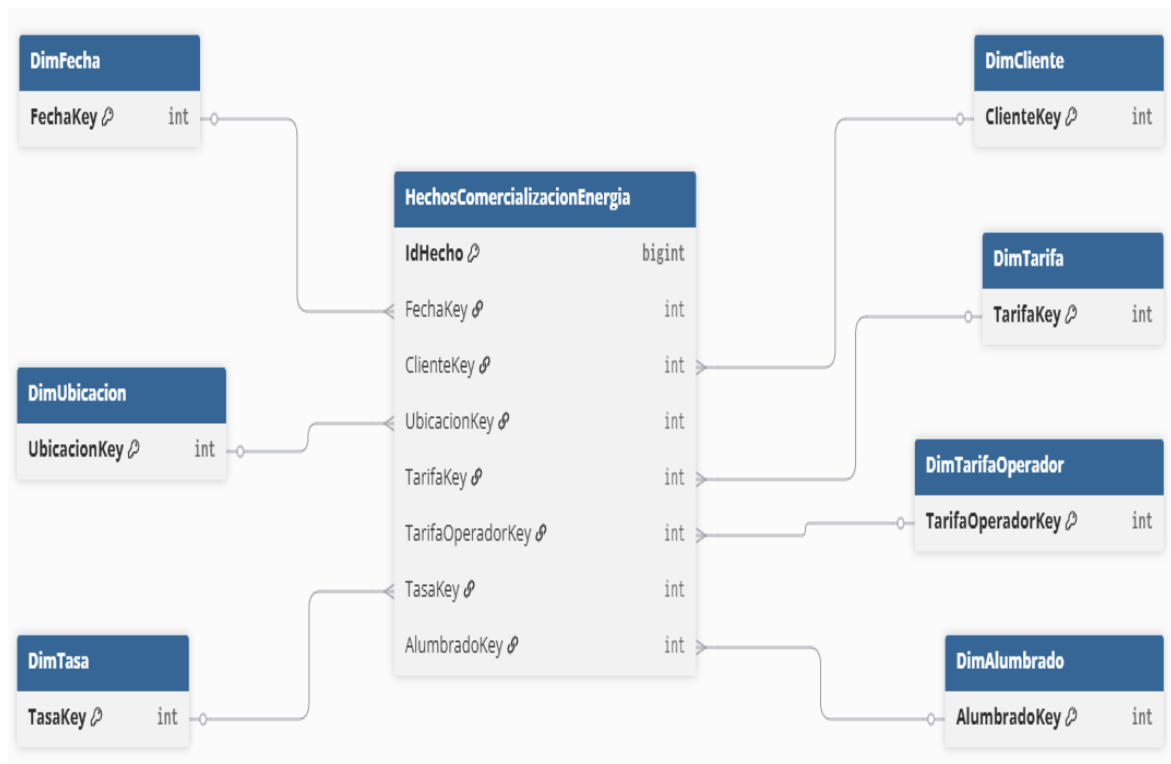
*Nota.* Elaboración propia.

**Almacenamiento**

En la Figura 23 se encuentra el modelo dimensional tipo estrella que ha sido propuesto para la solución de inteligencia de negocios. Este modelo está compuesto por una tabla de hechos correspondiente a la comercialización de energía y las dimensiones que la describen.

**Figura 23**

*Modelo de BI propuesto resumido*



*Nota.* Elaboración propia en la herramienta dbdiagram.io.

**Síntesis del proceso:**

El proceso inicia con la recepción de archivos planos provenientes de las diferentes fuentes de información y se almacenan en el DataLake. Estos archivos se cargan en la base de datos intermedia (Azure SQL), específicamente en las tablas de carga, cada registro asociado a un identificador de carga (IdCarga) que garantiza la trazabilidad de su ejecución lo cual permitirá tener un seguimiento sobre la ejecución exitosa o si se presenta alguna falla en el proceso.

Durante esta etapa se registran en la tabla de control ctl.Cargas los metadatos de la ejecución (fuente, archivo, fechas, estado y conteos) y, en caso de inconsistencias, los registros rechazados se almacenan en la tabla de errores err.ErroresCarga, conservando la descripción de la fuente y el registro original.

Una vez descargados los datos, se ejecutan procesos de transformación y limpieza en Azure Data Factory y Azure Databricks, que incluyen validaciones de formato, homologación de catálogos (municipio, estrato, operador), eliminación de duplicados y normalización de claves. Estos pasos preparan la información para su consolidación y permiten mantener la calidad y consistencia en todas las fuentes.

Finalmente, los datos transformados se cargan en el data mart, estructurado bajo un modelo estrella que combina dimensiones (Fecha, ubicación, Tarifa, Tarifaoperador, Tasa, Alumbrado, Cliente) con la tabla de hechos de comercialización. Este diseño permite realizar análisis históricos y comparativos, facilitando la explotación de la información mediante Power BI, donde se generan indicadores de consumo, costos, ingresos y márgenes que apoyan la toma de decisiones estratégicas.

### ***Modelado de Datos***

El modelo de datos propuesto para el proyecto de inteligencia de negocios de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. se estructura bajo un esquema dimensional tipo estrella, diseñado para facilitar el análisis integral de la información proveniente de las fuentes operativas, regulatorias y del mercado energético colombiano. La tabla de hechos denominada HechosComEnergia, consolida los valores de consumo, precios y costos asociados a las transacciones de compra y venta de energía eléctrica, constituyéndose en el núcleo analítico del modelo.

Este modelo se complementa con diversas tablas de dimensiones que permiten realizar análisis desde diferentes perspectivas de negocio: DimFecha, DimUbicacion, DimTarifa, DimTarifaOperador, DimTasa, DimAlumbrado y DimCliente.

Este modelo favorece la exploración de los datos mediante indicadores y visualizaciones dinámicas, permitiendo a la empresa identificar patrones de consumo, variaciones de precios, márgenes de comercialización y oportunidades de optimización en la gestión energética.

El proceso de modelado dimensional se definió con base en criterios de simplicidad, eficiencia de consulta y alineación con las necesidades analíticas de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. La granularidad del modelo se estableció a nivel de consumo y precio diario por cliente, tarifa y ubicación geográfica, lo que permite analizar el comportamiento del mercado y las variaciones del costo de compra y venta de energía con suficiente detalle. En cuanto a la periodicidad, el modelo consolida información diaria y mensual, aunque el proceso de cargue de información desde las fuentes operativas se ejecuta de forma mensual, la estructura del modelo conserva un nivel de detalle diario, permitiendo realizar análisis históricos y comparativos por día y por mes, integrando históricos que facilitan análisis comparativos y proyecciones de tendencia. Se optó por un esquema en estrella debido a que ofrece mayor facilidad de comprensión para los usuarios de negocio, mejor desempeño en consultas analíticas de Power BI y menor complejidad de mantenimiento en comparación con alternativas como el esquema en copo de nieve. Las dimensiones fueron normalizadas únicamente en los casos necesarios para evitar redundancias o mejorar la integridad referencial, priorizando siempre la eficiencia en la recuperación de información y la claridad en la interpretación de los datos.

A continuación, se describen en detalle las tablas de dimensiones y tabla de hechos, las cuales proporcionan el contexto necesario para analizar la información desde diferentes perspectivas.

**DimFecha.** Permite realizar análisis temporales detallados como tendencias por mes, estacionalidad por trimestre, comportamiento por días de la semana o comparación entre años. La descripción detallada de la tabla se encuentra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Diseño físico de la dimensión Fecha (DimFecha)*

<b>DimFecha</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	FechaKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada fecha.
	Fecha	Fecha	Fecha en formato completo (DD/MM/YYYY)
	Año	Numérico	Año en formato de cuatro dígitos.
	Mes	Numérico	Número del mes (1–12).
	Día	Numérico	Número del día del mes (1–31).
	NombreMes	Texto	Nombre del mes.
	AñoMes	Numérico	Fecha AAAAMM en tipo de dato numérico.
	Trimestre	Numérico	Número de trimestre del año (1–4).
	DíaSemana	Numérico	Número del día de la semana (1=Lunes, 7=Domingo, según corresponda).
	EsFestivo	Booleano	Indica si la fecha corresponde a un día festivo (Si o No).
	UltimoDiaMes	Booleano	Indica si la fecha corresponde al último día del mes.

*Nota.* Elaboración propia.

**DimUbicacion.** Esta dimensión es una jerarquía compuesta por los niveles departamento y municipio. Cada transacción está asociada a un municipio, permitiendo análisis geográficos como comparación entre regiones o desempeño por ciudad. El diseño de esta dimensión se encuentra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Diseño físico de la dimensión Ubicación (DimUbicacion)*

<b>DimUbicacion</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	UbicacionKey (PK)	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada ubicación.
	CodDepartamento	Texto	Código del departamento
	Departamento	Texto	Nombre del departamento
	CodMunicipio	Texto	Código del municipio
	Municipio	Texto	Nombre del municipio
	EnergiaSubsidiada	Numérico	Kwh subsidiados para el municipio.

*Nota.* Elaboración propia.

**DimTarifa.** En esta dimensión se detalla el costo de cada uno de los ítems que hacen parte de la facturación. El detalle de esta dimensión se encuentra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Diseño físico de la dimensión Tarifa (DimTarifa)*

<b>DimTarifa</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	TarifaKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada registro.
FK	FechaKey	Numérico	Identificador de la fecha para la que aplica la tarifa.
	Gm	Numérico	Valor que corresponde a la tarifa de generación.
	Tm	Numérico	Valor que corresponde a la tarifa de transmisión.
	Pr	Numérico	Valor que corresponde a la tarifa de pérdidas.
	Rm	Numérico	Valor que corresponde a la tarifa de restricciones.

<b>DimTarifa</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
	Cv	Numérico	Valor que corresponde a la tarifa de comercialización.

*Nota.* Elaboración propia.

**DimTarifaOperador.** Esta dimensión contiene los valores que cada operador de red cobra por el uso de las redes de energía de eléctrica. El diseño de la dimensión puede consultarse en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Diseño físico de la dimensión Tarifa del Operador de Red (DimTarifaOperador)*

<b>DimTarifaOperador</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	TarifaOperadorKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada registro.
FK	FechaKey	Texto	Identificador de la fecha para la que aplica la tarifa
	CodOperador	Texto	Identificador del Operador
	Propiedad	Texto	Indica el tipo de propiedad a la que aplica la tarifa
	Valor	Numérico	Valor del componente tarifario

*Nota.* Elaboración propia.

**DimTasa.** Esta dimensión contiene los valores que se deben cobrar al usuario por concepto de tasa de seguridad de acuerdo con las regulaciones de cada departamento.

La descripción de la dimensión se encuentra en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Diseño físico de la dimensión Tasa de seguridad (DimTasa)*

<b>DimTasa</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	TasaKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada registro.
FK	UbicacionKey	Texto	Ubicación para la que aplica la tasa.
	TipoTasa	Texto	Indica la forma de cobro: Valor fijo o porcentaje.
	ValorFijo	Numérico	Valor cuando el tipo de tasa es valor fijo
	Porcentaje	Numérico	Valor cuando el tipo de tasa es porcentaje

*Nota.* Elaboración propia.

**DimAlumbrado.** Esta dimensión contiene los valores que se deben cobrar al usuario por concepto de alumbrado público. El detalle de la dimensión se encuentra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Diseño físico de la dimensión Alumbrado público (DimAlumbrado)*

<b>DimAlumbrado</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	AlumbradoKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única cada registro.
FK	UbicacionAlumbrado	Numérico	Identificador de la ubicación donde aplica el alumbrado público
	Estrato	Texto	Estrato para el que aplica la tarifa

<b>DimAlumbrado</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
	Minimo	Numérico	Cantidad mínima de consumo para la que aplica la tarifa
	Maximo	Numérico	Cantidad máxima de consumo para la que aplica la tarifa
	Impuesto	Numérico	Porcentaje o valor fijo que se cobra
	Unidad	Texto	Forma de cobrar la tarifa de alumbrado público. Si es Porcentaje se calcula el porcentaje de la columna impuesto sobre ValorBase. Si la base es Pesos se cobra el valor en Impuesto.
	Base	Texto	Indica el tipo de base sobre la que se cobra
	ValorBase	Numérico	Valor de la base

*Nota.* Elaboración propia.

**DimCliente.** Describe las características del cliente, facilitando la segmentación por tipo, ubicación, nivel socioeconómico o sector económico, lo cual es clave para el análisis de rentabilidad y consumo. El cliente tiene una relación natural con las entidades Actividad Económica, Operador de Red, Estrato, Nivel de tensión; por conveniencia del modelo a la dimensión Cliente se le han agregado los atributos necesarios para indicar dicha relación. La descripción detallada de la tabla se encuentra en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Diseño físico de la dimensión Cliente (DimCliente)*

<b>DimCliente</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	ClienteKey	Numérico	Clave primaria que identifica de forma única a cada cliente.
	CodInterno	Texto	Codificación interna para identificar al cliente
	CodSic	Texto	Identificación única del cliente, asignada por XM
	Niu	Numérico	Identificación única asignada por el operador de red.
	TipoPersona	Texto	Indica si es el cliente es persona natural o jurídica
	TipoDocumento	Texto	Tipo de documento del cliente
	Documento	Texto	Número del documento del cliente
	Dv	Numérico	Dígito de verificación del documento
	Nombre	Texto	Nombre completo o razón social del cliente
	CodActividad	Texto	Actividad económica del cliente
	ActividadExenta	Booleano	Indica si tiene exención por la actividad económica
FK	UbicacionKey	Numérico	Identificador de la ubicación del servicio.
	Zona	Texto	Clasificación de la zona donde se encuentra ubicado el servicio (Urbano, Centro poblado, Rural)
	Direccion	Texto	Dirección donde se encuentra ubicado el cliente

<b>DimCliente</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
	TipoCliente	Texto	Clasificación del cliente (Comercializador, Frontera, Asociado).
	TipoMercado	Texto	Indica el tipo de mercado (Regulado, No Regulado).
	CodOperador	Numérico	Indica el operador de red
	Estrato	Texto	Clasificación del predio (comercial, residencial, industrial) y clasificación socioeconómica (1-6) si el predio si es residencial.
	TipoContribuyente	Texto	Indica si es beneficiario de subsidio o está obligado a realizar contribución.
	Subsidio	Numérico	Porcentaje de subsidio otorgado a los estratos residenciales bajos o contribución recaudada en los estrato altos, comerciales o industriales.
	Propiedad	Texto	Indica si el transformador es del cliente o del operador de red
	NivelTension	Texto	Clasificación del nivel de tensión de la red
	PagaReactiva	Booleano	Indica si debe pagar energía reactiva

*Nota.* Elaboración propia.

**HechosComEnergia.** La tabla de hechos se centraliza las métricas transaccionales del negocio energético. Cada registro representa un evento de comercialización (consumo o generación) asociado a un cliente, una fecha y una ubicación de operación.

Esta tabla es la base para calcular indicadores como consumo total, costo promedio, participación por producto o zona, y comportamiento por tipo de mercado. Para cada cliente existe un registro diario con los datos de consumo y generación de energía, así como los cálculos de los componentes de facturación. Los componentes que dependen del acumulado mensual son ingresados en el último día del mes. La descripción de la dimensión se encuentra en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Diseño físico de la tabla de hechos Comercialización de Energía (HechosComEnergia)*

<b>HechosComEnergia</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
PK	HechoKey	Numérico	Identificador único de cada registro en la tabla de hechos, utilizado como clave primaria.
FK	FechaKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimFecha. Asocia el registro con la fecha del evento
FK	ClienteKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimCliente. Asocia el registro con el identificador del cliente.
FK	UbicacionKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimUbicacion. Asocia el registro con el identificador de la zona de ubicación del cliente.
FK	TarifaKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a DimTarifa
FK	TarifaOperadorKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimTarifaOperador

<b>HechosComEnergia</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
FK	TasaKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimTasa.
FK	AlumbradoKey	Numérico	Llave foránea que hace referencia a la dimensión DimAlumbrado.
	Activa	Numérico	Energía consumida
	ActivaExportada	Numérico	Energía generada
	Reactiva	Numérico	Energía ineficiente durante el consumo
	Capacitiva	Numérico	Energía ineficiente durante la generación
	ReactivaPenalizable	Numérico	Diferencia entre energía reactiva y capacitiva Activa-ActivaExportada. Cruce entre energía consumida y energía generada.
	Facturable	Numérico	Cobro por el componente Generación de energía.
	Gm	Numérico	Facturable por la tarifa de Gm del mes correspondiente. Cobro por el componente Transmisión de energía.
	Tm	Numérico	Facturable por la tarifa de Tm del mes correspondiente. Cobro por el componente Pérdidas de energía.
	Pr	Numérico	Facturable por la tarifa de Gm del mes correspondiente. Cobro por el componente Restricciones de energía.
	Rm	Numérico	

<b>HechosComEnergia</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
			Facturable por la tarifa de Rm del mes correspondiente.
Cv		Numérico	Cobro por el componente Comercialización de energía. Facturable por la tarifa de Cv del mes correspondiente.
			Cobro por la comercialización de energía generada.
ComCreg		Numérico	Activa_Exp por la tarifa de Cv del mes correspondiente.
			Cobro por el componente Distribución de la energía.
Dm		Numérico	Facturable por la tarifa del operador del mes correspondiente de acuerdo con el tipo de propiedad.
			Cobro por la energía reactiva inductiva generada. Si el cliente debe pagarla corresponde a reactiva penalizable por la tarifa del operador.
ReacInductiva		Numérico	Cobro por la energía capacitiva generada. Si el cliente debe pagarla corresponde a la energía capacitiva por la tarifa del operador.
ReacCapacitiva		Numérico	Sumatoria de las variables Gm, Tm, Pr, Rm, Cv, ComCreg, Dm, ReacInductiva, ReacCapacitiva
TotalEnergia		Numérico	Si es el último día del mes y el cliente tiene estrato 1, 2, 3 es la
EnergiaSubsidiada		Numérico	

<b>HechosComEnergia</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
			sumatoria de la cantidad de energía mensual que no supera el tope subsidiado identificado para el municipio.
			Si es el último día del mes y el cliente tiene estrato 1, 2, 3, es valor que no se cobra por concepto de energía. Sumatoria del mes del cálculo de los componentes Gm, Tm, Pr, Rm, Cv, Dm por el costo de cada uno, por el porcentaje subsidiado, en valor negativo.
	ValorSubsidiado	Numérico	
			Si es el último día del mes y el cliente es contribuyente, porcentaje de contribución sobre la sumatoria mensual de TotalEnergia.
			Si es el último día del mes, cálculo del valor de alumbrado público sobre la sumatoria de consumos del mes, de acuerdo con las condiciones para el municipio y el tipo de cliente.
	ValorContribucion	Numérico	
			Si es el último día del mes, cálculo del valor de tasa de seguridad sobre la sumatoria de consumos del mes, de acuerdo con las condiciones para el municipio y el tipo de cliente.
	ValorAlumbrado	Numérico	
	ValorTasa	Numérico	

<b>HechosComEnergia</b>			
<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
	ValorTelemetry	Numérico	Si es el último día del mes, valor de teledemida vigente.

*Nota.* Elaboración propia.

### ***Extracción, transformación y carga (ETL)***

Para el cargue de información en el modelo dimensional, se propone implementar un enfoque de ETL adaptado a la naturaleza de cada fuente. El primer paso consiste en realizar el cargue de todas las tablas de las diferentes dimensiones. Este proceso se realiza mensualmente, el quinto día del mes, cuando se cuenta con la actualización de las tarifas de energía aplicables al mes en curso. Una vez han sido cargadas las dimensiones se inicia el cargue de la tabla de hechos.

Al inicio de la implementación se realiza una carga inicial de toda la información histórica, y, una vez completada, se establecen las cargas incrementales para actualizar periódicamente el modelo con los nuevos datos. Para el diseño del ETL se propone un mapeo de transformaciones, el cual se detalla a continuación.

**Transformación para la dimensión tiempo.** Para esta dimensión se debe generar un consecutivo de fechas que debe iniciar desde la apertura de la comercializadora (año 2022) y hasta un rango de 10 años. A partir de esta fecha se generan todos los valores adicionales. Después de realizar la carga de la dimensión no se requiere actualizar hasta que se llegue al límite de las fechas ingresadas. En la Tabla 17 se encuentra el detalle de la transformación de esta dimensión.

**Tabla 17**

*Transformación de la dimensión tiempo*

Nombre tabla	DimFecha			
Descripción	Dimensión fecha			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
FechaKey	Numérico	DimFecha		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
Fecha	Fecha	DimFecha		Insertar la fecha en formato YYYY-MM-DD, desde el 2022-01-01 hasta 2032-12-31
Año	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el año
Mes	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el mes
Día	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el día
NombreMes	Texto	DimFecha	Fecha	Extraer el nombre del mes en tres dígitos y en lenguaje español
AñoMes	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el año y mes en formato YYYY-MM
Trimestre	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el número del trimestre
DíaSemana	Numérico	DimFecha	Fecha	Extraer el día de la semana iniciando con el lunes como el día 1 y finalizando con el domingo como el día 7
EsFestivo	Booleano	DimFecha	Fecha	Marcar con 1 si la fecha es un festivo en Colombia
UltimoDiaMes	Booleano	DimFecha	Fecha	Marcar con 1 si es el último día del mes

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión ubicación.** Esta dimensión proviene de la entidad Municipio. En la transformación se valida que el código del municipio tenga una longitud de 5 caracteres y que los nombres de departamento y municipio se encuentren

en letra mayúscula. Esta dimensión solo se actualiza cuando haya una modificación en la división política del país o cuando se modifiquen los valores de energía subsidiada por el Ministerio de Minas y Energía. El detalle de la transformación se encuentra en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Transformación de la dimensión ubicación*

Nombre tabla	DimUbicacion			
Descripción	Dimensión Ubicación			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
UbicacionKey	Numérico	DimUbicacion		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
CodDepartamento	Texto	Municipio	CodDepartamento	Si la longitud es igual a 1 dígito y es 8 o 5, concatenar 0 al inicio del código del departamento.
Departamento	Texto	Municipio	NombreDepartamento	Convertir a mayúscula.
CodMunicipio	Texto	Municipio	CodMunicipio	Si la longitud es igual a 4 dígitos y comienza por 8 o 5, concatenar 0 al inicio del código del departamento.
Municipio	Texto	Municipio	NombreMunicipio	Convertir a mayúscula.
EnergiaSubsidada	Numérico	Municipio	EnergiaSubsidada	

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión tarifa.** Esta dimensión tiene como origen la entidad Tarifa. Esta dimensión establece una relación con DimFecha que permite asociar

cada tarifa con el periodo temporal correspondiente. El detalle de la transformación se encuentra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Transformación de la dimensión tarifa*

Nombre tabla	DimTarifa			
Descripción	Dimensión Tarifa			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
TarifaKey	Numérico	DimTarifa		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
FechaKey	Numérico	DimFecha	FechaKey	Join de Tarifa y DimFecha a partir de Año y Mes.
Gm	Numérico	Tarifa	Gm	
Tm	Numérico	Tarifa	Tm	
Pr	Numérico	Tarifa	Pr	
Rm	Numérico	Tarifa	Rm	
Cv	Numérico	Tarifa	Cv	
Telemedida	Numérico	Tarifa	Telemedida	

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión tarifa operador.** Esta dimensión tiene como origen la entidad TarifaOperador. Esta dimensión establece una relación con DimFecha que permite asociar cada tarifa del operador con el periodo temporal correspondiente. El detalle de la transformación se encuentra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Transformación de la dimensión tarifa operador*

Nombre tabla	DimTarifaOperador			
Descripción	Dimensión Tarifa Operador			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
TarifaOperador Key	Numérico	DimTarifaOperador		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
FechaKey	Numérico	DimFecha	FechaKey	Join de TarifaOperador y DimFecha a partir de Año y Mes.
CodOperador	Texto	TarifaOperador	CodOperador	
Propiedad	Texto	TarifaOperador	Propiedad	
Valor	Numérico	TarifaOperador	Valor	

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión tasa.** Esta dimensión tiene como origen la entidad TasaSeguridad. Esta dimensión establece una relación con DimUbicacion que permite asociar cada registro con el municipio al que le aplica la tasa. En la Tabla 21 se encuentra la descripción de la transformación.

**Tabla 21**

*Transformación de la dimensión tasa*

Nombre tabla	DimTasa			
Descripción	Dimensión Tasa de seguridad			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
TasaKey	Numérico	DimTasa		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.

<b>Nombre tabla</b>	DimTasa			
<b>Descripción</b>	Dimensión Tasa de seguridad			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
UbicacionKey	Numérico	DimUbicacion	UbicacionKey	Join de TasaSeguridad y DimUbicacion a partir de CodMunicipio.
TipoTasa	Texto	TasaSeguridad	TipoTasa	
ValorFijo	Numérico	TasaSeguridad	ValorFijo	
Porcentaje	Numérico	TasaSeguridad	Porcentaje	

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión Alumbrado.** La entidad AlumbradoPublico da origen a esta dimensión, la cual tiene relación con la dimensión DimUbicacion, ya que cada municipio tiene un convenio de cobro de alumbrado público diferente. También tiene una relación con la entidad Parámetro para identificar el valor de la base que se usa para calcular la tarifa de alumbrado. En la Tabla 22 se encuentra la descripción de la transformación.

**Tabla 22**

*Transformación de la dimensión alumbrado público*

<b>Nombre tabla</b>	DimAlumbrado			
<b>Descripción</b>	Dimensión Alumbrado Público			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
AlumbradoKey	Numérico	DimAlumbrado		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.

Nombre tabla	DimAlumbrado			
Descripción	Dimensión Alumbrado Público			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
UbicacionKey	Numérico	DimUbicacion	UbicacionKey	Join de AlumbradoPublico y DimUbicación a partir de CodMunicipio.
Estrato	Texto	Alumbrado Publico	Estrato	
Mínimo	Numérico	Alumbrado Publico	ConsumoMinimo	
Máximo	Numérico	Alumbrado Publico	ConsumoMaximo	
Impuesto	Numérico	Alumbrado Publico	Impuesto	
Unidad	Texto	Alumbrado Publico	Unidad	
Base	Texto	Alumbrado Publico	BaseGravable	
ValorBase	Numérico	Parametro	Valor	Join de AlumbradoPublico y Parametro a partir de Base y Parametro respectivamente.

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la dimensión Cliente.** Esta dimensión tiene como origen la entidad Cliente. Tiene relación con DimUbicación para indicar el municipio donde se encuentra el servicio, con ActividadEconomica para obtener la columna que indica si el cliente está exento de contribución y con NivelTensión para obtener el nivel de tensión relacionado a la variable Propiedad. En la Tabla 23 se encuentra la descripción de la transformación.

**Tabla 23**

*Transformación de la dimensión cliente*

<b>Nombre tabla</b>	DimCliente			
<b>Descripción</b>	Dimensión Cliente			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
ClienteKey	Numérico	DimClient e		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
CodInterno	Texto	Cliente	CodInterno	Eliminar espacios
CodSic	Texto	Cliente	CodSic	Eliminar espacios
Niu	Numérico	Cliente	Niu	
TipoPersona	Texto	Cliente	TipoPersona	Si Cliente.TipoPersona es igual a 1, DimCliente.TipoPersona es igual a 'NATURAL'. Si Cliente.TipoPersona es igual a 2, DimCliente.TipoPersona es igual a 'JURIDICA'. Si Cliente.TipoDocumento contiene ('1','Cedula de ciudadanía'), DimCliente.TipoDocumento es igual a 'CC'. Si Cliente.TipoDocumento contiene ('2','Cedula de extranjería'), DimCliente.TipoDocumento es igual a 'CE'. Si Cliente.TipoDocumento contiene ('3','NIT'), DimCliente.TipoDocumento es igual a 'NI'.
TipoDocumento	Texto	Cliente	TipoDocumento	

<b>Nombre tabla</b>	DimCliente			
<b>Descripción</b>	Dimensión Cliente			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
Documento	Texto	Cliente	Documento	Eliminar espacios y caracteres no numéricos.
Dv	Numérico	Cliente	DV	
Nombre	Texto	Cliente	RazonSocialNombre	Convertir a mayúscula.
CodActividad	Texto	Cliente	CodActividad	
ActividadExenta	Booleano	ActividadEconomica	Exento	Join de Cliente y ActividadEconomica a partir de CodActividad.
UbicacionKey	Numérico	DimUbicacion	UbicacionKey	Join de Cliente y DimUbicacion a partir de CodMunicipio. Si Cliente.Zona es igual a 1, DimCliente.Zona es igual a 'URBANO'. Si Cliente.Ubicacion es igual a 2, DimCliente.Zona es igual a 'CENTRO POBLADO'. Si Cliente.Ubicacion es igual a 3, DimCliente.Zona es igual a 'RURAL'.
Zona	Texto	Cliente	Zona	
Direccion	Texto	Cliente	Direccion	
TipoCliente	Texto	Cliente	TipoCliente	Si Cliente.TipoCliente es igual a 1, DimCliente.TipoCliente es igual a 'COMERCIALIZADOR'. Si Cliente.TipoCliente es igual a 2, DimCliente.TipoCliente es igual a 'FRONTERA'.

Nombre tabla	DimCliente			
Descripción	Dimensión Cliente			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
				Si Cliente.TipoCliente es igual a 3, DimCliente.TipoCliente es igual a 'ASOCIADO'.
TipoMercado	Texto	Cliente	TipoMercado	
CodOperador	Numérico	Cliente	CodOperador	
Estrato	Texto	Cliente	Estrato	
TipoContribuyente	Texto	Cliente Estrato	TipoContribuyente	Join de Cliente y Estrato a partir de Estrato.
Subsidio	Numérico	Cliente Estrato	Subsidio	Join de Cliente y Estrato a partir de Estrato.
Propiedad	Texto	Cliente	CodPropiedad	
NivelTension	Texto	NivelTension	NivelTension	Join de Cliente y NivelTension a partir de Propiedad.
PagaReactiva	Booleano	Cliente	PagaReactiva	

*Nota.* Elaboración propia.

**Transformación para la tabla de hechos comercialización energía.** La tabla de hechos integra la información de la entidad MatrizFrontera con las dimensiones. En esta entidad se encuentra la fecha del servicio, el identificador del cliente, el cuadrante que corresponde a los diferentes tipos de medida que componen el consumo y generación de energía, y las mediciones por hora. A partir de estas fuentes se calculan las medidas como sumatorias diarias de consumo y generación, así como los valores facturados conforme a las condiciones y parámetros definidos en las dimensiones. La granularidad de la tabla de hechos es de día-cliente, donde las lecturas por hora se totalizan a nivel diario para cada cliente. Las transformaciones y reglas de cálculo se describen en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Transformación de la tabla de hechos comercialización energía*

<b>Nombre tabla</b>	HechosComEnergia			
<b>Descripción</b>	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
HechoKey	Numérico	HechosComEnergia		Generar un consecutivo único por cada registro insertado.
FechaKey	Numérico	DimFecha	FechaKey	Join de MatrizFrontera y DimFecha a partir de Fecha.
ClienteKey	Numérico	DimCliente	ClienteKey	Join de MatrizFrontera y DimCliente a partir de CodSic.
UbicacionKey	Numérico	DimCliente	UbicacionKey	Join de MatrizFrontera y DimCliente a partir de CodSic.
TarifaKey	Numérico	DimTarifa	TarifaKey	Join de MatrizFrontera y DimTarifa a partir de Fecha.
TarifaOperadorKey	Numérico	DimTarifaOperador	TarifaOperadorKey	Join de MatrizFrontera, y DimCliente a partir CodSic. Join de DimCliente y DimTarifaOperador a partir de CodOperador y Propiedad.
TasaKey	Numérico	DimTasa	TasaKey	Join de MatrizFrontera y DimTarifaOperador a partir de FechaKey Join de MatrizFrontera y DimCliente a partir de CodSic. Join de DimCliente y DimTasa a partir de CodMunicipio.
AlumbradoKey	Numérico	DimAlumbrado	AlumbradoKey	Si es el último día del mes: Join de MatrizFrontera y DimCliente a partir de CodigoSic.

Nombre tabla	HechosComEnergia			
Descripción	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
Activa	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	Join de DimCliente y DimAlumbrado a partir de UbicacionKey y Estrato. Join de MatrizFrontera y DimAlumbrado a partir Sumatoria de Facturable. Sumatoria de Hora01 a Hora24 donde MatrizFrontera.Cuadrante es igual a 'ACTIVA'.
ActivaExportada	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	Sumatoria de Hora01 a Hora24 donde MatrizFrontera.Cuadrante es igual a 'ACTIVA_EXP'.
Reactiva	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	Sumatoria de Hora01 a Hora24 donde MatrizFrontera.Cuadrante es igual a 'REACTIVA'.
Capacitiva	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	Sumatoria de Hora01 a Hora24 donde MatrizFrontera.Cuadrante es igual a 'CAPACITIVA'.
ReactivaPenalizable	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	La fórmula de cálculo es: Si (Reactiva > (Activa/2); Reactiva - (Activa/2); 0). Se calcula para cada hora y se suman los resultados para obtener el valor diario.

<b>Nombre tabla</b>	HechosComEnergia			
<b>Descripción</b>	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
Facturable	Numérico	MatrizFrontera	Hora01 hasta Hora24	La fórmula de cálculo es: Si (Activa - Activa_Exp > 0; Activa-Activa_Exp; 0). Se calcula para cada hora y se suman los resultados para obtener el valor diario.
Gm	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Gm por Facturable.
Tm	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Tm por Facturable.
Pr	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Pr por Facturable.
Rm	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Rm por Facturable.
Cv	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Cv por Facturable.
ComCreg	Numérico	DimTarifa		Se multiplica DimTarifa.Cv por ActivaExportada.
Dm	Numérico	DimTarifaOperador		Se multiplica DimTarifaOperador.Valor por Facturable.
ReacInductiva	Numérico	DimTarifaOperador		Si DimCliente.PagaReactiva es igual a 1, se toma DimTarifaOperador.Valor y se multiplica por ReactivaPenalizable, de lo contrario es igual a 0.
ReacCapacitiva	Numérico	DimTarifaOperador		Si DimCliente.PagaReactiva es igual a 1, se toma el valor

Nombre tabla	HechosComEnergia			
Descripción	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
TotalEnergia	Numérico			<p>DimTarifaOperador.Valor y se multiplica por Capacitiva.                      Sumatoria de los cálculos Gm, Tm, PR, Rm, Cv, ComCreg, Dm, ReacInductiva, ReacCapacitiva</p> <p>Si es el último día del mes:                      Si                      DimCliente.TipoContribuyente es igual a Subsidio y la sumatoria de Facturable para el mes es mayor que DimUbicacion.EnergiaSubsidia da, entonces es igual a DimUbicacion.EnergiaSubsidia da.</p>
EnergiaSubsidia da	Numérico	DimUbicacion		<p>Si                      DimCliente.TipoContribuyente es igual a Subsidio y la sumatoria de Facturable para el mes es menor que DimUbicacion.EnergiaSubsidia da, entonces es igual a Facturable.</p> <p>Si                      DimCliente.TipoContribuyente no es igual a Subsidio entonces es igual a 0.</p>

Nombre tabla	HechosComEnergia			
Descripción	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
ValorSubsidiado	Numérico	DimCliente	Subsidio	<p>Si no es el último día del mes es igual a 0.</p> <p>Si es el último día del mes: Se toma la sumatoria del mes de Gm, Tm, Pr, Rm, Cv. Cada componente se multiplica por EnergiaSubsidiada y se suman. Se toma el valor Dm y se multiplica por EnergiaSubsidiada y se suma al valor anterior.</p> <p>La suma final se multiplica por DimCliente.Subsidio.</p>
ValorContribucion	Numérico	DimCliente		<p>Si no es el último día del mes es igual a 0.</p> <p>Si es el último día del mes: Si DimCliente.TipoContribuyente es igual a Contribución el valor es igual a DimCliente.Subsidio multiplicado por la sumatoria de TotalEnergia para el mes.</p>
ValorAlumbrado	Numérico	DimAlumbrado		<p>Si no es el último día del mes es igual a 0.</p> <p>Si es el último día del mes: Si DimAlumbrado.Unidad es porcentaje y DimAlumbrado.Base es diferente a Energía, es igual a</p>

Nombre tabla	HechosComEnergia			
Descripción	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
Columna destino	Tipo de dato	Tabla Origen	Columna origen	Transformación aplicada
ValorTasa	Numérico	DimTasa		<p>la multiplicación de DimAlumbrado.Impuesto por DimAlumbrado.ValorBase. Si DimAlumbrado.Unidad es porcentaje y DimAlumbrado.Base es igual a Energia, es igual a la multiplicación de DimAlumbrado.Impuesto por Facturable. Si DimAlumbrado.Unidad es pesos, es igual a DimAlumbrado.Impuesto. Si no es el último día del mes es igual a 0. Si es el último día del mes: Si DimTasa.TipoTasa es igual a P, se multiplica DimTasa.Porcentaje por sumatoria de TotalEnergia para el mes. Si DimTasa.TipoTasa es igual a F, se toma DimTasa.ValorFijo. Si no es el último día del mes es igual a 0. Si es el último día del mes es igual DimTarifa.Telemedida.</p>
ValorTelemedia	Numérico	DimTarifa		

<b>Nombre tabla</b>	HechosComEnergia			
<b>Descripción</b>	Tabla de Hechos Comercialización Energía			
<b>Columna destino</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Tabla Origen</b>	<b>Columna origen</b>	<b>Transformación aplicada</b>
				Si no es el último día del mes es igual a 0.

*Nota.* Elaboración propia.

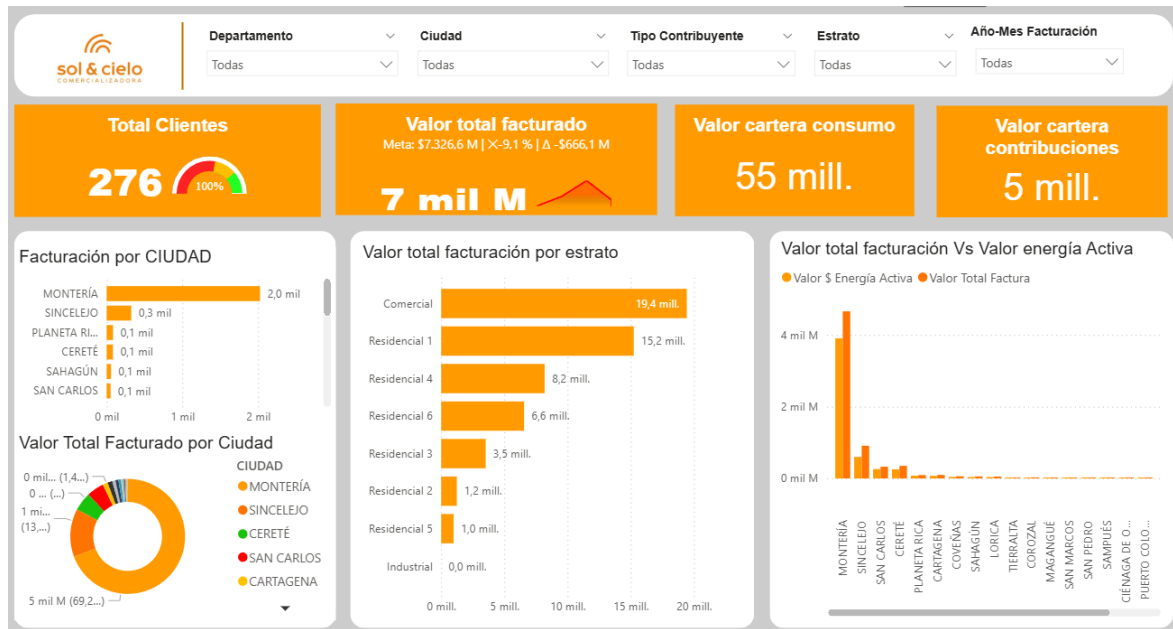
### **Visualización**

Para la explotación del data mart se propone el uso de Microsoft Power BI. Esta herramienta se conecta directamente a la base de datos y se diseñan los diferentes reportes que cubran las necesidades de información. Algunos ejemplos de los reportes esperados son:

**Aspectos generales.** En esta sección del tablero de control a partir de la segmentación por departamento, ciudad, tipo de contribuyente, estrato, mes y año de facturación, se pueda tener una visión general del total de clientes, el valor total facturado, su cercanía a la meta establecida, así mismo, poder visualizar la facturación por ciudad y su participación, el comportamiento por estrato y la relación del valor facturado y el valor de energía activa (véase Figura 24)

**Figura 24**

*Visualización aspectos generales*

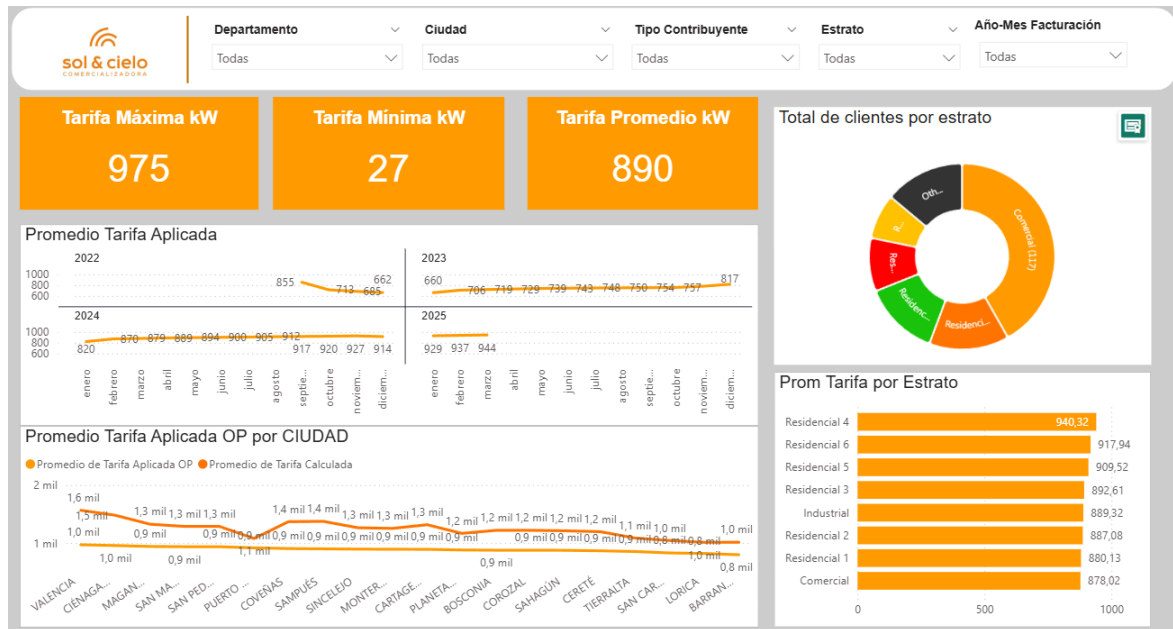


**Nota.** Elaboración propia en la herramienta Power BI

**Tarifas.** En relación con las tarifas se propone visualizar la tarifa máxima, mínima y promedio aplicada, así como la serie mensual de los últimos 4 años, de tal manera que se pueda tener una visión de la evolución de las tarifas, comparar tendencias e identificar estacionalidades que pueda tener la economía de la región. Así mismo, se podrá visualizar el promedio de la tarifa por estrato, para poder comparar de acuerdo con el volumen de clientes, cual es más conveniente para el logro de las metas de la empresa. La segmentación disponible incluye departamento, ciudad, contribuyente y estrato La Figura 25 muestra el diseño de estas visualizaciones.

**Figura 25**

*Visualización componente de Tarifas*

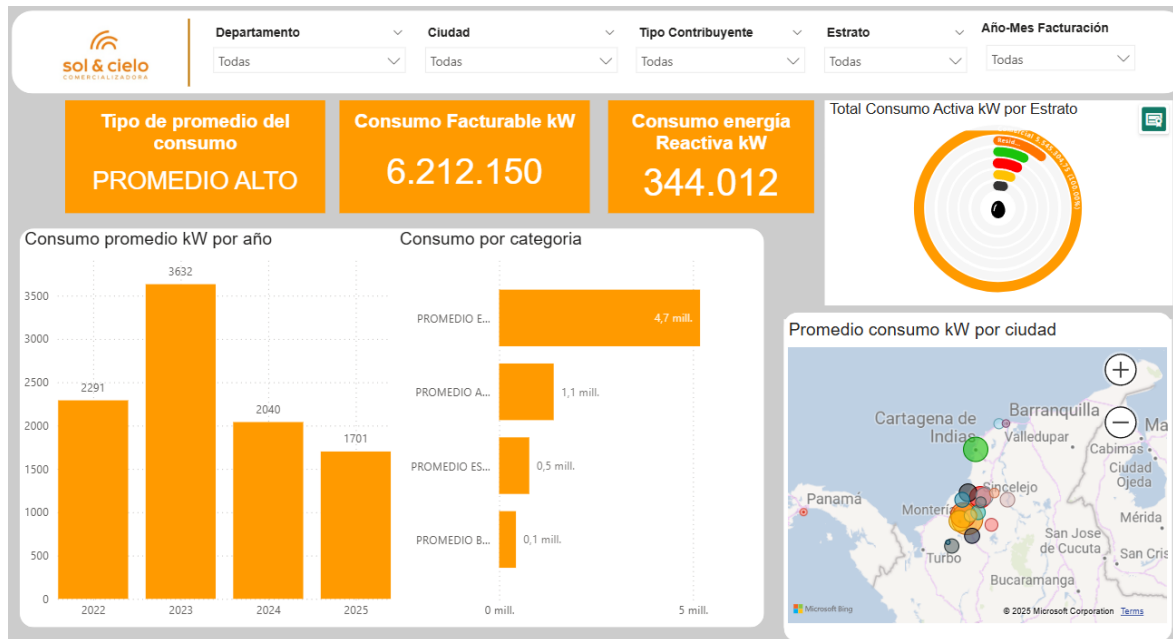


*Nota.* Elaboración propia en la herramienta Power BI

**Consumo.** En la Figura 26 se presenta esta sección del tablero de control que permite conocer la evolución del consumo promedio comparado con el consumo facturado y el consumo de la energía reactiva, así como el consumo promedio kW por año y su relación con las diferentes categorías. También se puede visualizar el comparativo del consumo promedio por ciudad y por estrato, esto sirve para la toma de decisiones en la segmentación de clientes.

**Figura 26**

*Visualización componente de Consumo*

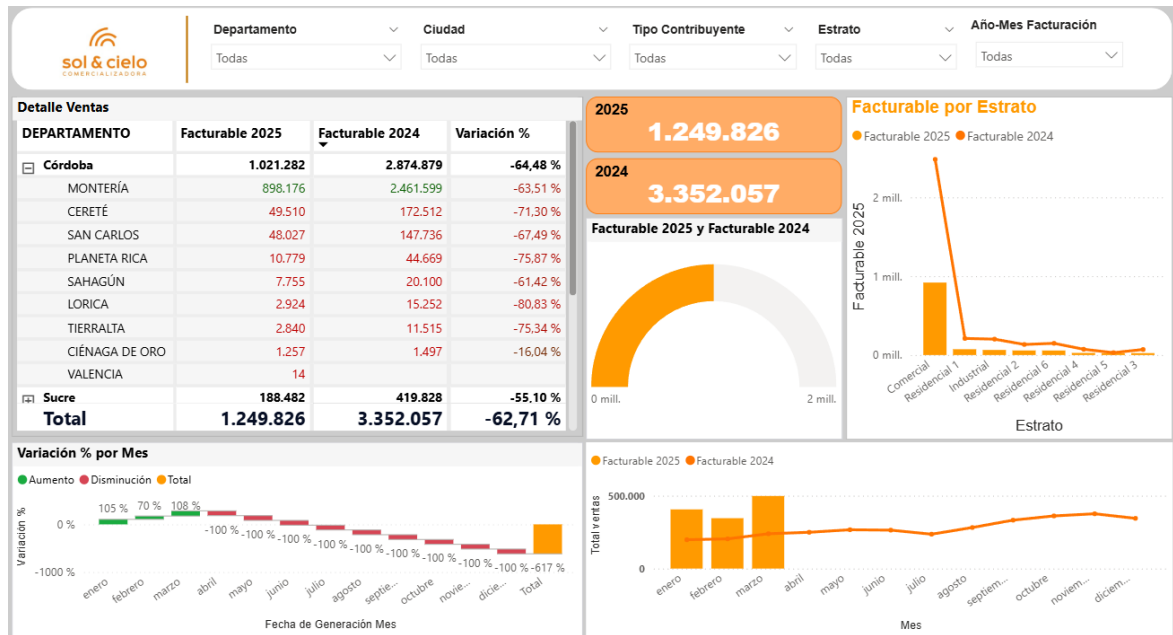


*Nota.* Elaboración propia en la herramienta Power BI

**Seguimiento.** Este módulo del tablero de control ofrece métricas dinámicas e interactivas para realizar un seguimiento comparativo de la facturación entre dos periodos de tiempo, con desagregación por mes, ciudad, estrato y contribuyente, en coherencia con las metas establecidas por la empresa. Adicionalmente, se incorporan Kpi de la variación mensual de la facturación orientadas a poder identificar posibles desviaciones en el desempeño comercial. La Figura 27 muestra el diseño, incluyendo la disposición de filtros empleadas para el análisis.

**Figura 27**

Visualización componente de Seguimiento

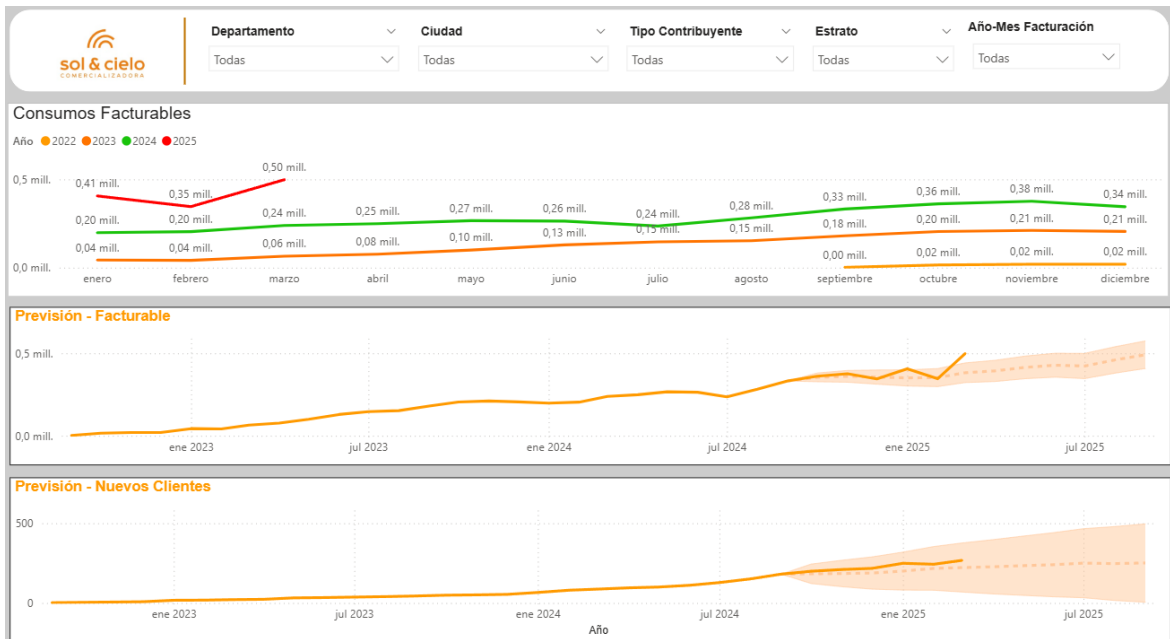


Nota. Elaboración propia en la herramienta Power BI

**Pronósticos.** La Figura 28 presenta una propuesta de proyecciones, la cual estima la energía requerida a partir del histórico de la facturación y modela la evolución esperada del número de clientes requeridos para alcanzar las metas comerciales establecidas. El análisis cuenta con filtros para departamento, ciudad, contribuyente y estrato.

**Figura 28**

*Visualización componente pronósticos*



*Nota.* Elaboración propia en la herramienta Power BI

**Calidad y gestión del dato**

Frente a la calidad del dato que se busca en el desarrollo de este proyecto, se refiere al grado en que los datos son adecuados para el uso de estos en la toma de decisiones. En el contexto de Sol&Cielo, implica que se busca garantizar que los datos de consumo eléctrico, clientes, municipios, tarifas y demás fuentes primarias cumplan con ciertos atributos esenciales como son:

- **Exactitud:**
  - Validar que los valores reflejen la realidad (Por ejemplo, los consumos en kWh deben ser valores reales y no negativos).
  - Revisión contra fuentes oficiales (Cruces contra valores entregados por los operadores)
- **Compleitud:**

- Evitar registros obligatorios con valores nulos (Por ejemplo, las llaves primarias de cada tabla).
- Uso de tabla de errores para identificar falencias de carga.
- **Consistencia:**
  - Que cada cliente u operador tenga su código único.
  - Catálogos de datos homologados (Por ejemplo, la tabla de municipios entregada por el DANE).
- **Oportunidad:**
  - Datos cargados sin error en las fechas establecidas.
  - Control de fechas de recepción y carga en la tabla de control.
- **Trazabilidad:**
  - Cada registro debe llevar su identificador para realizar el monitoreo exitoso o falla de éste.
  - Bitácora de errores para auditar fallos.

Respecto a la gestión del dato, se busca asegurar que el proyecto cumpla con el conjunto de políticas procesos y responsabilidades que aseguran que la información sea un activo confiable. Específicamente para el desarrollo del proyecto se incluye:

- **Gobernanza:**
  - Definir lo roles claros (Por ejemplo, quien carga, transforma y consume los datos).
  - Establecer responsables de cada dominio de datos.
- **Procesos ETL gobernados:**
  - Manejo de control de versiones en Azure DataFactory y Azure Databricks.
  - Registro de procesos control y errores en cada tabla.
- **Homologación y estandarización:**

- Uso de catálogos únicos por ejemplo en el caso de los municipios.
- Reglas de negocio bien definidas para asegurar la consistencia de los reportes.
- **Seguridad y acceso:**
  - Definición de permisos según los roles.
  - Establecer llaves de acceso a la información.
- **Ciclo de vida de la información:**
  - Políticas de tiempo de almacenamiento (Información histórica).
  - Purga y archivado de procesos de carga histórica.
- **Mejora continua:**
  - Indicadores de calidad del dato (Mejorar la eficiencia).
  - Retroalimentación con áreas del negocio.

### **Plan de implementación**

En coherencia con el modelo de inteligencia negocios propuesto, se propone el plan de implementación, cuyo objetivo es establecer las directrices necesarias para la puesta en marcha del modelo en un entorno real. En la Tabla 25 se detalla una lista de componentes como una guía que orienta la transición del modelo teórico hacia su aplicación práctica.

### **Tabla 25**

*Componentes del plan de implementación*

<b>Componente</b>	
<b>1</b>	<b>Integración y Calidad de Datos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño del modelo dimensional de datos (modelo estrella).</li><li>• Implementación de procesos ETL (Azure Data Factory + Spark).</li><li>• Limpieza, normalización y consolidación de bases de datos existentes (Excel, registros comerciales, precios de bolsa, etc.).</li><li>• Repositorio centralizado (Data Warehouse en Azure SQL).</li></ul>

## **2 Visualización y Reportes**

- Implementación de dashboards interactivos en Power BI.
- Diseño de reportes para: consumo por cliente, tarifas promedio, comportamiento del mercado, alertas de sobreconsumo, etc.
- Establecimiento de indicadores clave de desempeño (KPI) comerciales y financieros.

## **3 Analítica Descriptiva y Exploratoria**

- Definición y construcción de indicadores clave de desempeño (KPI) relacionados con consumo, costos y márgenes por tipo de mercado.
- Desarrollo de reportes comparativos entre diferentes periodos para evaluar tendencias.
- Segmentación de los clientes por tipo, sector, ubicación y comportamiento de consumo, para facilitar el análisis de rentabilidad.

## **4 Automatización y Alertas**

- Programación de procesos ETL automatizados para la actualización de reportes.
- Definición de alertas para eventos como desviaciones en consumo, caídas en precios o cambios regulatorios.

## **5 Formación y Apropiación**

- Capacitación a los usuarios clave de la organización en el uso de herramientas de BI.
- Manuales de uso, sesiones de formación y asistencia continua.
- Fortalecimiento de la cultura de toma de decisiones basada en datos.

---

*Nota.* Elaboración propia.

### ***Cronograma de actividades***

En la Tabla 26 se propone un cronograma de 9-10 semanas lineales que contempla las fases claves del proyecto, organiza las actividades considerando los recursos disponibles y asigna tiempos estimados a cada una de ellas teniendo en cuenta la disponibilidad del personal, de igual manera se aclara que es estimado y en algunas

fases puede solaparse, por ejemplo, se podría ejecutar las fases de capacitación y evaluación, se puede ir realizando la implementación Azure y el desarrollo, etc.

**Tabla 26**

*Cronograma de actividades*

<b>Cronograma de actividades</b>	<b>Tiempo estimado</b>
<b>Fase 1: Preparación</b>	<b>1 semanas</b>
Socialización del proyecto con la alta dirección.	4 horas
Socialización y ajustes finales de requerimientos.	8 horas
Asignación de recursos humanos y conformación del equipo.	8 horas
Revisión técnica de las fuentes de datos e infraestructura en la nube.	20 horas
Validación y aprobación de los requerimientos funcionales y no funcionales	4 horas
<b>Fase 2: Diseño data mart</b>	<b>2 semanas</b>
Socialización con equipo técnico para construcción data mart.	4 horas
Evaluación de fuentes de datos (Archivos Planos).	10 horas
Desarrollo Scripts BD SQL.	10 horas
Adquisición de la arquitectura técnica (Azure, Power BI).	3 horas
Asignación de rutas en el DataLake y asignación de permisos.	5 horas
Configuración Azure DataFactory y Azure Databricks (Ambientes Desarrollo, Pruebas y Producción).	15 horas
Creación esquemas BD Intermedia y BD BI (Esquemas Desarrollo, Pruebas y Producción).	5 horas
<b>Fase 3: Desarrollo</b>	<b>2 semanas</b>
Implementación de las tablas de la base de datos intermedia (Todos los ambientes).	3 horas
Disposición y validación de archivos planos en DataLake (Storage desarrollo)	1 hora
Carga archivos planos base de datos intermedia (Ambiente pruebas)	2 horas
Desarrollo pipelines procesos ETL con Azure Data Factory (Ambiente desarrollo).	20 horas

---

Construcción de tablas del data mart en ambiente de desarrollo.	2 horas
Transformaciones y limpieza de datos usando Azure Databricks y SQL (Ambientes de desarrollo).	3 horas
Validación información data mart del ambiente de desarrollo.	3 horas
Desarrollo de dashboards en Power BI.	10 horas
Pruebas por parte del área funcional.	4 horas
<b>Fase 4: Implementación ambiente pruebas</b>	<b>2 semanas</b>
Disposición y validación de archivos planos en DataLake (Storage pruebas)	1 hora
Carga archivos planos base de datos intermedia (Ambiente pruebas)	2 horas
Replica de pipelines ambiente desarrollo a pruebas de Azure Data Factory, Azure Databricks.	5 horas.
Construcción de tablas del data mart en ambiente de desarrollo.	2 horas
Transformaciones y limpieza de datos usando Azure Databricks y SQL (Ambientes de pruebas).	3 horas
Validación información data mart del ambiente de pruebas.	3 horas
Publicación de dashboards en Power BI (Pruebas) para un grupo de usuarios del área funcional.	2 horas
Validación de pruebas integrales.	4 horas
Retroalimentación y ajustes técnicos.	4 horas
Documentación de pruebas y ajustes realizados.	10 horas
<b>Fase 5: Implementación Definitiva</b>	<b>1 semana</b>
Disposición y validación de archivos planos en DataLake (Storage producción)	1 hora
Carga archivos planos base de datos intermedia (Ambiente pruebas)	2 horas
Replica de pipelines ambiente pruebas a producción de Azure Data Factory, Azure Databricks.	5 horas.
Construcción de tablas del data mart en ambiente de producción.	2 horas
Transformaciones y limpieza de datos usando Azure Databricks y SQL (Ambientes de producción).	3 horas

---

---

Validación información data mart del ambiente de pruebas.	3 horas
Publicación oficial de dashboards en Power BI para los usuarios que hayan sido autorizados.	2 horas
Documentación total del modelo de Inteligencia de Negocios.	10 horas
Firma de acta de aceptación del modelo de Inteligencia de Negocios.	4 horas
<b>Fase 6: Capacitación</b>	<b>1 semana</b>
Crear materiales para la capacitación.	3 horas
Capacitación técnica y funcional para usuarios.	4 horas
Entrega de manuales de uso y documentación del sistema.	2 horas
<b>Fase 7: Evaluación</b>	<b>1 semana</b>
Medición del impacto del proyecto (Generación y aplicación de encuestas).	3 horas
Análisis de impacto.	4 horas
Evaluación de la capacitación y retroalimentación interna.	2 horas
Crear plan de escalabilidad del proyecto (Documento sugerencias para escalabilidad).	4 horas

---

*Nota.* Elaboración propia.

Un aspecto que se recomienda en relación con el modelo de inteligencia de negocios a implementar para Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P., es poder llevar a cabo la evaluación de impacto, por lo menos 1 mes posterior a su entrada en funcionamiento.

### **Recurso humano**

Para el éxito de la implementación del modelo propuesto se requiere contar con un equipo multidisciplinario que abarque capacidades estratégicas, funcionales y técnicas. A continuación, se describen los roles requeridos y se presenta el perfil recomendado para cada uno.

**Líder del Proyecto.** Coordina el plan de trabajo y establece las prioridades, distribuye las principales tareas, se encarga de realizar el seguimiento para garantizar el cumplimiento de los avances. **Perfil:** Profesional en ingeniería de sistemas y/o ingeniería de software y/o carreras afines, título de posgrado en la modalidad de especialización en

gestión de proyectos o ingeniería de software y/o afines, experiencia en gestión de proyectos de desarrollo de software.

**Ingeniero de datos.** Implementa la ingesta de datos en el repositorio intermedio, aplica validaciones y reglas de calidad, desarrolla los flujos hacia el data mart y realiza la documentación técnica. **Perfil:** Profesional en Ingeniería de sistemas y/o Ingeniería de Software, experiencia en desarrollo de software, conocimientos en lenguaje SQL, modelado de datos y procesos ETL/ELT, herramientas de Azure (SQL, ADF).

**Desarrollador de visualizaciones.** Conecta el data mart a la herramienta de visualización, crea los objetos del tablero del control y elabora manual de uso. **Perfil:** Profesional en Ingeniería de sistemas y/o economía y/o ingeniería industrial y/o afines, conocimiento en Microsoft Power BI o herramientas similares, conocimiento en gestión de indicadores.

**Líder Funcional.** Pertenece a la empresa, dedica parte de su tiempo en la verificación del modelo de Inteligencia de Negocios, se encarga de la revisión del cumplimiento de las funcionalidades y pone a prueba el producto. **Perfil:** Líder de comercialización y facturación.

**Consultor experto en Azure.** Implementa, configura y administra la plataforma de servicios que ofrece Microsoft Azure. **Perfil:** Profesional en ingeniería de sistemas y/o ingeniería de software y/o carreras afines, título de posgrado en la modalidad de maestría en ingeniería de software y/o afines, experiencia en Plataforma Azure.

En la Tabla 27 se presenta un resumen de los roles propuestos, los honorarios estimados y la dedicación al proyecto.

**Tabla 27**

*Recurso humano requerido*

<b>Rol</b>	<b>Cantidad personal</b>	<b>Honorarios mensuales</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Total honorarios</b>
Líder del proyecto	1	4.000.000	50%	5.000.000
Ingeniero de datos	1	4.500.000	100%	11.250.000
Desarrollador de visualizaciones	1	3.000.000	50%	3.750.000
Líder funcional	1	3.000.000	50%	3.750.000
Consultor experto en Azure	1	10.000.000	20%	5.000.000
<b>Total</b>	<b>5</b>			<b>28.750.000</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Recurso tecnológico**

En la Tabla 28 se presentan los recursos tecnológicos requeridos para la implementación del modelo de inteligencia de negocios, así como la estimación de los costos en dólares. Adicionalmente, se considera una reserva adicional de 100 dólares mensuales para cubrir posibles incrementos en el consumo de recursos de Azure Data Factory y Azure Databricks

**Tabla 28**

*Recursos tecnológicos*

<b>Recurso</b>	<b>Espacio recomendado</b>	<b>Supuestos de uso</b>	<b>Costo mensual estimado (USD)</b>
Azure SQL Database (data mart)	50 GB	Plan estándar (S3–S4 aprox.). Carga mensual. Índices columnstore. Sin HA dedicada.	300

Recurso	Espacio recomendado	Supuestos de uso	Costo mensual estimado (USD)
Azure Data Lake / Blob Storage	100 GB	CSV/Parquet históricos + logs. Transacciones de no muy alto consumo.	10
Azure Data Factory (ADF)	N/A	20–30 ejecuciones por mes. Pipelines simples (copias + data flows ligeros).	60
Azure Databricks	Usa Data Lake	Clúster pequeño con autoscaling. Entre 1 y 2 horas por día para ETL mensual.	200
Power BI Pro (5 usuarios)	Modelo liviano (DirectQuery/compuerto)	5 licencias a 10 USD	50
Azure Monitor / Log Analytics	Entre 1 y 2 GB al mes	Alertas básicas de ejecución de pipelines, monitoreo de SQL y Data Factory.	10
Reserva			100
<b>Total mensual estimado</b>			<b>730</b>

*Nota.* Elaboración propia.

### **Costos estimados de la implementación**

De acuerdo con la Tabla 28 se estima un costo base mensual de 730 dólares en recursos tecnológicos para la implementación y operación del data mart que incluye una reserva adicional de 100 dólares para posibles incrementos. Tomando como referencia las 10 semanas de implementación, el costo total proyectado para la implementación tecnológica del proyecto asciende a aproximadamente 1.825 dólares. En cuanto al recurso humano, se estima un costo total de \$28.750.000 (véase Tabla 27). En este valor se incluye el costo del líder funcional, ya que deberá dedicar parte de su jornada laboral

al proyecto, y en consecuencia sus responsabilidades operativas deben ser reasignadas temporalmente.

Además de los recursos humanos y tecnológicos, se requiere cubrir costos de logística asociados a la ejecución y coordinación de actividades. En la Tabla 29 se presenta el desglose de los elementos requeridos para el proyecto. Aunque algunos rubros se encuentran cubiertos por la empresa, se realiza la imputación de éstos para tener un presupuesto completo.

**Tabla 29**

Presupuesto para la implementación del proyecto

<b>Rubro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
Uso de instalaciones	5 personas por 2.5 meses	\$100.000	1.250.000
Materiales, refrigerios y locaciones para reuniones	8 reuniones	\$100.000	\$800.000
Equipos de cómputo	3 portátiles	4.600.000	7.800.000
Recurso tecnológico	2.5 meses	2.847.000	7.117.500
Recurso humano	2.5 meses		28.750.000
		<b>TOTAL</b>	<b>45.717.500</b>

Nota. Elaboración propia.

El costo por uso de las instalaciones se calcula mediante un prorrateo del valor total de arrendamiento y servicios públicos que Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. cancela al Grupo Máter, aplicando criterios de uso operativo (costo por persona). Para la estimación del procesamiento en Azure, los valores cotizados en USD se convierten a COP utilizando una tasa de cambio supuesta de 3.900 COP/USD.

La estimación de recursos y costos del proyecto considera tanto la fase de implementación como los seis primeros meses de operación del modelo de inteligencia de negocios, se proyecta un horizonte total de 12 meses, como se presenta en la Tabla

30. En este período se incluyen los costos asociados a los servicios en la nube de Azure, licencias de Power BI y los honorarios del personal técnico y funcional descritos en el apartado de Recurso humano.

Los valores se calcularon con base en tarifas promedio del mercado colombiano y precios de referencia de Azure actuales, como se mencionó anteriormente, utilizando una tasa de cambio de 3.900 COP/USD. Esta estimación permite establecer el costo total proyectado del modelo BI durante su primer año de operación, garantizando su viabilidad técnica y financiera.

**Tabla 30**

*Análisis de costos del modelo BI (horizonte 12 meses)*

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado mensual (USD)</b>	<b>Costo total 12 meses (USD)</b>
Azure SQL Database	Base de datos relacional (50 GB, nivel Standard)	300	3600
Azure Data Lake Storage	Almacenamiento estructurado (100 GB)	20	240
Azure Data Factory	Procesos ETL automatizados (20 h mensuales)	60	720
Azure Databricks	Procesamiento de datos y pruebas de modelos predictivos (40 h mensuales)	100	1.200
Power BI Pro	Licencia por usuario (5 analistas BI)	10	600
Líder del proyecto	Coordinación general y seguimiento (50 %, 6 meses)	500	3.000
Ingeniero de datos	Desarrollo de flujos ETL y modelado (100 %, 6 meses)	1.125	6.750

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado mensual (USD)</b>	<b>Costo total 12 meses (USD)</b>
Desarrollador de visualizaciones	Creación de dashboards e indicadores (50 %, 6 meses)	750	4.500
Líder funcional	Validación de requerimientos y pruebas (50 %, 6 meses)	750	4.500
Consultor experto en Azure	Asesoría técnica especializada (20 %, 3 meses)	1.250	3.750
Capacitación y gestión del cambio	Formación de usuarios en Power BI y gobierno de datos		800
Costos indirectos / contingencias (10%)	Imprevistos técnicos o variaciones tarifarias		2.342
<b>Total estimado 12 meses</b>			<b>32.332</b>

*Nota.* Elaboración propia a partir del plan de recurso humano y precios promedio de Microsoft Azure. Para capacitación y gestión del cambio se estima un valor global para el periodo completo sin una desagregación mensual.

### **Análisis de sensibilidad**

Los servicios de nube operan bajo un modelo de pago por uso, por lo cual los costos pueden variar según el volumen de datos y la frecuencia de ejecución de los procesos ETL. Para estas situaciones se plantean 3 escenarios:

- Escenario base (100GB y 20h de procesamiento x mes): \$32.332 USD / 12 meses.
- Escenario de alta demanda (Superior al 50% de uso planteado mensual): incremento aproximado del 18-20% alcanzando \$39.000 USD / 12 meses.
- Escenario optimizado (Menos del 30% de uso mediante las automatizaciones desarrolladas): reducción de entre un 10-12%, con costo cercano a \$29.000 USD / 12 meses.

Esta flexibilidad planteada permite ajustar los recursos de acuerdo con el crecimiento de los volúmenes de datos y madurez analítica de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

### **Indicadores de Seguimiento**

En la Tabla 31 se establecen los indicadores de seguimiento que permiten medir el avance del proyecto.

**Tabla 31**

#### *Indicadores de seguimiento*

<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Meta</b>
Porcentaje de fuentes integradas al Data Warehouse	$(\text{Número de fuentes integradas} / \text{Número total de fuentes identificadas}) \times 100$	100%
Número de KPIs implementados y funcionales	Total KPIs en producción con datos actualizados	$\geq 10$
Número de dashboards activos en Power BI	Total dashboards publicados y accesibles para usuarios	$\geq 5$
Nivel de satisfacción de usuarios (Encuesta de satisfacción)	$(\text{Número de respuestas} \geq 4 / \text{Total de respuestas}) \times 100$	90%
Porcentaje de reportes automatizados	$(\text{Número de reportes automatizados} / \text{Número total de reportes requeridos}) \times 100$	95%
Cumplimiento del cronograma	$(\text{Actividades completadas a tiempo} / \text{Total actividades planificadas}) \times 100$	98%

*Nota.* Elaboración propia.

### **Riesgos y Mitigación**

En la Tabla 32 se presentan los riesgos y sus planes de respuesta o mitigación identificados para la implementación del modelo de inteligencia de negocios para Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

**Tabla 32**

*Plan de riesgos*

<b>Id</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Impacto</b>	<b>Probabilidad de presencia (B, M, A)</b>	<b>Grado de impacto (B, M, A)</b>	<b>Plan de Respuesta / Mitigación</b>
1	Dificultades con el acceso a la información de distintas fuentes	Afectación de los indicadores y distorsión de la información del tablero de control	B	M	Auditoria del dato activa, alertas del cargue de información
2	Fallas técnicas en el suministro de electricidad	Perdida de información de los servidores e indisponibilidad del tablero de control	M	A	Mantenimiento preventivo, planta eléctrica portátil, ups para garantizar la continuidad del servidor
3	Dificultades con el acceso a la información de distintas fuentes	Afectación de los indicadores y distorsión de la información del tablero de control	B	M	Auditoria del dato activa, alertas del cargue de información
4	Incumplimientos por parte de contratistas o el equipo de trabajo	Retrasos en obras, baja calidad, sobrecostos o incapacidades	M	A	Contratos con cláusulas de penalidad, evaluación rigurosa de los avances del equipo de trabajo.

5	Fallas en implementación de sistemas de inteligencia de negocios	Decisiones con base en datos erróneos, baja eficiencia operativa.	B	A	Fase piloto, validación de modelos, capacitación al personal. Auditorías de seguridad, firewalls, protocolos de ciberseguridad actualizados. Plane de transferencia de conocimiento, retención de talento, programas de formación
6	Vulneración de la seguridad digital de la empresa	Acceso no autorizado, pérdida de datos o control de sistemas.	M	A	
7	Rotación del talento humano.	Pérdida de conocimiento, retrasos operativos o estratégicos.	M	M	
8	Pago inoportuno de los servicios públicos (incluye internet) en la empresa	Posibilidad de afectación reputacional por el pago inoportuno de los servicios públicos, afectación del desarrollo del proyecto y posible pérdida de información por transacciones no efectivas.	B	M	Sistema de alertas tempranas en el vencimiento de recibos, generación de doble chequeo en el pago de servicios públicos (incluye internet).
9	Errores en el análisis, clasificación, omisión, registro	Posibilidad de afectación económica y reputacional por	B	M	Revisión de consistencias en la información, incorporación de

	y/o estimación de la información contable relacionada con la comercialización de energía	errores en el análisis, clasificación, omisión, registro y/o estimación de la información contable generada de la comercialización de energía, debido al desconocimiento de la normatividad y deficiencias en la oportunidad y/o calidad de la información por parte de la dependencia generadora, afectando el análisis de información y las estimaciones. Posibilidad de afectación reputacional y económica por indisponibilidad de servicios tecnológicos debido a falla en los servicios prestados por el tercero u operador que			mecanismos para la validación de consistencias de la información. Incorporación de módulo de auditoría del dato
10	Servicios tecnológicos con indisponibilidad		M	A	Tener plan de contingencia frente a posibles indisponibilidades de servicios tecnológicos.

---

		afectan la operación y registro de información de la comercialización de energía			
11	Posibilidad de entrega, pérdida y/o acceso a información confidencial en medio físico y/o electrónico para desviar o alterar los procesos de la entidad en beneficio de un tercero	<p>Pérdida de información.</p> <p>Incumplimiento a los lineamientos establecidos por la entidad en materia de gestión documental.</p> <p>Incumplimiento de la normatividad archivística vigente.</p> <p>- Afectación de las estimaciones.</p>	M	A	Controles de acceso a la información, implementación de perfilamiento de usuarios, definición de gobernanza de datos.
12	Posibilidad de que los perfiles de acceso y roles de usuarios a sistemas de información y aplicativos gestionados sean manipulados por terceros.	<p>Pérdida y/o fuga de información</p> <p>Demandas contra la empresa</p> <p>Pérdida de confianza de los clientes</p> <p>Pérdida de clientes</p> <p>Afectación en la información procesada</p>	B	M	Replantear las políticas de seguridad de la información por Intereses particulares, llevar a cabo auditorias sobre controles de acceso y roles.

---

13	Uso no autorizado de equipos	<p>Posibilidad de pérdida Económica y Reputacional por disposición final de información por medios de almacenamiento sin realizar borrado seguro debido a eliminación o reutilización de los medios de almacenamiento sin borrado adecuado, se puede poner en riesgo la información en materia de comercialización</p>	B	M	<p>Política o lineamientos para el borrado seguro, auditoria de los controles definidos para el borrado seguro</p>
14	Fallas del equipo	<p>Posibilidad de pérdida Económica y Reputacional por sistemas desactualizados, Activos de información sin protección antivirus o funcionando incorrectamente debido a la presencia de brechas de seguridad en el sistema por</p>	M	A	<p>Política de control de antivirus, monitoreo de amenazas, campañas de actualización de antivirus, revisión de instalación de software no autorizado.</p>

desactualización o  
ausencia o fallas  
del sistema de  
protección antivirus

*Nota.* Elaboración propia. En las columnas probabilidad de presencia y grado de impacto se utilizan los valores alto (A), moderado (M) y bajo (B).

### **Entregables tempranos**

Con el fin de evidenciar resultados tangibles desde las etapas iniciales en la implementación del modelo de inteligencia de negocios, se definieron entregables tempranos (quick wins) que generen valor inmediato para la organización. Los hitos relacionados en la Tabla 33 permiten validar el funcionamiento de la arquitectura planteada y fomentar la adopción progresiva por parte de los diferentes usuarios.

**Tabla 33**

*Quick Wins del proyecto*

<b>Entregable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área beneficiada</b>	<b>Mes de entrega (Estimado)</b>
Dashboard de consumo diario	Tablero del comportamiento de consumo por cliente y zona a partir de los datos históricos	Comercial	2 meses
Integración de fuentes (Planos y SQL)	Consolidación inicial de al menos 2 fuentes críticas en el data mart	Tecnología / Comercial	1 mes
Automatización del reporte mensual de energía comprada	Proceso ETL en Azure Data Factory con creación del Job	Tecnología	2 meses

Capacitación inicial en Power BI (nivel básico)	Formación de analistas y líderes de área en la herramienta Power BI	Todas las áreas	3 meses
Panel de indicadores regulatorios (XM y CREG)	Reporte automatizado de tarifas y precios de bolsa	Dirección / Comercial	3 meses

*Nota.* Elaboración propia.

### ***Plan de gestión del cambio y monitoreo de KPIs***

La adopción del modelo de inteligencia de negocios en Sol & Cielo Energía S.A.S. E.S.P. requiere no solo de infraestructura tecnológica, sino también la gestión efectiva de adopción del cambio organizacional, orientada a garantizar la aprobación de las nuevas herramientas y procesos. El plan de gestión del cambio contempla tres líneas de acción: capacitación, comunicación y medición del impacto. En la Tabla 34 se presentan las actividades propuestas.

**Tabla 34**

*Estrategia de gestión del cambio*

<b>Línea</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>
Capacitación	Sesiones de formación en Power BI y conceptos de analítica para 32 colaboradores.	Líder del proyecto	Bimestral
Comunicación	Boletines y reuniones informativas sobre el avance del proyecto	Gerente administrativo	Mensual
Acompañamiento	Mesa de ayuda para resolución de dudas y soporte.	Equipo BI	Permanente

*Nota.* Elaboración propia.

El monitoreo de los indicadores presentado en la Tabla 35 permitirá evaluar el grado de adopción tecnológica, el desempeño operativo del modelo y el proceso de madurez en procesos BI a lo largo del ciclo de implementación y estabilización.

**Tabla 35**

*Monitoreo de KPIs del plan de implementación*

<b>KPI</b>	<b>Target</b>	<b>Frecuencia de medición</b>	<b>Fuente</b>
Porcentaje de fuentes integradas al Data mart	100% hasta el final del proyecto	Mensual	Logs de Data Factory / Consultas SQL
Tiempo promedio de generación de reportes	Menor o igual a una hora	Mensual	Servicios de integración de Power BI
Usuarios capacitados en BI	80% del personal	Bimestral	Registros de capacitación
Precisión de pronósticos de consumo	< 10% de error	Trimestral	Cuadros comparativos de resultados
Uso de dashboards en Power BI	Más del 70% de usuarios acceden al menos una vez por semana	Mensual	Power BI (Portal de Administración)

*Nota.* Elaboración propia.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

A continuación, se presentan las conclusiones de la intervención desarrollada en la empresa, así como las recomendaciones para la implementación del plan de intervención propuesto.

### **Conclusiones**

El diagnóstico organizacional realizado en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. permitió evidenciar que la gestión de la información se encuentra dispersa en variadas fuentes, con alta dependencia de hojas de cálculo en Excel y falta de procesos estandarizados de integración. Estos resultados confirman que la principal dificultad de la empresa para optimizar la toma de decisiones estratégicas se basa en la ausencia de un sistema de información consolidado y calidad de datos que pueda soportarse en un modelo de inteligencia de negocios.

El modelo de inteligencia de negocios diseñado, basado en una arquitectura multicapa en Azure y un esquema dimensional tipo estrella, responde de manera efectiva a la problemática identificada. El modelo integra datos de clientes, consumos, tarifas y factores económicos en un data warehouse, habilitando la generación de indicadores confiables y la posibilidad de aplicar analítica predictiva y prescriptiva. Esto demuestra que la solución es técnicamente viable, escalable y coherente con las mejores prácticas de BI en el sector energético.

El plan de implementación propuesto está estructurado en fases con cronograma, indicadores de seguimiento y estrategias de mitigación de riesgos, demostrando la factibilidad de llevar el modelo a la práctica. La propuesta no solo responde al problema de dispersión y baja explotación de los datos, sino que también se espera que genere un impacto organizacional positivo al fomentar una cultura de decisiones basadas en hechos, mejorar la competitividad de la empresa y aportar un marco replicable para otras comercializadoras de energía de mediano tamaño en Colombia. Igualmente, los

resultados esperados del modelo se reflejan en (KPIs) que permitirán medir el impacto, entre los que destacan la reducción en los tiempos de análisis y generación de reportes de varias horas a menos de una hora, el ahorro proyectado entre el 5 y el 10 % en la compra de energía eléctrica en bolsa y una precisión superior al 90 % en los pronósticos de consumo, evidenciando el potencial del modelo BI para optimizar la eficiencia operativa y fortalecer la capacidad analítica y de planeación estratégica de Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.

## **Recomendaciones**

### ***Primera recomendación. Fortalecer la gestión integral de datos como eje estratégico de la organización.***

El diagnóstico evidenció debilidades en la captura, integración y calidad de los datos, lo que limita la confiabilidad de los indicadores. Por tanto, se recomienda implementar un plan integral de gobernanza de datos que incluya políticas claras de estandarización, validación y control de calidad. Así mismo, el plan debe estar alineado con el modelo BI propuesto y contemplar herramientas de automatización para reducir la dependencia de hojas de cálculo y otros procesos manuales.

Los resultados esperados incluyen:

- Mayor consistencia en los registros de clientes, consumos y facturación.
- Disponibilidad de información que sea confiable para la toma de decisiones estratégicas.
- Reducción de riesgos asociados a errores humanos o generación de información duplicada.

***Segunda recomendación. Implementar gradualmente el modelo de inteligencia de negocios con una visión de analítica avanzada***

El modelo dimensional diseñado y la arquitectura multicapa en Azure constituyen la base tecnológica para consolidar la información crítica de Sol&Cielo. Sin embargo, su adopción debe realizarse por fases, priorizando aquellas fuentes de mayor impacto en la gestión operativa y financiera: consumos, tarifas y facturación. Una vez estabilizada esta primera etapa, se recomienda integrar factores económicos (IPC, IPP, tasas regulatorias, etc.) y otros datos externos que permitan realizar proyecciones más precisas.

Simultáneamente, es fundamental proyectar el modelo hacia la analítica avanzada, incorporando algoritmos de predicción de la demanda energética, simulación de escenarios de precios y optimización de compras en bolsa. Esto no solo aportará valor agregado a la empresa, sino que permitirá que se ubique en un nivel de madurez comparable al de compañías líderes del sector.

Los resultados esperados son:

- Mayor capacidad de anticipación a fluctuaciones de mercado y fenómenos climáticos.
- Optimización de márgenes financieros al realizar compras estratégicas de energía.
- Desarrollo de capacidades analíticas que potencien la innovación organizacional.

***Tercera recomendación. Consolidar un plan de implementación sostenible con enfoque en talento humano y gestión del cambio***

El éxito del plan de implementación propuesto dependerá de la apropiación por parte del talento humano de Sol&Cielo. Se recomienda desarrollar un programa de capacitación y gestión del cambio, orientado a fortalecer las competencias en analítica, visualización de datos y uso de herramientas BI. Esto debe complementarse con una estrategia de comunicación interna que resalte los beneficios del modelo, incentive su uso y promueva una cultura organizacional basada en datos.

Adicionalmente, se recomienda implementar un sistema de monitoreo con indicadores de avance, calidad de datos y uso de dashboards. Estos indicadores permitirán evaluar el impacto del modelo y garantizar la mejora continua.

Los resultados esperados son:

- Adopción efectiva del modelo por parte de los colaboradores de la organización.
- Reducción de la resistencia al cambio mediante un acompañamiento organizado y correctamente planificado.
- Sostenibilidad del modelo BI a largo plazo, evitando su obsolescencia por falta de uso o actualización.

Finalmente, se propone que el modelo de inteligencia de negocios evolucione progresivamente hacia un ecosistema analítico integral, incorporando componentes de pronóstico avanzado de demanda energética, la busque de optimización de precios y la generación de un sistema de alertas tempranas para detectar desviaciones en consumo, costos o calidad de los datos. Estas capacidades ampliarán el valor del modelo, permitiendo a Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P. anticiparse a los cambios del mercado eléctrico, mejorar la eficiencia operativa y consolidarse como una organización con un amplio conocimiento en analítica y ser altamente competitiva en el sector energético colombiano.

### **Lecciones aprendidas y recomendaciones**

El desarrollo de este trabajo de maestría permitió integrar los conocimientos teóricos y prácticos en torno a la inteligencia de negocios, la gestión de los datos y aprendizaje de conceptos del sector energético. Desde una perspectiva académica, la experiencia permite reafirmar la importancia de enfocar los proyectos de investigación aplicada hacia los problemas reales de las organizaciones, donde la teoría se convierte en una herramienta efectiva para la transformación digital y la toma de decisiones basada en

datos, pero sobre todo que este aprendizaje se materialice en soluciones que contribuyan al desarrollo de una empresa y por ende de la economía del país.

A los futuros estudiantes y profesores que deseen continuar esta línea de investigación, se recomienda que profundicen en el uso de técnicas de analítica avanzada, como podrían ser los modelos de pronóstico de demanda, optimización de precios y sistemas de alertas tempranas mediante el uso de lenguaje natural, modelos de IA propios de la ciencia de datos. De igual manera, resulta clave fortalecer el enlace entre la academia y el sector productivo, de modo que los trabajos de grado se puedan convertir en soluciones reales que aporten a la eficiencia y la sostenibilidad empresarial y en definitiva contribuya al fortalecimiento del tejido empresarial en Colombia.

En el ámbito personal y académico, este proyecto dejó como enseñanza principal la relevancia de la gestión del conocimiento, del trabajo colaborativo y de la interdisciplinariedad que los proyectos de BI deben contemplar. La experiencia de diseñar un modelo BI desde cero, validar su factibilidad técnica y alinearlo con la estrategia de la empresa permitió consolidar competencias en planeación, liderazgo de proyectos y gestión de datos, que serán aplicables a los entornos profesionales y de investigación en sectores estratégicos como por ejemplo el energético.

## Referencias

- Aguilar, G. (2015). *Introducción al Business Intelligence: Conceptos y herramientas para la toma de decisiones empresariales*. Ediciones Paraninfo.
- Ahumada Tello, E., & Perusquia Velasco, J. M. A. (2016). Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Contaduría y Administración*, 61(1), 127–158.  
<https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.09.006>
- Alvarado-Apodaca, J., Ramírez-Noriega, A., Tripp-Barba, C., Martínez-Ramírez, Y., & Álvarez Sánchez, I. N. (2023). Inteligencia de negocios en américa latina: una revisión sistemática de literatura. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, 11(24), 76–89. <https://doi.org/10.36825/RITI.11.24.007>
- Aradiel Castañeda, H., Mas Azahuanche, G. A., Mendoza Arenas, R. D., Gomez Alvarado, C. J., Espejo Peña, D. A., & Delgado Baltazar, M. P. (2024). *Development and impact of Business Intelligence Systems (BIS) in retail decision-making processes: A systematic review*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1103>
- Avendaño Delgado, E. M., Deza Castillo, J. M., Florian Castillo, O. R., Guarniz Santillan, P. J., & Pereda Utrilla, E. J. (2023). Inteligencia de Negocios para la Toma de Decisiones en una Pyme del Sector Manufacturero. *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2023): "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success."*  
<https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.553>
- Banco de la República. (2024). *Estadísticas económicas - Tasa de cambio del peso colombiano*. <https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/#/informacionSerie/1/Tasa%20de%20cambio%20del%20peso%20colo>

- mbiano/Tasa%20de%20cambio%20Representativa%20del%20Mercado%20%28TC  
RM%29
- Bindé, J. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento* (UNESCO, Ed.).  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141908>
- CEnergía. (2024). *Datos y estadísticas. Usuarios regulados y no regulados*.  
<https://www.ccenergia.org.co/usuarios-r-y-nr/>
- Cio. (2024). Iberdrola aprovecha la IA generativa para impulsar la innovación y la sostenibilidad. *CIO*.  
<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/trade-journals/iberdrola-aprovecha-la-ia-generativa-para/docview/3094659208/session?accountid=34925>
- Conejo, A. J., Morales, J. M., & Baringo, L. (2010). Real-Time Demand Response Model. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(3), 236–242.  
<https://doi.org/10.1109/TSG.2010.2078843>
- Corficolombiana. (2024a). *Informe trimestre de Dinámica Sectorial. Energía. Septiembre 2024*. <https://investigaciones.corfi.com/documents/38211/0/27-08-2024-Informe-de-dinamica-sectorial-Energia.pdf/e260e738-eab8-32c4-5735-96ee59aa8ab5?t=1726169681245>
- Corficolombiana. (2024b). *Perspectiva sectorial: Sostenibilidad. Oportunidades de crecimiento de Colombia en la Transición Energética*.  
[https://investigaciones.corfi.com/documents/38211/0/22-07-2024.%20Informe%20Oportunidades%20Sectoriales%20VF%20\(3\).pdf/55855f7d-f6da-1885-13cf-89fa649a09d8](https://investigaciones.corfi.com/documents/38211/0/22-07-2024.%20Informe%20Oportunidades%20Sectoriales%20VF%20(3).pdf/55855f7d-f6da-1885-13cf-89fa649a09d8)
- CREG. (2022). *Informe Anual del Mercado Energético 2022*.

DANE. (2023). *Boletín técnico. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica.*

*Servicios y comercio (EDITS VIII).*

<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/EDITS/bol-EDITS-2021.pdf>

DANE. (2024a). *Boletín técnico Producto Interno Bruto (PIB) II trimestre 2024 preliminar.*

<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-PIB-IItrim2024.pdf>

DANE. (2024b). *Principales indicadores del mercado laboral Septiembre de 2024.*

<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIH-sep2024.pdf>

DANE. (2025a). *Conceptos.* [https://conceptos.dane.gov.co/conceptos/report\\_transversal/](https://conceptos.dane.gov.co/conceptos/report_transversal/)

DANE. (2025b). *Índice de Precios al Consumidor (IPC).*

<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/IPC/feb2025/bol-IPC-feb2025.pdf>

Dean, J., & Ghemawat, S. (2008). MapReduce: Simplified Data Processing on Large

Clusters. *Communications of the ACM*, 51(1), 107–113.

Decreto 1276 (2023).

[https://www.minenergia.gov.co/documents/10437/DECRETO\\_1276\\_DEL\\_31\\_DE\\_JULIO\\_DE\\_2023\\_002.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10437/DECRETO_1276_DEL_31_DE_JULIO_DE_2023_002.pdf)

DNP. (2022). *Documento Conpes 4075. Política de Transición energética.*

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>

DNP. (2023a). *El Plan Nacional de Desarrollo marca la ruta de la transición energética*

*del país.* [https://www.dnp.gov.co/Prensa\\_/Noticias/Paginas/el-plan-nacional-de-desarrollo-marca-la-ruta-de-la-transicion-energetica-del-pais.aspx](https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/el-plan-nacional-de-desarrollo-marca-la-ruta-de-la-transicion-energetica-del-pais.aspx)

DNP. (2023b). *Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026: Colombia, potencia mundial de*

*la vida.* <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

DNP. (2024). 7. Energía asequible y no contaminante. In *Objetivos de desarrollo*

*sostenible.* <https://ods.dnp.gov.co/es/objetivos/energia-asequible-y-no-contaminante>

Escurra Mayaute, L. M. (1988). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. *Revista de Psicología*, 6(1–2), 103–111.

<https://doi.org/10.18800/psico.198801-02.008>

Gartner. (2024). Gartner Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms. *Gartner Research*.

Goel, S., & et al. (2023). Big Data Technologies and Applications in Energy Sector.

*Journal of Advanced Data Analytics*, 12(3), 215–235.

Golfarelli, M., & Rizzi, S. (2009). *Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies* (McGraw Hill Professional, Ed.).

Huerga, A. (2023). ¿Cuánto CO2 genera Chat GPT? *ZEO Zero Emissions Objective*.

<https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-genera-chat-gpt/>

Hughes, R. (2015). *Agile Data Warehousing for the Enterprise: A Guide for Solution Architects and Project Leaders* (Morgan Kaufmann, Ed.; 1st ed.).

Hyndman, R., & Koehler, A. (2006). Another look at measures of forecast accuracy.

*International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688.

Inmon, W. H., & Linstedt, D. (2014). *Data Architecture: A Primer for the Data Scientist: Big Data, Data Warehouse and Data Vault* (Morgan Kaufmann, Ed.; 1st ed.).

Iyer, S., & Srivastava, R. (2021). Predictive Analytics in Energy Markets: Trends and Applications. *Journal of Energy Management*, 45(3), 120–138.

Joyanes, L. (2019). *Inteligencia De Negocios Y Analítica De Datos* (Alfaomega, Ed.; 1 edición).

Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling* (Wiley, Ed.; 3 edición).

Kirschen, D., & Strbac, G. (2004). *Fundamentals of Power System Economics*. Wiley.

<https://doi.org/10.1002/0470020598>

- Kulp, S. A., & Strauss, B. H. (2019). New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature Communications*, 10(1), 4844. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>
- Leonard Brizuela, E. I., & Castro Blanco, Y. (2013). Metodologías para desarrollar Almacén de Datos. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 7(3), 1–12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193930080003>
- Ley 1715 (2014). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Ley 2099 (2021).
- Linsted, R., & et al. (2021). Modern BI Architecture for Real-time Analytics. *International Journal of Data Management*, 45(2), 145–158.
- Manning, J., & Ingram, S. (2021). 26 datos para entender la realidad del cambio climático. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/10/datos-para-entender-la-realidad-del-cambio-climatico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050*. Estrategia 2050. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-2050/>
- Naciones Unidas. (2024a). *Macrodatos para el desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/es/global-issues/big-data-for-sustainable-development#:~:text=El%20volumen%20de%20datos%20en,del%20314%25%20repecto%20a%202015.>
- Naciones Unidas. (2024b). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Oviedo Guevara, L. G. (2023). Dilema de la inteligencia artificial: pensamiento crítico y generaciones digitales. *Realidad y Reflexión*, 1(58), 69–83.  
<https://doi.org/10.5377/ryr.v1i58.17397>
- Perrotini, I., & Goethe, J. (2002). *La economía de la información asimétrica: microfundamentos de competencia imperfecta*.
- Rodríguez Rodríguez, A., & Bernal Gamboa, E. (2019). *Gestión de la información cuantitativa en las universidades: pistas para su abordaje en la era de la sobreinformación* (Universidad Nacional de Colombia, Ed.; 1 edición).
- Sampieri Hernández, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (McGraw Hill, Ed.).
- Sharda, R., DElen, D., & Turban, E. (2024). *Inteligencia de negocios, analítica, ciencia de datos e IA. Una perspectiva gerencial* (Pearson Educación, Ed.; 1a edición).  
<https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=41105&pg=1>
- Sol&Cielo. (2024a). *Nuestros servicios*. <https://www.sol-cielo.com/inicio>
- Sol&Cielo. (2024b). *Plan de negocio. Cierre Agosto 2024*.
- Sol&Cielo. (2024c). *Presentación de Sol&Cielo*.
- Tavares, D., & Silva, P. (2022). Predictive Analytics in Renewable Energy Markets. *Journal of Sustainable Energy Systems*, 37(5), 156–178.
- UPME. (2022). *Proyección Demanda Energía Eléctrica, Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022 – 2036*.  
[https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Presentacion\\_Proyeccion\\_demanda\\_energeticos\\_2022.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Presentacion_Proyeccion_demanda_energeticos_2022.pdf)
- UPME. (2024). *Proyección de la demanda de Energía eléctrica y Potencia máxima 2024 – 2038*.  
[https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyeccion\\_demanda\\_energia\\_electrica\\_y\\_potencia\\_maxima\\_rev\\_jul2024.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyeccion_demanda_energia_electrica_y_potencia_maxima_rev_jul2024.pdf)

Wheelen, T. L., & Hunger, J. D. (2013). *Administración estratégica y política de negocios: conceptos y casos* (Pearson Educación, Ed.). [https://www-ebooks7-24-](https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=3371)

[com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=3371](https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=3371)

XM. (2023). *Reporte integral de sostenibilidad, operación y mercadeo*.

[https://www.xm.com.co/sites/default/files/documents/Reporte%20Integral%20de%20Sostenibilidad%2C%20Operaci%C3%B3n%20y%20Mercado%202023\\_XM.pdf](https://www.xm.com.co/sites/default/files/documents/Reporte%20Integral%20de%20Sostenibilidad%2C%20Operaci%C3%B3n%20y%20Mercado%202023_XM.pdf)

XM. (2024). *Estructura del mercado*.

<https://www.xm.com.co/transacciones/registros/registro-agentes-y-contactos/estructura-del-mercado>

## Anexo A. Carta de aval de la empresa para realizar la intervención



Montería, Córdoba, noviembre 18 de 2024

Señores,  
Comité de Trabajos de Grado Universidad EAN  
Bogotá, D.C

Respetados señores,

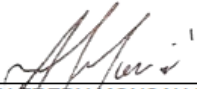
Por medio de la presente nos permitimos autorizar a MARIA ELENA MEDINA GRAJALES identificada con cedula de ciudadanía 24396833, RAMÓN RICARDO VALENZUELA GUTIÉRREZ identificado con cédula de ciudadanía 79914098 y ROBINSON ALEXANDER UYASAN GIRALDO identificado con cédula de ciudadanía 1020731749, estudiantes del programa de maestría en Inteligencia de Negocios de la Universidad EAN, para que realice en nuestra organización Sol&Cielo Energía SAS ESP Comercializadora, su trabajo de grado titulado: MODELO DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA SOL&CIELO SAS ESP , bajo la modalidad de trabajo dirigido.

Como empresa nos comprometemos a brindar la información requerida para adelantar este proyecto académico, así mismo, autorizamos que el documento resultado de este trabajo sea publicado en el repositorio documental Minerva de la Universidad EAN.

A continuación, relacionamos los datos de la persona que será el contacto designado por la empresa.

NOMBRE DEL CONTACTO: JOHN FREDY MONSALVE GIL  
CARGO QUE OCUPA: GERENTE DE OPERACIONES  
TELÉFONO: 3003397654  
CORREO ELECTRÓNICO: INFO@SOL-CIELO.COM

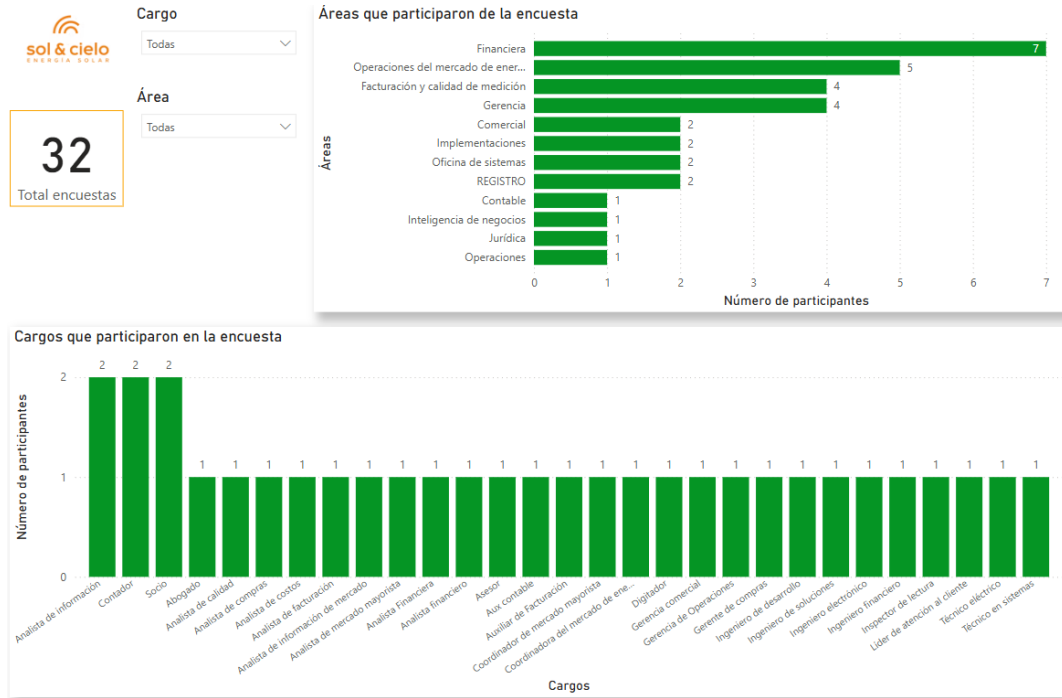
Cordialmente,

  
\_\_\_\_\_  
JOHN FREDY MONSALVE GIL  
Gerente Operaciones  
info@sol-cielo.com

**Anexo B. Gráficas con los resultados de la encuesta para el análisis interno**

**Figura 29**

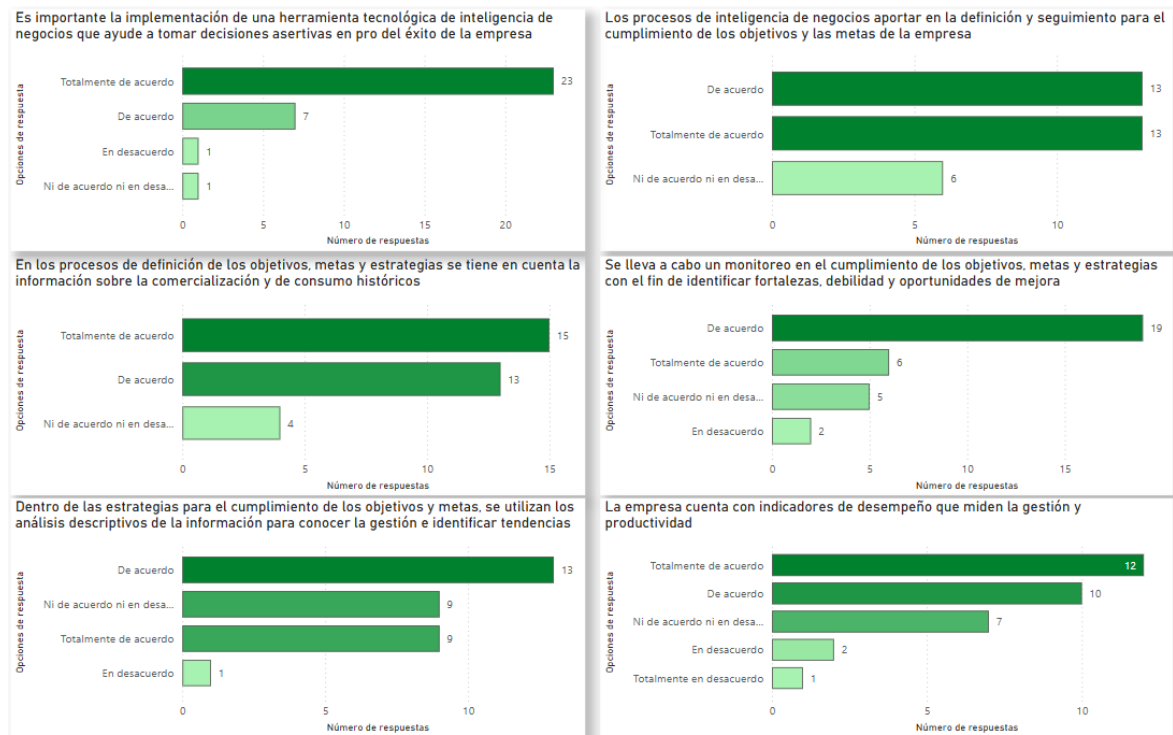
*Perfil del personal que respondió la encuesta*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 30**

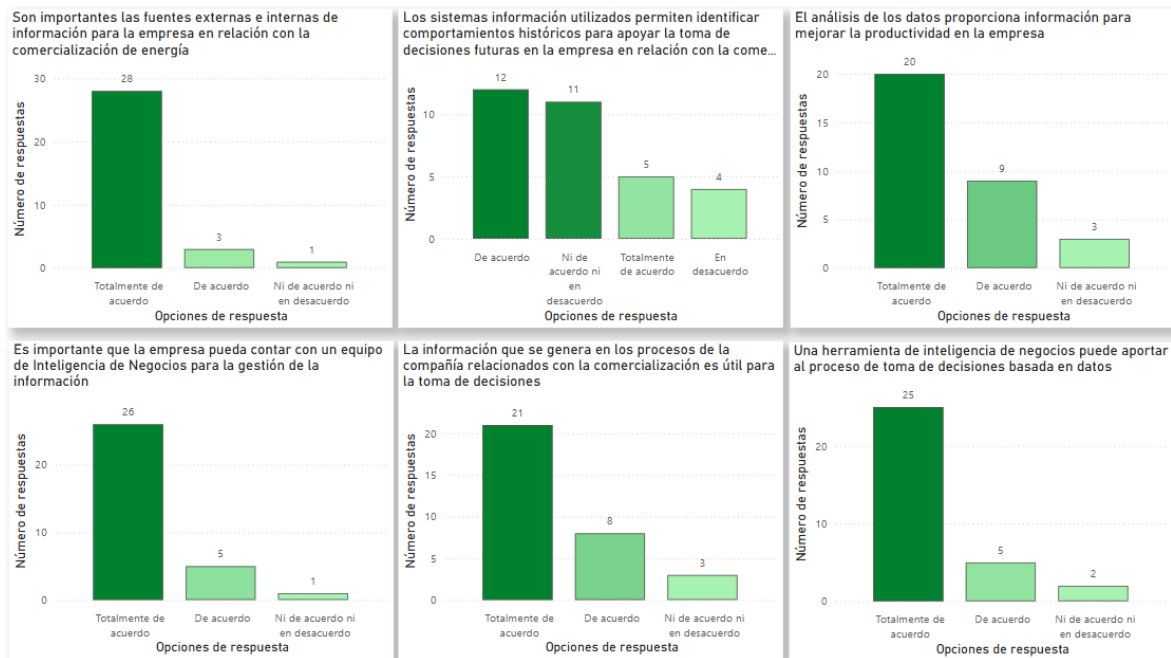
*Percepción de la importancia de la Inteligencia de Negocios en la Planeación Estratégica*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 31**

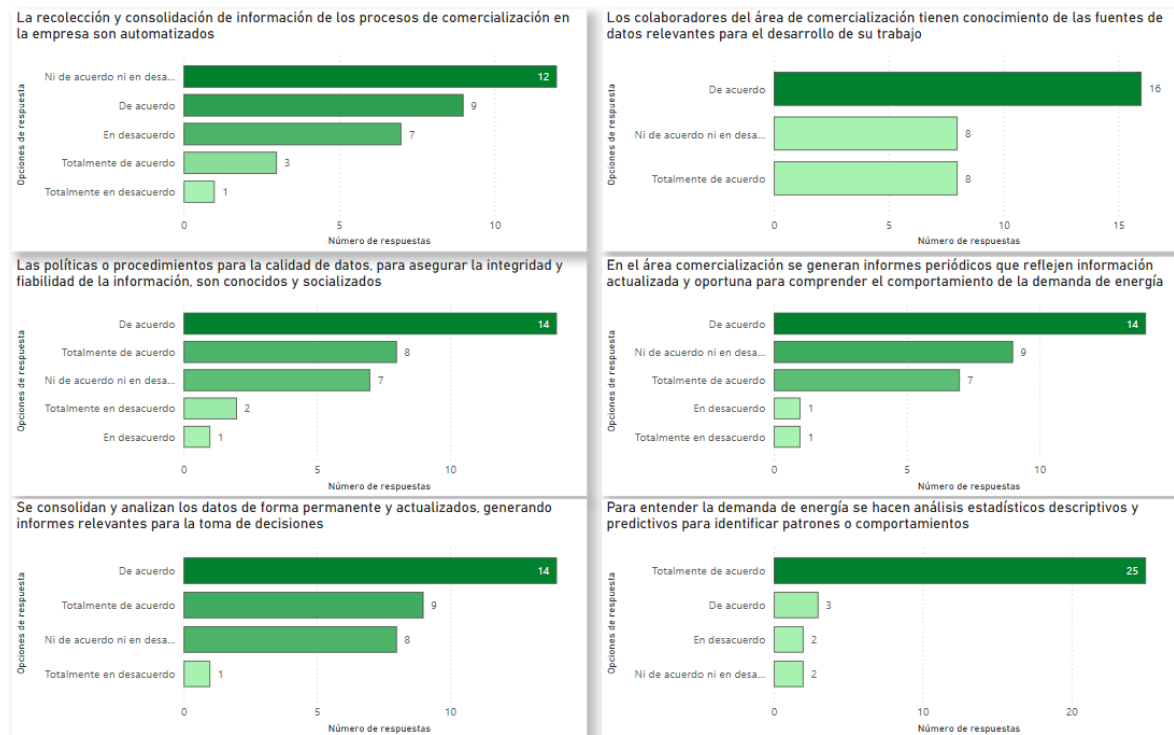
*Percepción sobre la necesidad y potencial de herramientas de Inteligencia de Negocios*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 32**

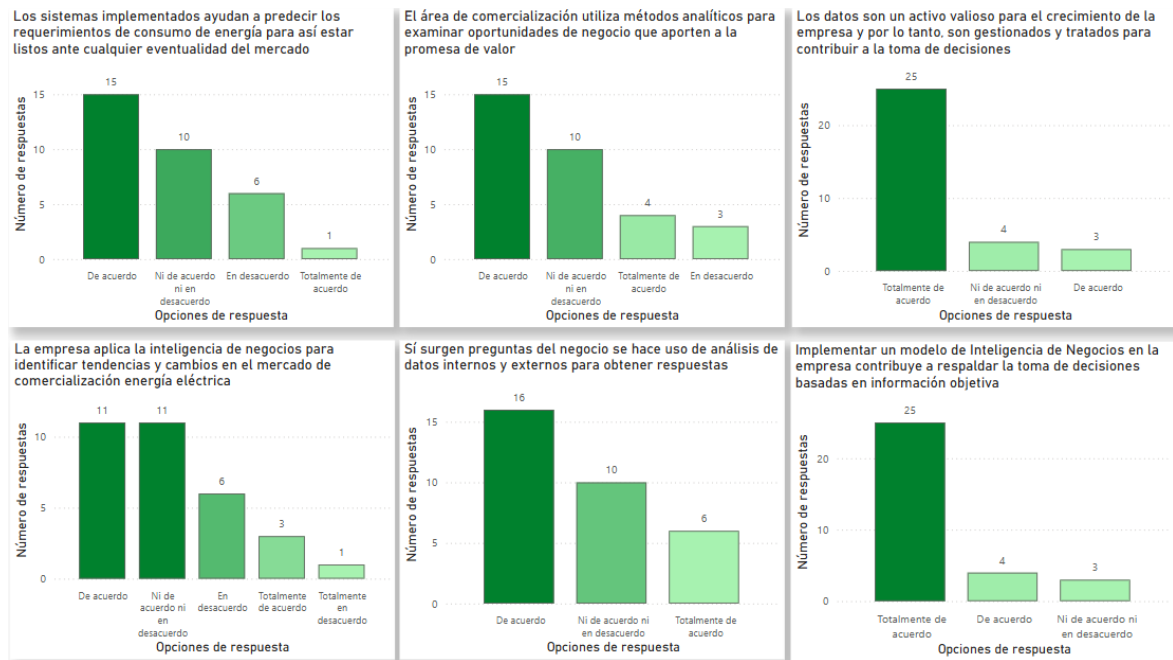
*Percepción sobre la gestión de los datos en Sol&Cielo Energía S.A.S. E.S.P.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 33**

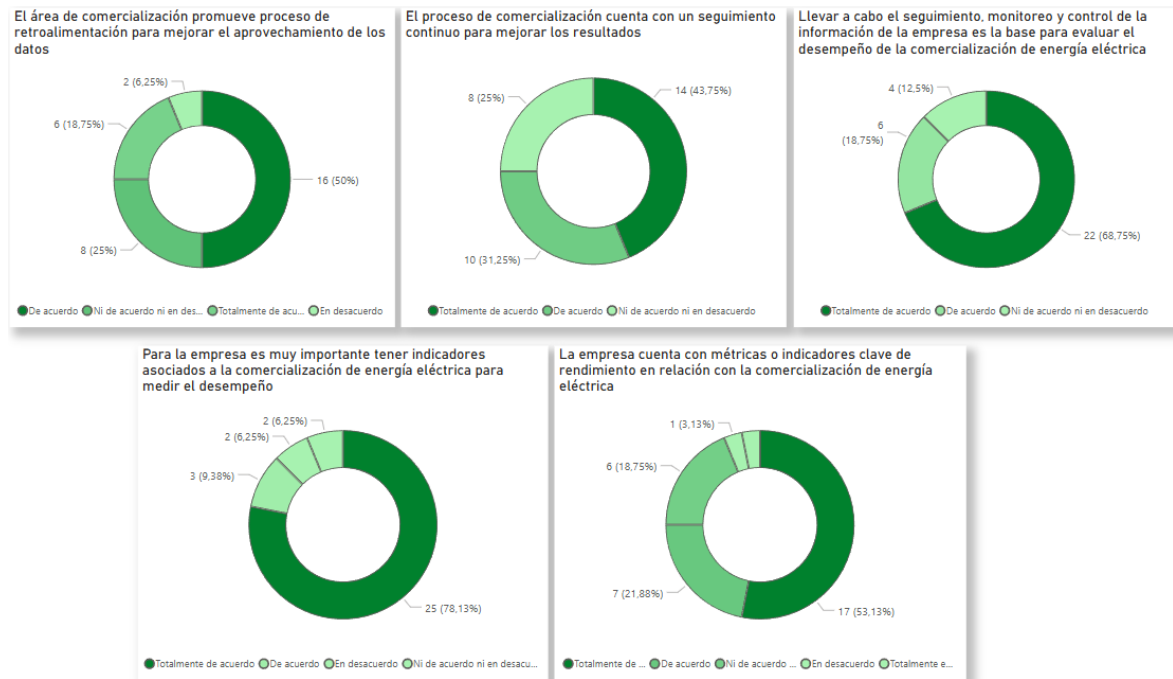
*Percepción sobre la Importancia de la Inteligencia de Negocios para la toma decisiones*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 34**

*Percepción sobre la importancia de la medición y seguimiento de KPI y métricas*



*Nota.* Elaboración propia.

**Anexo C. Diccionario de datos del repositorio intermedio**

**Tabla 36**

*Diseño de la tabla ctl.Cargas*

<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
PK	IdCarga	Numérico	Identificador único de la carga de carga.
	Fuente	Texto	Nombre lógico de la fuente asociada (CGM, Alumbrado, etc.).
	Archivo	Texto	Nombre del archivo cargado en la carga.
	HashArchivo	Texto	Hash del archivo para evitar cargas duplicadas.
	FechaRecepcion	Fecha/Hora	Fecha y hora en que se recibió el archivo.
	InicioEjecucion	Fecha/Hora	Timestamp de inicio de la carga.
	FinEjecucion	Fecha/Hora	Timestamp de finalización de la carga.
	Estado	Texto	Estado de la carga (RECIBIDO, EN_PROCESO, CARGADO, CON_ERRORES, FALLIDO).
	RegistrosLeidos	Numérico	Número de registros leídos desde el origen.
	RegistrosCargados	Numérico	Número de registros cargados correctamente.
	RegistrosError	Numérico	Número de registros rechazados en la carga.
	Observaciones	Texto	Notas y comentarios del proceso.
	UsuarioEjecucion	Texto	Usuario o servicio que ejecutó la carga.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 37**

*Diseño de la tabla err.ErroresCarga*

<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
PK	IdError	Numérico	Identificador único del error.
FK	IdCarga	Numérico	Relación con la carga en ctl.Cargas.
	TablaDestino	Texto	Nombre de la tabla en la que ocurrió el error.

Llave	Columna	Tipo	Descripción
	LineaArchivo	Numérico	Número de línea en el archivo de origen.
	CodigoError	Texto	Código interno del error.
	DescripcionError	Texto	Descripción detallada del error.
	RegistroRaw	Texto	Registro en crudo (tal como vino de la fuente).
	FechaError	Fecha/Hora	Fecha y hora en la que se registró el error.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 38**

*Diseño de la tabla Cliente*

Llave	Columna	Tipo	Descripción	
PK	CodCliente	Numérico	Código único del cliente en la fuente.	
	CodInterno	Texto	Código interno asignado al cliente.	
	PeriodoInicio	Texto	Fecha de inicio de facturación YYYYMM.	
FK	CodigoSic	Texto	Código SIC asignado al cliente.	
	Niu	Numérico	Código Niu asignado al cliente.	
	TipoMercado	Texto	Cliente Regulado – No Regulado.	
	TipoCliente	Texto	Tipo cliente.	
	TipoPersona	Numérico	Código asignado al tipo cliente Natural, Jurídico.	
	Documento	Texto	Número de identificación del cliente.	
	DV	Numérico	Código verificación aplica para NIT.	
	RazonSocialNombre	Texto	Nombre del cliente (Natural o Jurídico).	
	RepLegal	Texto	Nombre del representante legal.	
	TipoDocRep	Texto	Tipo documento representante legal.	
	NumDocRep	Texto	Número identificación representante legal.	
		CodDepto	Texto	Código DANE del departamento de ubicación.
	FK	CodMunicipio	Texto	Municipio asociado al cliente.
Dirección		Texto	Dirección del cliente.	
DirCorresp		Texto	Dirección de correspondencia.	
CorreoElectronico		Texto	E-mail del cliente.	

Llave	Columna	Tipo	Descripción
	CorreoFactura	Texto	E-mail facturación.
	Telefono1	Numérico	Teléfono de contacto #1
	Telefono2	Numérico	Teléfono de contacto #2
FK	CodOperador	Texto	Operador de red asociado.
	Propiedad	Texto	Porcentaje propiedad transformador.
FK	Estrato	Numérico	Estrato socioeconómico del cliente.
	PagaReactiva	Texto	Paga energía reactiva (Si-No).
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la carga.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 39**

*Diseño de la tabla Ind.ActividadEconomic*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodActividad	Numérico	Código único de la actividad económica.
	Actividad	Texto	Nombre o descripción de la actividad económica según la clasificación oficial.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 40**

*Diseño de la tabla Ind.OperadorRed*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodOperador	Texto	Código del operador de red (clave primaria por convención).
	Nombre	Texto	Nombre del operador de red.
	Telefono	Numérico	Teléfono de contacto del operador.
	Direccion	Texto	Dirección del operador.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 41**

*Diseño de la tabla Ind.Estrato*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodEstrato	Numérico	Código de estrato (clave primaria por convención).
	Estrato	Texto	Descripción/valor del estrato.
	TipoContribuyente	Texto	Tipo de contribuyente (Subsidio - Contribución).
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 42**

*Diseño de la tabla Ind.NivelTension*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodNivTension	Numérico	Código de nivel de tensión (clave primaria por convención).
	Propiedad	Texto	Porcentaje de propiedad del transformador.
	Nombre	Texto	Nombre/descr. del nivel de tensión.
	NivelTension	Texto	Código del nivel (NV) más la escala (1, 2)
	DescNivTension	Texto	Descripción del nivel de tensión.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 43**

*Diseño de la tabla Ind.TarifaOperador*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodTarifaOp	Numérico	Código de la tarifa por operador (clave primaria por convención).
	Anio	Numérico	Año de aplicación de la tarifa del operador.
	Mes	Numérico	Mes de aplicación de la tarifa del operador.

Llave	Columna	Tipo	Descripción
	CodOperador	Texto	Código del operador de red.
	Operador	Texto	Nombre del operador de red.
	Propiedad	Texto	Porcentaje de propiedad del transformador.
	Tarifa	Decimal	Tarifa definida por el operador.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 44**

*Diseño de la tabla Ind.Tarifa*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodTarifa	Numérico	Código de la tarifa (clave primaria por convención).
	Anio	Numérico	Año de aplicación de tarifa al cliente.
	Mes	Numérico	Mes de aplicación de tarifa al cliente.
	CodComponente	Numérico	Código de identificación del componente.
	Componente	Texto	Nombre asignado al componente.
	Valor	Decimal	Tarifa aplicada al cliente.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 45**

*Diseño de la tabla Ind.MatrizFronteras*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodMatriz	Numérico	Identificador único de la matriz/frontera (clave primaria por convención).
	CodigoSic	Texto	Código SIC asociado a la frontera.
	Fecha	Fecha/Hora	Fecha del registro horario.
	Cuadrante	Texto	Estado o clasificación del cuadrante (p. ej., ACTIVA).
	Hora 01	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 01.

<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
	Hora 02	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 02.
	Hora 03	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 03.
	Hora 04	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 04.
	Hora 05	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 05.
	Hora 06	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 06.
	Hora 07	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 07.
	Hora 08	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 08.
	Hora 09	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 09.
	Hora 10	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 10.
	Hora 11	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 11.
	Hora 12	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 12.
	Hora 13	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 13.
	Hora 14	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 14.
	Hora 15	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 15.
	Hora 16	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 16.
	Hora 17	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 17.
	Hora 18	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 18.
	Hora 19	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 19.
	Hora 20	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 20.
	Hora 21	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 21.
	Hora 22	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 22.
	Hora 23	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 23.
	Hora 24	Numérico	Valor horario (decimal) para la hora 24.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 46**

*Diseño de la tabla Ind.AlumbradoPublico*

<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
PK	CodAlumbrado	Numérico	Identificador único del registro (clave primaria por convención).

Llave	Columna	Tipo	Descripción
FK	CodMunicipio	Texto	Código del municipio (string).
FK	Estrato	Texto	Estrato/segmento (ej.: "Res 1").
	ConsumoMinimo	Numérico	Límite inferior de consumo para la regla; puede venir vacío.
	ConsumoMaximo	Numérico	Límite superior de consumo para la regla.
	Impuesto	Decimal	Valor del impuesto asociado .
	Unidad	Texto	Unidad del impuesto
	BaseGravable	Texto	Base sobre la que aplica.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 47**

*Diseño de la tabla Ind.Parametro*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodParametro	Numérico	Identificador único del parámetro (clave primaria por convención).
	Anio	Numérico	Año de vigencia del parámetro.
	Mes	Numérico	Mes de vigencia (1–12).
	Parametro	Texto	Nombre del parámetro
	Valor	Numérico	Valor del parámetro para el periodo.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 48**

*Diseño de la tabla Ind.TasaSeguridad*

Llave	Columna	Tipo	Descripción
PK	CodTasaSeg	Numérico	Identificador único de la tasa de seguridad (clave primaria por convención).
FK	CodMunicipio	Texto	Código del municipio al que aplica la tasa.
	CodDepartamento	Texto	Código del departamento.

---

<b>Llave</b>	<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
	TipoTasa	Texto	Tipo de aplicación: <b>F</b> = fija (valor absoluto), <b>P</b> = porcentaje.
	ValorFijo	Numérico	Valor fijo cuando TipoTasa = 'F'. Nulo en caso de porcentaje.
	Porcentaje	Numérico	Porcentaje de aplicación.
FK	IdCarga	Numérico	Identificador de la corrida en ctl.Cargas.

---