



Modelo de Gestión Comercial para la Compra Estratégica de Energía no Convencional en
el Sector Eléctrico del Norte de Santander

Marcela Vanessa Colmenares Villamizar

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Programa Especialización en Gerencia Comercial

enero de 2026

Modelo de Gestión Comercial para la Compra Estratégica de Energía no Convencional en el
Sector Eléctrico del Norte de Santander

Marcela Vanessa Colmenares Villamizar

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia
Comercial

Asesora
Maritza Arias Hernández
Máster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual y a Distancia
Programa Especialización en Gerencia Comercial
enero de 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, fuente constante de amor, inspiración y fortaleza, cuyo apoyo incondicional me impulsó a perseverar en cada etapa de este proceso investigativo. A ellos, por su confianza y paciencia, les entrego este logro como testimonio del esfuerzo compartido.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la sabiduría y fortaleza brindada, a mis docentes y asesores por su guía académica, y a CENS S.A. E.S.P. por permitir el desarrollo de esta investigación en torno a la gestión de compras de energía no convencional. Mi gratitud también a quienes, con sus aportes y enseñanzas, contribuyeron a consolidar este proyecto.

Contenido

Introducción	13
1. Planteamiento del Problema	15
1.1 Descripción del problema	15
1.2 La pregunta de Investigación	17
1.3 Objetivos de Investigación.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 Justificación de la Investigación	18
2. Revisión Literaria	21
2.1 Antecedentes	21
2.2 Marco Teórico.....	22
2.2.1 Fundamentos Conceptuales	22
2.2.2 Modelo de Gestión Empresarial.....	23
2.2.3 Energía no convencional en el sector eléctrico.....	23
2.2.4 Contexto del sector eléctrico colombiano.....	25
2.2.5 Retos en la comercialización de energía no convencional.....	26
2.3 Estrategias de compras y negociación en energía.....	28
2.3.1 Compras estratégicas en mercados energéticos	28
2.3.2 Sinergias Estratégicas entre Aprovisionamiento y Comercialización	30
2.3.3 Gestión de riesgos en compras de energía	32
2.3.4 Normativa internacional y buenas prácticas	33
2.4 Perspectiva estratégica y sostenibilidad.....	35
2.5 Modelos de Gestión Comercial en FNCER.....	36
2.6 Marco Conceptual.....	38
2.7 Marco Contextual.....	40
2.8 Marco Legal	44
3. Metodología.....	47
3.1. Enfoque y Alcance de la Investigación	47
3.2. Tipo de Investigación	48
3.3. Población y Muestra	50

3.4. Variables e Indicadores	52
3.5. Instrumentos de recolección	53
3.6. Descripción de Procedimientos	55
3.7. Análisis de Información.....	57
3.8. Validez y Confiabilidad.....	59
3.9. Limitaciones	59
3.10. Consideraciones Éticas	60
3.10.1 Análisis de Consideraciones Éticas	60
3.10.2 Instrumentos de Aceptación y Autorización.....	60
3.11. Productos Esperados	61
4. Hipótesis	62
4.1. Las Variables	62
4.1.1. Variable(s) Independiente(s).....	62
4.1.2. Variable(s) Dependiente(s).....	62
4.2. Planteamiento de Hipótesis	62
5. Resultados.....	64
5.1. Recolección y Sistematización de la Información.....	64
5.1.1. Análisis Exploratorio de las Transacciones	69
5.1.2. Gestión de Indicadores Actual	71
5.2. Principios Rectores	72
5.2.1. Innovación tecnológica como motor de la transición energética.....	72
5.2.2. Cumplimiento regulatorio proactivo y adaptativo	72
5.2.3. Sostenibilidad financiera y resiliencia organizacional.....	72
5.2.4. Gestión del conocimiento y fortalecimiento del capital humano.....	73
5.2.5. Visión integral de sostenibilidad y valor social	73
5.2.6. Gestión de riesgos como eje transversal	73
5.3. Procesos Claves	74
5.3.1. BPMN del Proceso y KPI's	76
5.4. Herramientas de Soporte	78
5.4.1. Herramientas de soporte en el proceso de pago de energías alternativas	78
5.5. Estrategias de mitigación de riesgos.....	80

5.6. Entrevistas y Análisis Temático	81
5.7. Análisis Causa-Efecto.....	90
5.7.1. Análisis DOFA.....	93
5.8. Alternativas de Gestión Tecnológico y Administrativas	96
5.8.1. Análisis de Tendencias	96
5.8.2. Definición de Criterios de Priorización	98
5.8.3. Priorización de Tendencias	100
5.8.4. Análisis de Riesgos	103
5.9. Alternativas de Solución.....	106
5.9.1. Modelo de Gestión.....	106
5.9.2. Herramientas de Gestión.....	108
6. Conclusiones.....	110
7. Recomendaciones	112
Referencias.....	113
Anexos	119

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa área de influencia de CENS.....	41
Figura 2 Diagrama de bloques	56
Figura 3 Control y registro proveedores AGPE.....	66
Figura 4 Control y registro de pagos AGPE	69
Figura 5 Diagrama de flujo	75
Figura 6 BPMN inscripción de proveedores.....	77
Figura 7 BPMN pago de excedentes a proveedores AGPE	78
Figura 8 Análisis dimensión proceso	82
Figura 9 Análisis dimensión riesgo.....	84
Figura 10 Análisis dimensión regulación	85
Figura 11 Análisis dimensión tecnologías de la información (TI)	87
Figura 12 Análisis dimensión proveedores.....	88
Figura 13 Análisis dimensión de cierre	89
Figura 14 Diagrama causa-efecto, gestión de compra de energía no convencional	91
Figura 15 Análisis DOFA - gestión de compras de energía renovable.....	94
Figura 16 Análisis de tendencias	97
Figura 17 Criterios priorización.....	98
Figura 18 Matriz de evaluación por criterios AHP	99
Figura 19 Valoración de los criterios de priorización.....	101
Figura 20 Matriz de priorización de criterios	102
Figura 21 Análisis de sensibilidad	102
Figura 22 Nivel del riesgo cualitativo.....	103
Figura 23 Nivel del riesgo cualitativo.....	103
Figura 24 Nivel del riesgo cualitativo.....	104
Figura 25 Nivel del riesgo cualitativo.....	105
Figura 26 Modelo de gestión para la compra de energía no convencional.....	106
Figura 27 Esquema para la gestión estratégica de la energía no convencional	108

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Indicador de gestión quejas y reclamos	72
Ecuación 2. Matriz de comparaciones pareadas	100
Ecuación 3. Índice de consistencia	101
Ecuación 4. Índice aleatorio.....	101
Ecuación 5. Coeficiente de consistencia.....	101

Lista de Anexos

Anexo 1. Entrevista semiestructurada.....	119
Anexo 2. Guía para gestionar la liquidación económica de autogeneradores de energía a pequeña escala y de generación distribuida.	128
Anexo 3. Informe de gestión de proveedores y pago a usuarios AGPE.	129

Resumen

El objetivo principal del proyecto es proponer un proceso estructurado de compra de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P., orientado a fortalecer la eficiencia operativa, el cumplimiento regulatorio y la centralidad del cliente, mediante un enfoque integral basado en procesos.

La metodología adoptada es de carácter mixto, combinando técnicas cualitativas, entrevistas semiestructuradas y análisis temático, con herramientas cuantitativas como análisis de riesgos, priorización multicriterio mediante AHP y triangulación documental bajo un Sistema de Gestión Integral.

Los resultados evidencian una aplicación irregular de los mecanismos actuales de compra, brechas en la gestión del riesgo, percibido como alto o extremo por el 60% de los participantes, integración tecnológica parcial en un 80% y conocimiento normativo heterogéneo frente a las resoluciones CREG 135 y 174. Asimismo, la priorización AHP destaca la sostenibilidad y responsabilidad social, la transformación digital y el análisis de datos como ejes estratégicos, proyectando reducciones del 25% en tiempos de ciclo y mejoras del 20% en la precisión de la demanda.

En conclusión, la propuesta consolida un modelo de gestión robusto que articula procesos, tecnología, regulación y proveedores, fortaleciendo la competitividad, resiliencia y sostenibilidad de CENS S.A. E.S.P. en el contexto de la transición energética.

Palabras clave: Energía no Convencional, Gestión de Compras, Transformación Digital.

Abstract

The main objective of this project is to propose a structured process for purchasing non-conventional energy at CENS S.A. E.S.P., aimed at strengthening operational efficiency, regulatory compliance, and customer focus through a comprehensive, process-based approach.

The methodology adopted is mixed, combining qualitative techniques, such as semi-structured interviews and thematic analysis, with quantitative tools like risk analysis, multi-criteria prioritization using AHP, and document triangulation within an Integrated Management System.

The results reveal inconsistent application of current purchasing mechanisms, gaps in risk management, perceived as high or extreme by 60% of participants, partial technological integration 80%, and heterogeneous regulatory knowledge regarding CREG Resolutions 135 and 174. Furthermore, the AHP prioritization highlights sustainability and social responsibility, digital transformation, and data analysis as strategic pillars, projecting a 25% reduction in cycle times and a 20% improvement in demand accuracy. In conclusion, the proposal consolidates a robust management model that articulates processes, technology, regulation and suppliers, strengthening the competitiveness, resilience and sustainability of CENS S.A. E.S.P. in the context of the energy transition.

Keywords: Non-Conventional Energy, Procurement Management, Digital Transformation.

Introducción

La construcción de la introducción El auge de las energías alternativas, propiciado por un entorno global que clama por la sostenibilidad, ha llevado a las organizaciones a replantear sus estrategias en la gestión energética. En este panorama, la empresa CENS S.A. E.S.P. se ha venido enfrentando tanto oportunidades como desafíos en la transacción de energía no convencional. Este proyecto se centra en la optimización de los procesos relacionados con la compra de energía renovable, un componente crucial en la transformación digital del sector.

Desde una perspectiva de necesidades, es innegable que el proceso actual presenta limitaciones en términos de infraestructura tecnológica y capacitación del personal. Estas debilidades no solo comprometen la eficiencia operativa, sino que también obstaculizan la capacidad de la organización para adaptarse a un mercado energético en rápida evolución. Sin embargo, al mismo tiempo, se abre un horizonte de posibilidades que, si se abordan adecuadamente, pueden catalizar un crecimiento significativo y diversificación.

Con el fin de establecer un marco robusto para la formulación de estrategias efectivas, se ha elaborado un modelo de gestión que prioriza la transformación digital y el análisis de datos como pilares fundamentales. Dicho modelo no solo promete mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones, sino que también se alinea con las tendencias actuales del sector. Así, se configura un enfoque holístico que integra la adaptación y el liderazgo en un entorno cambiante.

En consecuencia, este documento propone una serie de alternativas de solución que, a través de la estandarización de procedimientos y el uso de herramientas especializadas, que optimizarán la compra de energía no convencional. A través de un análisis detallado y fundamentado, se espera contribuir a la sostenibilidad y competitividad de CENS S.A. E.S.P. en

el ámbito de las energías renovables, estableciendo un sólido cimiento para una evolución continua hacia la innovación y la eficiencia.

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del problema

El sector minero-energético colombiano atraviesa, desde 2024, uno de los desafíos estructurales más significativos de su historia reciente, derivado de la disminución progresiva de las reservas de gas y petróleo, tradicionalmente fuentes prioritarias de abastecimiento, y de la necesidad de acelerar la incorporación de nuevos proyectos de generación (Muñoz, 2024). En paralelo, la matriz energética nacional continúa mostrando una alta dependencia de la generación hidroeléctrica, situación que ha impulsado la creciente relevancia de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), en particular la energía solar fotovoltaica, cuyo despliegue ha sido estimulado por políticas e instrumentos regulatorios emitidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Con ello, el gobierno busca dinamizar la participación de la generación distribuida y el autoconsumo energético en sectores como el residencial, industrial y oficial.

Sin embargo, estas transformaciones han implicado retos sustantivos para empresas comercializadoras como Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS), que deben ajustarse a normativas como la Resolución CREG 135 y 174 de 2021, las cuales redefinen los procedimientos, responsabilidades y exigencias técnicas para la gestión de energía no convencional. El incumplimiento de este marco regulatorio podría acarrear impactos económicos, operativos y legales de consideración, tales como sanciones, restricciones funcionales, riesgos de intervención estatal, tensiones con otros agentes del mercado y un deterioro de la competitividad y sostenibilidad financiera (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Aunque CENS cuenta con una infraestructura tecnológica robusta —basada en sistemas relacionales, bases de datos, un ERP corporativo y plataformas de administración de la operación. Adicional a un con talento humano capacitado en el manejo de software especializado, análisis de datos e inteligencia artificial, el proceso de adquisición de energía proveniente de FNCER aún se encuentra en fase de consolidación. Esto ha permitido identificar procesos críticos que requieren intervención inmediata. Entre ellos destaca la obtención y procesamiento oportuno de datos, cuyo flujo se ve afectado por la ausencia de medición inteligente en algunos puntos del sistema. Esta carencia retrasa la disponibilidad de información confiable, ralentiza la liquidación comercial y difiere el pago de excedentes a autogeneradores y generadores distribuidos, comprometiendo la eficiencia operativa y la percepción de transparencia en las transacciones.

Adicionalmente, aunque la relación con los proveedores de energía excedentaria se enmarca en lineamientos estrictamente regulatorios, incluida la obligación de conexión bajo condiciones técnicas establecidas, el registro financiero con tiempos de aprobación de hasta quince días hábiles y el cumplimiento de requisitos como la facturación electrónica dependiendo del perfil tributario, este proceso administrativo introduce tiempos críticos que afectan la agilidad del ciclo de adquisición energética. Si el proveedor no está obligado a facturar electrónicamente, CENS realiza el pago directamente a la cuenta bancaria registrada, lo cual añade nuevas validaciones y etapas operativas que deben ser coordinadas.

Bajo esta perspectiva, se evidencia la necesidad estratégica de que CENS optimice y reconfigure su arquitectura de procesos, garantizando el cumplimiento normativo, el fortalecimiento de la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia en las transacciones con los nuevos actores del mercado, sin comprometer la operación de otros componentes esenciales de

su portafolio de comercialización, como alumbrado público, aseo o energía reactiva que contribuyen a la estabilidad del negocio.

En síntesis, la comercializadora enfrenta el reto de cumplir con la normativa de adquisición de energía no convencional, lo que exige transformar sus procesos internos para garantizar sostenibilidad y competitividad en el mercado energético colombiano.

1.2 La pregunta de Investigación

¿Cómo optimizar la compra estratégica de energía no convencional en el sector eléctrico del Norte de Santander, garantizando eficiencia operativa, cumplimiento regulatorio y sostenibilidad competitiva para CENS S.A. E.S.P.?

1.3 Objetivos de Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un modelo de gestión comercial para la compra estratégica de energía no convencional en el sector eléctrico del Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar el estado actual del proceso de transacciones de energía no convencional a partir de la identificación de factores internos y externos que influyen en su desarrollo.

Determinar las alternativas tecnológico-administrativas para la compra de energía no convencional mediante un proceso de priorización estratégica.

Analizar lineamientos metodológicos que sirvan de base para optimizar la compra de energía no convencional.

1.4 Justificación de la Investigación

En la actualidad, el proceso de adquisición de energía no convencional enfrenta desafíos derivados de la alta volatilidad del mercado y de las crecientes exigencias regulatorias. Este panorama plantea la necesidad de replantear los modelos de gestión utilizados por las empresas del sector, dado que de su capacidad de adaptación depende no solo la eficiencia operativa, sino también la sostenibilidad a largo plazo.

Es imperativo que Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS S.A. E.S.P.), una comercializadora de energía crucial en la región de Norte de Santander, reconfigure su modelo de gestión de compras de energía no convencional. Esta adaptación es fundamental para afrontar los retos y las dinámicas fluctuantes del actual sector minero energético. En un entorno altamente globalizado, la optimización de los procesos y procedimientos internos de la organización promueve la sistematización, la eficiencia y la agilidad operativa. Tales mejoras redundan en una mayor competitividad, una efectiva capitalización del conocimiento, una gestión de riesgos más robusta, así como en la generación de nuevas oportunidades que diversifican el portafolio y facilitan la normalización de la información (Carreño & Ronquillo, 2022).

Lo anterior subraya la relevancia de la gestión de procesos en un sentido más amplio. Desde una perspectiva normativa, CENS S.A. E.S.P. se enfrenta a la posibilidad de sanciones pecuniarias impuestas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), lo que podría conllevar la suspensión de permisos operativos en el mercado. Esta situación no solo impactaría a los usuarios, sino que también afectaría a otros actores del sistema interconectado, exponiendo a la entidad a demandas y obligaciones de indemnización por incumplimientos. Por consiguiente, es esencial garantizar que la imagen de la organización se mantenga ante los

nuevos actores del sistema y aquellos ya establecidos, lo que evidencia su capacidad de adaptación y el cumplimiento de estándares.

La novedad de esta propuesta radica en el diseño de un modelo metodológico integral que no solo responde a las exigencias regulatorias y de mercado, sino que también aporta un marco de referencia aplicable en otros contextos académicos y empresariales. De esta manera, el estudio contribuye al conocimiento existente al integrar de forma inédita factores operativos, regulatorios, sociales y ambientales en la gestión de compras de energía no convencional.

En cuanto a su viabilidad, el proyecto cuenta con acceso a datos del sector energético, la participación de actores clave en la cadena de valor y la disponibilidad de recursos técnicos y metodológicos, lo que asegura la factibilidad de su implementación y validación.

Adicionalmente, esta propuesta se orienta tanto a las consideraciones operativas y regulatorias como al fomento de un impacto social y ambiental significativo. La transición hacia energías renovables contribuye a la disminución de la huella de carbono y estimula un desarrollo sostenible. Al robustecer su portafolio de comercialización y ampliar su capacidad de respuesta para la adquisición de energía no convencional, CENS S.A. E.S.P. se alinea con los objetivos globales de sostenibilidad y eficiencia energética, aportando así al bienestar de la comunidad y al desarrollo económico del país (Stringer & Ramírez, 2024).

En el plano académico, los resultados de esta investigación permiten generar un insumo valioso para futuras líneas de estudio en materia de gestión energética, sostenibilidad y regulación, fortaleciendo el cuerpo teórico existente y abriendo nuevas perspectivas de análisis.

La propuesta aquí presentada constituye un paso decisivo hacia la adaptación y resiliencia de la empresa, asegurando su futuro en un contexto donde la energía renovable es cada vez más

relevante y necesaria. Tal óptica genera una respuesta efectiva a las exigencias del entorno regulatorio, a los desafíos del mercado energético actual y a las expectativas de sostenibilidad.

A partir de lo anterior, se formuló una propuesta orientada a robustecer el proceso de adquisición de energía no convencional mediante la integración de metodologías avanzadas, herramientas de analítica y tecnologías de soporte decisional. Esta iniciativa busca optimizar el uso de recursos, mejorar la calidad y oportunidad de la información, y respaldar decisiones estratégicas más precisas en el ámbito de las transacciones energéticas de CENS, contribuyendo así a su adaptación efectiva a las nuevas dinámicas del sector eléctrico colombiano y a los retos propios de la transición energética.

2. Revisión Literaria

2.1 Antecedentes

La gestión comercial en el sector energético ha sido objeto de un creciente número de investigaciones en la última década, impulsadas por los desafíos que plantea la transición hacia energías renovables y la necesidad de garantizar eficiencia, sostenibilidad y competitividad en mercados cada vez más liberalizados. En este sentido, la literatura especializada ha desarrollado modelos de compras estratégicas que buscan maximizar el valor de las adquisiciones energéticas, incorporando criterios no solo de costo, sino también de sostenibilidad ambiental, gestión de riesgos y cumplimiento regulatorio. Quirama et al. (2022) señalan que los modelos más robustos son aquellos que logran integrar estas dimensiones de manera transversal, dado que permiten a las organizaciones anticipar escenarios de volatilidad en los precios de la energía y responder con mayor resiliencia frente a cambios regulatorios o tecnológicos.

En el ámbito latinoamericano, los casos de éxito en Chile y Brasil constituyen referentes significativos. En Chile, los procesos de licitación competitiva para la adquisición de energía renovable han logrado una notable reducción de costos en la generación solar y eólica, alcanzando precios récord en la región y consolidando un marco de confianza para inversionistas internacionales (Arias et al., 2022). Por su parte, Brasil ha apostado por un modelo diversificado que combina subastas de largo plazo con incentivos regulatorios, lo que ha permitido la integración progresiva de biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas, asegurando un balance entre seguridad energética y sostenibilidad. Estos ejemplos evidencian que la gestión comercial no puede desligarse de las políticas públicas y del marco regulatorio, los cuales determinan en gran medida la viabilidad de las compras estratégicas en energía.

En el plano académico, investigaciones recientes han puesto de relieve la necesidad de evolucionar hacia metodologías híbridas que integren enfoques de planificación estratégica con el cumplimiento normativo y los principios de sostenibilidad. Barbieri y González (2023) destacan que la simple optimización de costos ya no resulta suficiente; los modelos de compras energéticas deben incorporar mecanismos de análisis multicriterio que permitan evaluar simultáneamente variables financieras, ambientales y sociales. Esto implica, por ejemplo, complementar los contratos bilaterales y las compras en bolsa con instrumentos innovadores de gestión de riesgos, como los derivados energéticos o los acuerdos flexibles de suministro, que ofrecen mayor adaptabilidad en entornos volátiles.

De este modo, los antecedentes revisados evidencian que la gestión comercial de energía no convencional requiere un abordaje integral que combine la experiencia de casos internacionales exitosos, la solidez de modelos teóricos y la aplicabilidad práctica de metodologías mixtas. La convergencia entre sostenibilidad, regulación y competitividad emerge como una constante en la literatura, marcando la pauta para el diseño de propuestas innovadoras que fortalezcan el papel de las empresas comercializadoras en la transición energética.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Fundamentos Conceptuales

La gestión comercial se define como el conjunto de actividades orientadas a la planificación, ejecución y control de procesos vinculados con la adquisición y venta de bienes o servicios, alineando la operación con los objetivos estratégicos de la organización (Lalaleo-Analuisa, 2023). En sectores regulados, como el energético, la gestión comercial ha evolucionado hacia esquemas donde la eficiencia, el cumplimiento normativo y la innovación son factores decisivos (Peña-Lallanilla et al., 2022).

En este sentido, el enfoque estratégico de la gestión de compras implica pasar de una visión transaccional a una visión integral, en la cual las decisiones de adquisición impactan en la competitividad, sostenibilidad y resiliencia de la empresa (Erazo-Rivera et al., 2021).

2.2.2 Modelo de Gestión Empresarial

La teoría de recursos y capacidades plantea que las organizaciones obtienen ventajas competitivas sostenibles mediante la explotación de recursos valiosos, raros, inimitables y no sustituibles (Díaz-Muñoz y Salazar-Duque, 2021). En el contexto energético, estos recursos se traducen en información estratégica, redes de proveedores confiables y capacidades tecnológicas.

El modelo de valor en compras estratégicas sostiene que las decisiones de aprovisionamiento son clave para generar valor económico y estratégico en las organizaciones (Campos et al., 2021). Unido a esto, la gestión por procesos aplicada a compras busca integrar flujos de trabajo eficientes, estandarizados y orientados a la calidad, garantizando transparencia y eficiencia (Juárez y Golovina, 2021).

2.2.3 Energía no convencional en el sector eléctrico

2.2.3.1 Energías no convencionales

Las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) abarcan tecnologías como la solar fotovoltaica, la eólica, la biomasa y las pequeñas centrales hidroeléctricas (UPME, 2022). A diferencia de las fuentes convencionales, principalmente las termoeléctricas y las hidroeléctricas de gran escala, las FNCER se distinguen por su sostenibilidad, sus bajas emisiones contaminantes y su capacidad para diversificar la matriz energética nacional (Gil et al., 2023).

Ahora bien, más allá de sus características técnicas, estas fuentes representan un cambio de paradigma en la manera de concebir el desarrollo energético. Mientras que los modelos

convencionales han estado fuertemente asociados con la dependencia de combustibles fósiles y con impactos ambientales significativos, las FNCER emergen como alternativas que equilibran la seguridad energética con la responsabilidad ambiental. En este sentido, como señalan Ochoa y Martínez (2020), su adopción implica no solo una transformación tecnológica, sino también institucional y cultural, dado que exige nuevas formas de regulación, planeación y gestión de recursos.

En el caso de Colombia, el papel de las FNCER se ha fortalecido en el marco de la transición energética justa, un proceso impulsado por políticas públicas que buscan reducir las emisiones de carbono y ampliar la cobertura con fuentes más limpias y resilientes (Hernández-Pérez, 2021). Documentos recientes del Ministerio de Minas y Energía destacan que el país ha pasado de una participación marginal de estas fuentes a una proyección de crecimiento sostenido, con inversiones en infraestructura solar y eólica en regiones estratégicas como la Guajira (Molina et al., 2022).

Asimismo, la literatura académica subraya que el impacto de estas fuentes no debe evaluarse únicamente en términos de generación eléctrica. Estudios como el de Ramírez y López (2021) muestran que la implementación de proyectos de energía renovable contribuye a dinámicas sociales y económicas locales, generando empleo, fortaleciendo capacidades comunitarias y promoviendo la innovación empresarial en el sector energético. Esto conecta directamente con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), particularmente con la meta 7, que busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura y sostenible para todos.

En suma, las FNCER no son simplemente una alternativa tecnológica frente a los sistemas tradicionales, sino un instrumento estratégico para alcanzar la resiliencia energética, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo territorial. Su adopción en Colombia, respaldada por

marcos regulatorios en evolución y por el compromiso con la descarbonización, constituye un paso firme hacia la consolidación de un modelo energético más equilibrado, inclusivo y competitivo a nivel internacional.

2.2.4 Contexto del sector eléctrico colombiano

El sector energético colombiano se encuentra inmerso en un entramado regulatorio e institucional que asegura tanto la estabilidad del sistema como la promoción de nuevas fuentes de generación. En primer lugar, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) establece los lineamientos técnicos y económicos que garantizan la competitividad y la eficiencia del mercado. De manera complementaria, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) ejerce la función de vigilancia y control, asegurando el cumplimiento normativo y protegiendo los derechos de los usuarios. En paralelo, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) se erige como el ente encargado de proyectar y planificar la evolución del sistema a largo plazo, aportando herramientas de prospectiva que permiten anticipar escenarios de demanda y oferta en un contexto de transición energética.

A este marco institucional se suman instrumentos normativos de gran alcance, como la Ley 1715 de 2014, pionera en la promoción del uso de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), y la Ley 2099 de 2021, que profundiza en la modernización del sector y en la creación de incentivos fiscales, regulatorios y financieros. Dichas leyes no solo impulsan la integración de tecnologías limpias en la matriz energética, sino que también fortalecen la seguridad energética y la resiliencia del sistema frente a los efectos del cambio climático (Cárdenas & López, 2022).

En este escenario, empresas como CENS S.A. E.S.P. desempeñan un rol esencial al fungir como agentes de comercialización y distribución que actúan como bisagra entre la

regulación y la realidad operativa. Estas compañías no solo aseguran el acceso continuo y confiable a la energía, sino que también se convierten en promotoras de la adopción de energías renovables, facilitando su entrada al mercado eléctrico colombiano (Guerrero-Calero et al., 2023). Así, su papel trasciende lo puramente comercial y se vincula directamente con objetivos de sostenibilidad, competitividad y desarrollo regional.

La literatura reciente enfatiza que la efectividad de estas transformaciones depende, en gran medida, de la capacidad de las empresas para alinear su gestión interna con las políticas nacionales y con las dinámicas internacionales del sector energético (Sierra et al., 2021). De allí que el reto no solo radique en el cumplimiento de la normativa, sino también en la construcción de modelos de gestión que integren la innovación, la sostenibilidad y la participación de múltiples actores sociales. Este enfoque integral permite concebir a las empresas no solo como ejecutoras de lineamientos regulatorios, sino como agentes de cambio en la consolidación de una transición energética justa y equitativa.

2.2.5 Retos en la comercialización de energía no convencional

Entre los principales desafíos del sector energético colombiano se encuentra la volatilidad del mercado y la incertidumbre asociada a los precios de la energía. Esta situación se explica por múltiples factores, como la dependencia histórica de las fuentes hidroeléctricas, cuya capacidad de generación varía significativamente según los ciclos climáticos y fenómenos como El Niño o La Niña. En efecto, estudios recientes señalan que más del 60% de la electricidad en Colombia proviene de recursos hídricos, lo que expone al país a fluctuaciones en los precios mayoristas cuando las condiciones hidrológicas se ven comprometidas (Grabovy et al., 2021; Cárdenas et al., 2022). Adicionalmente, la creciente interdependencia con los mercados internacionales de

combustibles fósiles genera una presión adicional sobre la estabilidad tarifaria, impactando tanto a usuarios finales como a comercializadoras.

Otro reto crucial corresponde a la integración técnica y operativa de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) en la matriz energética. Tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica, aunque altamente sostenibles, presentan una naturaleza intermitente y no despachable, lo que demanda el fortalecimiento de la infraestructura de transmisión, la implementación de sistemas de almacenamiento energético y la modernización de las redes de distribución. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2022), países en transición hacia matrices más diversificadas requieren inversiones sustanciales en tecnologías de respaldo y digitalización de la red (smart grids) para garantizar la estabilidad del suministro. En Colombia, este desafío implica superar las limitaciones geográficas y técnicas asociadas a zonas con alto potencial de FNCER, como La Guajira, donde aún persisten cuellos de botella en la conexión al Sistema Interconectado Nacional (UPME, 2022).

Finalmente, la búsqueda de eficiencia en costos y procesos emerge como un imperativo estratégico. La literatura académica resalta que la reducción de costos nivelados de energía (LCOE) en tecnologías renovables ha sido una tendencia global en la última década, disminuyendo en más de un 80 % para la energía solar fotovoltaica y en un 55 % para la eólica terrestre entre 2010 y 2020 (IRENA, 2021). No obstante, en el caso colombiano, los costos adicionales derivados de barreras regulatorias, dificultades de financiación y limitaciones en infraestructura pueden neutralizar dichas ventajas comparativas. De allí que resulte prioritario diseñar modelos de gestión que optimicen tanto las adquisiciones de energía como la operación interna de las empresas comercializadoras, generando economías de escala y reduciendo los riesgos asociados a la transición energética.

2.3 Estrategias de compras y negociación en energía

2.3.1 Compras estratégicas en mercados energéticos

Las compras estratégicas en los mercados energéticos no se limitan a la simple adquisición de un insumo crítico; constituyen, más bien, un elemento central en la configuración de la sostenibilidad financiera, ambiental y operativa de las organizaciones del sector. Este enfoque trasciende la tradicional lógica transaccional basada exclusivamente en el precio, incorporando criterios multidimensionales como la confiabilidad del suministro, la diversificación tecnológica, la reducción de la huella de carbono y la mitigación de riesgos asociados a la volatilidad del mercado eléctrico (Cerón et al., 2024). En consecuencia, la compra estratégica se convierte en un dispositivo de gobernanza empresarial que articula decisiones de inversión, planeación a largo plazo y posicionamiento competitivo dentro de la transición energética.

En el escenario de los mercados eléctricos, donde confluyen recursos convencionales y no convencionales, la relevancia de este enfoque es aún mayor debido a la creciente complejidad regulatoria, técnica y financiera. Evidencia reciente muestra que las empresas que adoptan esquemas de planeación prospectiva y diversificación de portafolios, mediante contratos bilaterales, participación en mecanismos de subastas y cobertura en bolsa, logran reducir entre un 15% y un 25% los costos derivados de la volatilidad del mercado spot (Martínez & Rojas, 2022). Este comportamiento confirma que las compras estratégicas no solo son una actividad operativa, sino un mecanismo de gestión integral del riesgo.

Herramientas como el análisis DOFA, las matrices de priorización o los modelos de valoración multicriterio permiten alinear las decisiones de aprovisionamiento con los objetivos corporativos de sostenibilidad y competitividad. En paralelo, los sistemas de gestión de riesgos

se consolidan como instrumentos indispensables para evaluar la exposición de las empresas frente a variaciones regulatorias, restricciones de red, cambios tecnológicos o alteraciones en los patrones de consumo (López-García et al., 2021). Así, la compra estratégica se integra en un marco de toma de decisiones que combina análisis financiero, ingeniería de sistemas, inteligencia de mercados y políticas públicas.

No obstante, para comprender plenamente su alcance, es necesario trascender la visión centrada en la adquisición e incorporar una lectura ampliada de la gestión comercial, especialmente en un entorno marcado por la penetración acelerada de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). La transición energética no solo transforma las dinámicas de compra; reconfigura profundamente los procesos comerciales, las competencias requeridas y la estructura relacional entre empresas, proveedores, reguladores y usuarios.

En el caso de CENS, la gestión comercial ha evolucionado hacia un modelo más técnico, analítico y regulatorio, impulsado por la necesidad de adquirir conocimientos especializados que antes no eran determinantes en el mercado tradicional. Esta transformación incluye:

Comprensión de marcos regulatorios complejos, que integran normas tributarias, obligaciones de energía renovable, reglas de mercado y procedimientos de conexión.

Conocimientos de ingeniería aplicados a la gestión comercial, como la evaluación de límites de carga en transformadores, análisis de capacidad disponible, esquemas de conexión de autogeneradores y pequeños productores, así como la interpretación de estándares técnicos de calidad y continuidad.

Capacidad analítica para interpretar curvas solares y perfiles de generación, evaluando la variabilidad diaria y estacional, sus efectos sobre la previsión de demanda y su impacto en la facturación y la estructura tarifaria del Sistema Interconectado Nacional.

Dominio de la calidad y granularidad de los datos: saber en qué punto se mide la energía, cómo se integra al sistema, cómo se compensa y cómo se refleja en los costos reconocidos por el regulador.

Automatización y optimización de procesos, mediante el uso de macros avanzadas, scripts en Python, y herramientas de analítica que permiten procesar grandes volúmenes de información.

Este conjunto de nuevas capacidades redefine el rol comercial: de un enfoque tradicional centrado en el cliente y la facturación, a una visión estratégica que articula técnica, regulación, mercado e inteligencia de datos. La gestión comercial emerge como un eje integrador entre las compras estratégicas, la operación del sistema y la planeación energética.

Por ende, es posible afirmar que la incorporación de FNCER no solo transforma la forma en que se compra energía; transforma la forma en que se concibe, se gestiona y se posiciona comercialmente la empresa en el mercado eléctrico. Esto exige estructuras comerciales más robustas, capacidades analíticas ampliadas y un enfoque de gestión basado en el conocimiento, la anticipación y la adaptabilidad.

2.3.2 Sinergias Estratégicas entre Aprovisionamiento y Comercialización

La gestión comercial en utilities energéticas converge en la necesidad de articular, bajo un mismo marco estratégico, las decisiones de aprovisionamiento y las tácticas de comercialización. Autores como Manchalwar et al., (2024), subrayan que, en mercados liberalizados, la ventaja competitiva emerge no solo de reducir los costos marginales de compra, sino de construir portafolios de suministro coherentes con segmentos de demanda dinámicos, integrando criterios de riesgo, volatilidad regulatoria y sostenibilidad. Así, el aprovisionamiento deja de verse como un proceso estrictamente transaccional para configurarse como una función

híbrida que combina energía spot, subastas, contratos bilaterales y mecanismos redistributivos como el AGPE, reconocido en la regulación colombiana por promover transparencia y equidad en la asignación de costos.

No obstante, en empresas distribuidoras, comercializadoras altamente reguladas, como CENS, la aplicabilidad de modelos avanzados de gestión comercial depende de la naturaleza del servicio y de los regímenes tarifarios vigentes. Mientras que el portafolio general de aprovisionamiento se beneficia de enfoques integrados, basados en teoría de portafolios, optimización estocástica y simulación de escenarios, para la gestión de energía no convencional asociada a paneles solares bajo las resoluciones CREG 174 y 135, el marco operativo se reduce principalmente a dos modelos: (i) el Modelo Tradicional Orientado al Ciclo Comercial, en el cual la conexión, medición, facturación y compensación de excedentes siguen un flujo secuencial; y (ii) el Modelo de Gestión Comercial Basado en Cumplimiento Regulatorio, que fija los criterios de integración, liquidación y reporte conforme a lo exigido por la normativa.

En consecuencia, la gestión comercial debe entenderse como un sistema acoplado, donde las decisiones de aprovisionamiento condicionan la efectividad de la estrategia de comercialización, particularmente en contextos de generación distribuida regulada. La alineación entre oferta regulada, determinada por los esquemas de compra obligatoria de excedentes, y la dinámica de la demanda comercial resulta fundamental para garantizar eficiencia, estabilidad tarifaria y sostenibilidad financiera en empresas como CENS, cuyo margen de maniobra comercial está directamente mediado por los requerimientos regulatorios que gobiernan tanto la adquisición de energía como la relación con los usuarios-prosumidores.

2.3.3 Gestión de riesgos en compras de energía

La gestión de riesgos en el ámbito de las compras de energía se configura como un componente estratégico que garantiza la continuidad del suministro y la estabilidad financiera de las organizaciones. En este sector, los riesgos adoptan múltiples dimensiones que, de no ser abordadas oportunamente, pueden comprometer no solo la competitividad de la empresa, sino también la sostenibilidad del sistema energético en su conjunto.

En primer lugar, los riesgos operativos se relacionan con la posibilidad de fallas técnicas en la infraestructura eléctrica, interrupciones inesperadas en el suministro o limitaciones en la capacidad de transporte de la red. Diversos estudios señalan que los cortes de energía no solo afectan los procesos productivos, sino que generan pérdidas económicas significativas y reducen la confianza en el mercado (Moura & de Almeida, 2021).

En segundo lugar, los riesgos regulatorios constituyen un desafío permanente, dada la naturaleza dinámica de los marcos normativos que regulan el sector energético. Cambios en la legislación, como ajustes en tarifas o la implementación de nuevas sanciones por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), pueden modificar sustancialmente las condiciones de contratación y operación. De hecho, investigaciones recientes subrayan que la volatilidad regulatoria es uno de los factores que más inciden en la incertidumbre de las inversiones en energías renovables (Gómez & Viteri, 2022).

En tercer lugar, los riesgos financieros emergen principalmente de la fluctuación de los precios de la energía en los mercados mayoristas, así como del incumplimiento contractual por parte de los agentes involucrados. Tal como destacan Saldarriaga-Loaiza et al. (2022), esta variabilidad introduce tensiones en los presupuestos empresariales y obliga a diseñar estrategias de compra más resilientes.

Frente a este panorama, las estrategias de mitigación cobran una relevancia central. La diversificación de proveedores se presenta como una práctica clave para reducir la dependencia de un solo agente y, con ello, minimizar el impacto de posibles interrupciones. De igual forma, la adopción de contratos flexibles permite ajustar condiciones frente a cambios inesperados en la demanda o en el marco regulatorio, brindando mayor capacidad de adaptación. A su vez, el uso de herramientas de inteligencia de negocios y análisis predictivo fortalece la toma de decisiones al anticipar escenarios de riesgo, identificar patrones en la variación de precios y optimizar la gestión de los recursos.

En este sentido, la gestión de riesgos no se limita a una respuesta reactiva frente a contingencias, sino que constituye una práctica proactiva que articula las dimensiones operativa, regulatoria y financiera con una visión estratégica de largo plazo. Al integrar estas prácticas, las empresas no solo aseguran la continuidad del servicio, sino que también fortalecen su competitividad en un mercado energético en constante transformación.

2.3.4 Normativa internacional y buenas prácticas

La experiencia internacional evidencia que la regulación y las buenas prácticas en el sector energético constituyen un marco indispensable para avanzar en la transición hacia sistemas más sostenibles y resilientes. La Agencia Internacional de Energía (IEA) impulsa estrategias globales de descarbonización y eficiencia, orientando a los países hacia el cumplimiento de metas de reducción de emisiones y diversificación de la matriz energética (IEA, 2021).

En cuanto a normativa internacional, destacan acuerdos y lineamientos de gran alcance. El Acuerdo de París de 2015 representa el compromiso multilateral más importante en la lucha contra el cambio climático, al establecer metas nacionales de reducción de emisiones y fomentar

la adopción de energías renovables. De manera complementaria, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, en particular el ODS 7, promueven el acceso universal a energía asequible, segura y limpia. Asimismo, las normas ISO 50001 sobre gestión de la energía proporcionan directrices estandarizadas para optimizar el uso energético en empresas y organizaciones, mientras que la ISO 14064 sobre huella de carbono fortalece la medición y el reporte de emisiones, lo que facilita la toma de decisiones sostenibles en procesos de compra energética.

En América Latina, la aplicación de estos marcos se traduce en políticas innovadoras. Chile, por ejemplo, ha liderado con licitaciones competitivas que han permitido alcanzar precios récord bajos en energías solar y eólica (Bustos & Fuentes, 2022). Brasil ha fortalecido la diversificación energética mediante subastas periódicas respaldadas por una legislación estable, integrando biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas (Silva et al., 2020). México, aunque ha avanzado en la promoción de renovables a través de mercados eléctricos y certificados de energía limpia, enfrenta actualmente tensiones regulatorias que ponen a prueba la sostenibilidad de sus avances (López-Ramírez & Aguilar, 2021).

De este modo, se observa que las normas internacionales no deben entenderse como simples mandatos externos, sino como marcos de referencia que, al contextualizarse, permiten generar confianza en los inversionistas, reducir riesgos regulatorios y alinear las estrategias empresariales con los compromisos globales de sostenibilidad (De Farias et al., 2021). Para Colombia, la incorporación progresiva de estas prácticas y estándares representa una oportunidad para fortalecer la compra estratégica de energía no convencional y consolidar un modelo de gestión comercial competitivo y sostenible en el tiempo.

2.4 Perspectiva estratégica y sostenibilidad

La eficiencia operativa y la competitividad se han consolidado como pilares fundamentales para las empresas de servicios públicos en mercados liberalizados, donde la dinámica de precios, la innovación tecnológica y la diversificación de la oferta marcan la pauta para garantizar la sostenibilidad en el largo plazo. No se trata únicamente de optimizar procesos internos, sino de generar valor agregado en cada eslabón de la cadena energética, fortaleciendo la capacidad de adaptación frente a escenarios de incertidumbre (Ortiz et al., 2021). En este contexto, el cumplimiento regulatorio trasciende la visión tradicional de simple acatamiento normativo: se convierte en un elemento estratégico que asegura la estabilidad jurídica, fomenta la confianza de los inversionistas y refuerza la reputación corporativa, factores esenciales en un sector altamente vigilado y en constante transformación.

La relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es clara y directa. El ODS 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, lo cual exige no solo ampliar la cobertura, sino también transformar la matriz energética hacia fuentes renovables y limpias. Por su parte, el ODS 13 enfatiza la necesidad de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, tarea en la cual el sector eléctrico desempeña un papel crucial debido a su impacto directo en las emisiones globales de gases de efecto invernadero (ONU, 2020).

La transición energética, impulsada tanto por compromisos internacionales como por la presión social hacia modelos productivos más sostenibles, genera impactos positivos que trascienden lo ambiental. La adopción de tecnologías limpias y el impulso a proyectos de energías renovables fomentan la creación de empleo verde, estimulado por la necesidad de mano de obra especializada en instalación, operación y mantenimiento de sistemas solares, eólicos y de

biomasa (ILO, 2019). Asimismo, la sustitución progresiva de combustibles fósiles contribuye a mejorar la calidad del aire en entornos urbanos, reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, lo cual se traduce en beneficios directos para la salud pública (WHO, 2021).

Además, la integración de criterios de sostenibilidad en la gestión empresarial fortalece el vínculo con las comunidades locales, promoviendo procesos de inclusión social, desarrollo económico regional y participación ciudadana en proyectos energéticos. En este sentido, la transición energética no solo se configura como un desafío tecnológico y económico, sino también como una oportunidad histórica para alinear la competitividad empresarial con la justicia social y el bienestar colectivo, asegurando un camino hacia un desarrollo verdaderamente sostenible.

2.5 Modelos de Gestión Comercial en FNCER

Los modelos de gestión de la energía no convencional en Colombia exigen articular la regulación, en particular las resoluciones CREG 135 y 174 de 2021, con los desarrollos conceptuales de la gerencia comercial contemporánea. Aunque estas normas definen las condiciones para la compra de excedentes, la integración de autogeneradores y la operación comercial de energía solar, no configuran por sí mismas un modelo de gestión integral. En empresas de naturaleza oligopólica como CENS, la gestión comercial ha estado tradicionalmente anclada en la fuerza laboral y el cumplimiento procedimental, evidenciando un vacío entre el mandato regulatorio y los marcos teóricos que la literatura propone para dinamizar mercados energéticos emergentes (Zhou et al., 2024).

La literatura internacional ofrece referentes sólidos. El Balanced Scorecard, propuesto por Botelho et al., 2020, ha sido ampliamente adaptado al sector energético para articular

estrategia, eficiencia operativa y sostenibilidad (Zhou et al., 2024). No obstante, en el contexto colombiano, aun cuando empresas como CENS disponen de tableros de mando integrados y arquitecturas de medición del desempeño, la dinámica regulatoria introduce un matiz particular: cuando surgen nuevas resoluciones, como la CREG 135 y 174, las orientaciones técnicas no siempre resultan suficientemente explícitas. En consecuencia, las áreas comerciales suelen apoyarse en la fuerza laboral existente y en los procesos previamente institucionalizados para garantizar el cumplimiento, sin que ello se traduzca necesariamente en la formalización o divulgación de modelos de gestión específicos para energía no convencional.

En paralelo, los modelos híbridos riesgo-regulación descritos por Mousavi & Álvarez, 2023, adquieren relevancia ante un entorno donde la regulación evoluciona con rapidez y exige decisiones comerciales que equilibren seguridad jurídica, costos y obligaciones operativas. Del mismo modo, los framework de compras sostenibles, documentados por Carter y Rogers (2008), aportan criterios como trazabilidad, costo total de propiedad y contratación basada en desempeño, plenamente coherentes con el espíritu de la normativa. Sin embargo, estos marcos rara vez se visibilizan públicamente en las comercializadoras, lo que refuerza la necesidad de teorizar, documentar y socializar modelos adaptados a la realidad del mercado eléctrico colombiano.

Desde la cosmovisión colombiana, estas aproximaciones deben integrarse con las capacidades digitales que hoy reconfiguran el sector. Herramientas como analítica avanzada, *smart metering*, gemelos digitales y blockchain, tal como señalan Zhou et al., 2024, actúan como apalancadores del cumplimiento regulatorio y la eficiencia comercial, posibilitando decisiones basadas en datos de irradiancia, congestión nodal y perfiles de autoconsumo. En conjunto, la

digitalización fortalece la capacidad de las utilities para anticipar restricciones, optimizar compras y gestionar relaciones con usuarios generadores.

2.6 Marco Conceptual

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER): Energías obtenidas de recursos naturales que se regeneran de manera continua, como la solar fotovoltaica, eólica y biomasa, promovidas por la regulación colombiana para diversificar la matriz energética.

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG): Entidad reguladora del sector eléctrico y gasífero en Colombia, encargada de establecer normas que faciliten el desarrollo eficiente del sector energético, incluyendo la promoción de FNCER.

Matriz Energética: Estructura que representa la combinación de fuentes de energía utilizadas en un país o región. En Colombia, la matriz depende fuertemente de hidroeléctricas, pero se promueve la inclusión de FNCER.

Sostenibilidad Energética: Enfoque que busca garantizar el acceso continuo y eficiente a la energía mientras se minimiza el impacto ambiental, alineando los esfuerzos empresariales con objetivos de reducción de huella de carbono.

Optimización de Procesos: Proceso de mejora continua que busca maximizar la eficiencia de las operaciones a través de la adopción de herramientas tecnológicas que agilicen la adquisición y gestión de energía no convencional.

Diagrama Causa-Efecto: Técnica de análisis que descompone problemas complejos en causas raíz. Aplicado a la gestión de compras de energía no convencional, permite identificar factores técnicos, regulatorios, financieros y operativos que impactan la eficiencia del proceso de adquisición de energías renovables.

Manual de Procedimientos: Documento normativo que define las secuencias y metodologías a seguir en los procesos operativos y administrativos. En el contexto de CENS S.A. E.S.P., detalla los pasos para la compra, transacción y gestión de energía no convencional, alineados con las normativas vigentes de la CREG y la eficiencia en la toma de decisiones.

Programa Estratégico: Conjunto de acciones planificadas orientadas a alcanzar objetivos específicos a largo plazo. En este caso, se enfoca en la integración de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) dentro del portafolio energético de CENS S.A. E.S.P., abarcando aspectos regulatorios, operacionales y tecnológicos para maximizar la competitividad y sostenibilidad.

Cuadros de Control: Herramienta de gestión que traduce la estrategia de la organización en objetivos medibles. Permite monitorear el desempeño en áreas críticas como la compra de energía no convencional, eficiencia operativa y cumplimiento normativo, brindando información clave para la toma de decisiones.

Bases de Datos: Sistemas de almacenamiento y organización de grandes volúmenes de información. En el contexto energético, las bases de datos facilitan la gestión de información sobre transacciones de energía, precios del mercado, actores del sistema y regulaciones, permitiendo una toma de decisiones más ágil y concisa.

Transacciones de Energía: Operaciones comerciales que involucran la compra y venta de energía eléctrica. En el sector de energías renovables, estas transacciones requieren de herramientas tecnológicas que aseguren la eficiencia y transparencia, conforme a las normativas de la CREG y otras entidades regulatorias.

Autogenerador a Pequeña Escala de Energía (AGPE): Instalaciones de generación de energía eléctrica para autoconsumo con una capacidad menor o igual a 1 MW. Los AGPE son

clave para diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de fuentes convencionales, además de contribuir al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad de CENS S.A. E.S.P.

2.7 Marco Contextual

Autogenerador a CENS, una empresa mixta de nacionalidad colombiana fue constituida como sociedad anónima por acciones el 16 de octubre de 1952. Desde su fundación, ha operado bajo el régimen general de los servicios públicos domiciliarios, con una estructura jurídica de entidad mercantil sujeta al derecho privado. Su integración al Grupo Empresarial EPM el 19 de marzo de 2009 marcó un hito en su trayectoria, fortaleciendo su capacidad operativa y su compromiso con el desarrollo sostenible (CENS, 2024).

Como proveedor de servicios de energía eléctrica, CENS se distingue por su enfoque en el crecimiento y el desarrollo humano sostenible, un compromiso que ha asumido mediante la implementación de principios de responsabilidad corporativa, transparencia en la gestión y una estrecha interacción con sus grupos de interés. La empresa busca no solo prestar un servicio eficiente, sino también ser un actor clave en la transformación social, impulsando alianzas estratégicas que contribuyen a la mejora de la calidad de vida de sus usuarios.

En términos de cobertura geográfica, CENS opera en 40 municipios del departamento de Norte de Santander, abarcando una población de 1.620.318 habitantes. A esto se suman 6 municipios en el sur del Cesar, con 197.616 habitantes, y 1 municipio en el sur de Bolívar, con 34.084 habitantes, lo que le otorga un área de influencia que cubre a 1.852.018 personas. Con una plantilla laboral de 674 empleados (477 hombres y 197 mujeres), CENS despliega sus operaciones en cinco regiones principales: Cúcuta, Pamplona, Ocaña, Tibú y Aguachica, siendo Pamplona y Tibú las que abarcan la mayor cantidad de municipios, con 13 cada una (Ver Figura 1).

El índice de cobertura del servicio alcanza el 96,8%, un porcentaje notable que refleja el avance en la universalización del acceso a la energía eléctrica, situándose en un 95,15% a julio de 2024. Este indicador pone de manifiesto el alineamiento de CENS con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular con el ODS 7, que aboga por el acceso universal a energía asequible y no contaminante (CENS, 2024).

Figura 1

Mapa área de influencia de CENS



Fuente: Adaptado de Plan Empresa 2024-2025 CENS GRUPO EPM.

En cuanto a su cadena de valor, CENS participa activamente en el Mercado de Energía Mayorista (MEM). En donde compra energía que luego distribuye y vende en el mercado regulado, con un enfoque en la facturación conjunta. La operación de esta cadena se sustenta en un robusto sistema de transmisión y distribución, que incluye 29.079 kilómetros de redes

instaladas en su área de influencia. De estos, 15.417 kilómetros corresponden a redes de distribución de 220V, lo que las convierte en el segmento de mayor extensión (CENS, 2024).

CENS gestiona 43 subestaciones, divididas en 21 subestaciones convencionales, 19 subestaciones reducidas y 3 interiores, con una capacidad instalada total de 1.675 MVA. Estas cifras son clave para entender la magnitud de su infraestructura, la cual está diseñada para asegurar un suministro eléctrico confiable y eficiente a sus clientes. Además, la empresa cuenta con 24.671 transformadores de distribución instalados en el Sistema de Distribución Local (SDL), lo que complementa la estrategia operativa orientada a la mejora continua del servicio (CENS, 2024).

En síntesis, CENS no solo ha consolidado su posición como uno de los actores más relevantes en el sector energético colombiano, sino que también ha logrado integrar en su modelo de negocio los principios de sostenibilidad y responsabilidad social, en consonancia con los cambios estructurales que enfrenta la industria eléctrica a nivel global¹ (CENS, 2024).

A la luz del acelerado crecimiento de la demanda energética, que, como bien lo señala la literatura especializada, constituye un fenómeno estructural de alcance global, la articulación entre el potencial solar regional, las limitaciones de transmisión y la participación activa de los usuarios industriales emerge como un eje estratégico para la gestión comercial de los sistemas eléctricos. En este sentido, la evidencia recopilada para Santander y Norte de Santander revela no solo la abundancia del recurso solar, sino también la urgencia de un enfoque integral que trascienda la mera evaluación técnica del recurso y se proyecte hacia su integración efectiva en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Por un lado, estudios como los descritos muestran que municipios como Muñoz et al., 2019, concentran niveles de irradiación óptimos para proyectos de gran escala, lo que sugiere

una oportunidad latente para el desarrollo de granjas solares competitivas. No obstante, esta capacidad sería insuficiente, e incluso improductiva, sin considerar en paralelo las restricciones estructurales de transmisión. La adjudicación del proyecto de la Subestación Tonchalá 230 kV constituye un caso paradigmático: evidencia cómo la expansión y modernización del Sistema de Transmisión Regional es un asunto de ingeniería y un habilitador directo para la incorporación de nueva generación renovable, la reducción de sobrecargas y la creación de redundancias críticas. Así, la infraestructura se convierte en la columna vertebral que permite que el potencial solar pase del plano teórico al impacto real en la matriz energética.

Por otro lado, la participación de usuarios industriales a pesar de ser menos al 20% del horizonte de CENS, así como sus grandes consumidores es un componente indispensable en este entramado. La generación distribuida, fortalecida normativamente por la CREG 038 de 2018, democratiza el acceso a la energía solar y reduce presiones sobre la transmisión en horas críticas, habilita modelos de negocio de compraventa de energía de largo plazo y convierte a los actores industriales en coprotagonistas de la transición energética. Desde la perspectiva de la gestión comercial, dicho esquema redefine el rol del usuario: de receptor pasivo a agente que gestiona excedentes, optimiza costos y contribuye a la estabilidad del sistema.

En suma, el verdadero desafío y, simultáneamente, la mayor oportunidad radica en comprender que el potencial solar, las limitaciones de transmisión y la participación industrial no son variables aisladas, y por el contrario son elementos interdependientes que, adecuadamente sincronizados, pueden consolidar una transformación energética sostenible, competitiva y coherente con las dinámicas territoriales del nororiente colombiano.

2.8 Marco Legal

Ley 1715 de 2014: establece incentivos para la promoción y uso de energías renovables no convencionales.

Ley 2099 de 2021: refuerza la transición energética, incorporando mecanismos de integración de FNCER al sistema eléctrico.

Resoluciones de la CREG: regulan la compra, comercialización y remuneración de energía (CREG 038 de 2014, CREG 135 y 174 de 2021).

Ley 142 de 1994: Conocida como la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios, establece el marco jurídico fundamental para la prestación de estos servicios en Colombia. Esta ley define los principios generales sobre los cuales deben operar las empresas prestadoras de servicios públicos, entre los cuales se incluyen los principios de eficiencia, calidad y universalidad, con el objetivo de garantizar que los servicios lleguen a todos los sectores de la población de manera eficiente y con calidad adecuada. Adicionalmente, esta norma le otorga facultades a la CREG para regular aspectos clave de los servicios de energía eléctrica, gas y otros, buscando siempre un equilibrio entre los intereses de los usuarios y los prestadores del servicio (Congreso de La República de Colombia, 1994).

Entre los aspectos centrales de la Ley 142 es la promoción de la competencia en el mercado de los servicios públicos, favoreciendo la participación privada bajo esquemas de regulación que aseguren la sostenibilidad financiera de las empresas y la protección de los derechos de los usuarios. Y establece también los mecanismos para la fijación de tarifas, garantizando que estas reflejen costos eficientes, incentivando la inversión en infraestructura y promoviendo la calidad en la prestación del servicio (Congreso de La República de Colombia, 1994).

Resolución CREG 038 de 2014: La Resolución introduce modificaciones relevantes en cuanto al cálculo y la aplicación de los costos eficientes en la prestación de los servicios públicos domiciliarios. Esta resolución establece un marco metodológico que busca la optimización de los recursos empleados por los prestadores de servicio, ajustando las tarifas a costos reales y justificados, garantizando así que las empresas operen bajo un modelo de sostenibilidad financiera sin afectar negativamente a los usuarios (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2014).

Entre tanto, la CREG 038 de 2014 refuerza los mecanismos de control y supervisión en la implementación de las tarifas, con el objetivo de asegurar que las empresas prestadoras sigan los lineamientos establecidos en la Ley 142 de 1994. Igualmente, se enfoca en el establecimiento de fórmulas tarifarias que reflejen adecuadamente las realidades del mercado, incluyendo variaciones en los costos de producción y distribución Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2014).

Resolución CREG 135 de 2021: Con la Resolución CREG 135 de 2021, la Comisión da un paso más hacia la modernización del sector, ajustando las fórmulas tarifarias y los esquemas de remuneración de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios. Esta resolución busca asegurar que las tarifas reflejen tanto las mejoras tecnológicas como los cambios en los costos operacionales derivados de nuevas inversiones en infraestructura (Muñoz, 2024).

La CREG 135 también aborda temas como la incorporación de fuentes de energía renovables y no convencionales dentro del sistema tarifario, un aspecto que está alineado con las políticas gubernamentales de sostenibilidad energética. En este orden de ideas, la resolución promueve un equilibrio entre la necesidad de modernizar la infraestructura y los objetivos de eficiencia y sostenibilidad ambiental (Muñoz, 2024).

Resolución CREG 174 de 2021: Esta Resolución refuerza los principios establecidos en resoluciones anteriores, pero con un enfoque más dirigido hacia la protección de los usuarios y la transparencia en la fijación de tarifas. Esta resolución destaca la importancia de que las empresas prestadoras de servicios públicos presenten información clara y accesible para los usuarios sobre los componentes de las tarifas, permitiendo un mayor control ciudadano y facilitando el ejercicio del derecho a la información (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021).

La CREG 174 de 2021 constituye los mecanismos más estrictos de supervisión y sanción para las empresas que no cumplan con las disposiciones establecidas en el marco normativo, incrementando así la responsabilidad empresarial frente a la calidad del servicio prestado y la justa aplicación de tarifas (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021).

3. Metodología

3.1. Enfoque y Alcance de la Investigación

El presente proyecto se desarrolla bajo un enfoque mixto, no experimental y transversal, aplicado a los procesos de compra/transacción de energía no convencional de CENS S.A. E.S.P. en 2024-2025. Unidad de análisis: proceso de compra y sus actores, que combina componentes cualitativos y cuantitativos con el propósito de ofrecer una visión integral del proceso de compra estratégica de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P.

Desde la perspectiva cuantitativa, el estudio se orienta a la recolección y análisis de datos objetivos relacionados con los procesos de adquisición de energía, niveles de eficiencia en la gestión comercial, cumplimiento de normativas regulatorias e indicadores operativos asociados. Este abordaje permite medir, comparar y evaluar de manera sistemática los resultados, otorgando evidencia empírica que sustenta la toma de decisiones estratégicas (Mollo, 2023).

De manera complementaria, la dimensión cualitativa busca explorar las percepciones de directivos y expertos, así como comprender las dinámicas internas y externas que influyen en el mercado energético no convencional. Este enfoque posibilita interpretar estrategias de compra, marcos regulatorios y prácticas administrativas, atendiendo al contexto específico de la organización y a las condiciones del sector eléctrico en Colombia. La investigación cualitativa, de acuerdo con Chávez (2021), permite comprender los fenómenos desde la perspectiva de los actores involucrados, identificando patrones y alternativas de mejora mediante un análisis interpretativo de la realidad organizacional.

Adicionalmente, la investigación delimita con precisión su unidad de análisis y alcance para garantizar rigurosidad metodológica. La unidad de análisis corresponde al proceso de compras de energía no convencional gestionado por el Área de Gestión Comercial de CENS S.A.

E.S.P., abarcando las operaciones vinculadas con la adquisición de excedentes de autogeneradores y la interacción comercial derivada de las Resoluciones CREG 135 y 174 de 2021. El periodo de estudio se circunscribe al horizonte 2024-2025, seleccionado por su relevancia en términos de maduración del mercado solar distribuido y consolidación de la normatividad aplicable. La cobertura territorial incluye el área de influencia de CENS, que comprende los departamentos de Norte de Santander, Sur del Cesar, sur de Bolívar y zonas de Boyacá. Asimismo, se incorporan los tipos de transacciones asociadas al proceso comercial, tanto aquellas de carácter financiero como transferencias bancarias por compra de excedentes y las transacciones técnicas-operativas derivadas de la entrega de energía a la red y su correspondiente liquidación comercial. Esta definición integral del alcance garantiza coherencia analítica y precisión en la interpretación de los resultados.

3.2. Tipo de Investigación

El presente estudio se clasifica como una investigación de carácter descriptivo-diagnóstico a fin de enmarcar el estado actual de la compra de energía no convencional y propositivo bajo el diseño del modelo de gestión comercial, en tanto que combina el análisis detallado de la situación actual con la formulación de soluciones orientadas a la mejora de la gestión.

Por lo tanto, se adopta un enfoque descriptivo, ya que el proyecto busca caracterizar el estado actual del proceso de compras de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P., identificando sus prácticas, fortalezas, debilidades y competencias estratégicas. Este nivel de análisis permite reconocer los elementos que configuran la gestión comercial y establecer un diagnóstico fundamentado. Sarango et al., (2024), los estudios descriptivos se centran en

especificar propiedades y características de fenómenos, brindando una visión precisa de la realidad estudiada.

De igual forma, la investigación es también propositiva, dado que no se limita a la descripción del contexto, sino que culmina con el diseño de un modelo de gestión comercial para optimizar la compra de energía no convencional. En este sentido, se busca aportar soluciones viables y pertinentes que fortalezcan la capacidad de la empresa frente a los retos regulatorios, operativos y estratégicos del sector energético. Como señalan Martín-González y Iglesias-Rodríguez, (2022) los estudios propositivos se orientan hacia la generación de alternativas que contribuyan a la transformación y el mejoramiento de los procesos en escenarios específicos.

La integración de estas dos perspectivas permite que la investigación trascienda la mera observación de hechos, convirtiéndose en una herramienta práctica y fundamentada para la toma de decisiones y el fortalecimiento de la competitividad empresarial.

Así mismo, el proyecto adopta un diseño no experimental y transversal, adecuado para el análisis del proceso de compras de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P.

Se considera no experimental porque no se manipulan las variables del estudio, sino que se observa y analiza la realidad tal como ocurre en su contexto natural. En este caso, los datos se recogen de manera directa a partir de documentos, registros institucionales, indicadores de gestión y percepciones de los actores involucrados, sin intervenir en el desarrollo de los procesos. Según Lino et al., (2024), en este tipo de diseño el investigador se limita a observar los fenómenos en su ambiente, sin influir en ellos, lo que lo hace idóneo para describir situaciones y generar propuestas fundamentadas.

De igual forma, el diseño es transversal, ya que el análisis se centra en un único corte temporal, correspondiente a la situación actual de la organización y del mercado energético no

convencional. Este tipo de estudios, de acuerdo con Manterola et al., (2023) permiten recolectar datos en un momento específico para describir variables y examinar relaciones en un contexto dado.

La elección de este diseño metodológico asegura que la investigación refleje de manera fidedigna el estado actual del proceso de gestión comercial, al tiempo que proporciona la base necesaria para proponer un modelo metodológico ajustado a las condiciones reales de la empresa y del sector.

3.3. Población y Muestra

La población cuantitativa está constituida por la totalidad de registros liquidados del proceso de compra por conexión AGPE correspondientes al período enero 2024 a noviembre 2025, es decir, todos los casos incluidos dentro de este horizonte temporal. Para efectos del análisis, se seleccionó como muestra el intervalo comprendido entre enero de 2024 y junio de 2025, considerando además el total de casos registrados en dicho período. Esta delimitación permite un análisis semestral coherente con la planificación estratégica de la empresa, facilitando la identificación de tendencias y la evaluación de los procesos de manera estructurada y alineada con los objetivos organizacionales.

La población cualitativa de esta investigación está conformada por las áreas de planeación y gestión comercial de CENS S.A. E.S.P., dado que concentran las competencias estratégicas relacionadas con la compra de energía no convencional. De manera complementaria, y en función de la disponibilidad, también se consideran como parte de la población actores del sector eléctrico en Norte de Santander que interactúan con la empresa en el marco de la gestión de energía, tales como proveedores, entidades regulatorias y agentes del mercado.

La muestra se estableció mediante muestreo intencional o por criterio, seleccionando exclusivamente a participantes de CENS con experiencia y conocimiento especializado en los procesos analizados. Esta decisión responde a la disponibilidad operativa, la agilidad en los tiempos de respuesta y las condiciones necesarias para garantizar una aplicación rigurosa y pertinente del estudio.

En este sentido, se contemplan perfiles como expertos en compras de energía con más de 15 años de experiencia en gestión energética y participación en compras estratégicas, analistas comerciales y otros profesionales vinculados a la gestión estratégica de la empresa. Esta selección permite obtener información cualitativa relevante, garantizando que los aportes provengan de quienes participan directamente en la toma de decisiones y en la operación de los procesos.

Los actores estratégicos vinculados al proceso de compras de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P., fueron seleccionados por su conocimiento especializado y su participación directa en decisiones operativas, regulatorias y gerenciales. Los perfiles incluidos son: un Líder de Aseguramiento de la Operación Comercial el cual cumple con el rol de directivo, un Coordinador de Compras de Energía el que aporta el ítem regulatorio y de tecnologías de la información, dos Profesionales 1 de Compras encargados del esquema comercial y un Tecnólogo de Compras relacionado a la operatividad y despliegue. Es decir, se contempló una muestra de cinco participantes, dado que se trata de roles altamente especializados cuya disponibilidad es limitada y que concentran el conocimiento clave del proceso.

El muestreo intencional requirió de la participación de informantes con experiencia comprobada en procesos de compra de energía no convencional, gestión comercial y operativa de excedentes solares, interpretación y aplicación de las Resoluciones CREG 135 y 174 de 2021,

y toma de decisiones estratégicas relacionadas con autogeneradores y mercados regulados. Este tipo de muestreo garantiza que los participantes aporten información significativa y profunda para los objetivos del estudio.

En cuanto a los criterios de saturación, se definieron conforme a los principios de saturación temática adaptados a instrumentos mixtos con preguntas cerradas y abiertas. Se considero alcanzada cuando las respuestas abiertas, incluidas en la sección de cierre y en los campos “Otro (especifique)”, dejen de generar nuevas categorías, obstáculos, riesgos, factores regulatorios o elementos tecnológicos o de proveedor, reflejando repetición conceptual y ausencia de hallazgos emergentes. Asimismo, se espera saturación cuando las distribuciones de las respuestas cerradas como frecuencias, porcentajes y patrones de coincidencia, se estabilicen y nuevas encuestas no modifiquen de forma significativa las tendencias relacionadas con formalidad del proceso, barreras regulatorias, riesgos, percepción tecnológica, relación con proveedores y prioridad organizacional. Finalmente, la saturación se confirma cuando las dimensiones principales del instrumento, Proceso, Riesgo, Regulación, TI, Proveedores y Retos/Oportunidades, presenten consistencia analítica, con respuestas recurrentes, convergentes y carentes de información disruptiva.

3.4. Variables e Indicadores

Para el análisis del proceso de compra de energía renovable se han definido variables clave que permiten evaluar su eficiencia, desempeño, cumplimiento y sostenibilidad. La eficiencia del proceso se medirá mediante el tiempo de ciclo en días y el porcentaje de reprocesos, mientras que el desempeño comercial se evaluará a través del costo medio de adquisición y la participación por tipo de contrato. El cumplimiento regulatorio se monitoreará mediante el porcentaje de requisitos CREG verificados y el número de hallazgos en auditorías, y

las capacidades y recursos se analizarán considerando la disponibilidad de datos, herramientas analíticas y competencias del personal.

Estos indicadores se articulan con estrategias orientadas a la transformación digital, análisis de datos y predicción, gestión de relaciones con proveedores, sostenibilidad y reducción de costos. Entre los resultados esperados se incluyen la reducción del tiempo de ciclo de los procesos, incremento en la precisión de las previsiones de demanda, mejora de la satisfacción del cliente, disminución de la huella de carbono y reducción de costos operativos, garantizando una gestión eficiente, sostenible y alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

3.5. Instrumentos de recolección

En esta investigación se utilizaron diversos instrumentos de recolección y sistematización de información, seleccionados de acuerdo con los objetivos específicos y la naturaleza analítica del estudio. Estos instrumentos permitieron triangular datos cualitativos y cuantitativos, fortalecer la validez de los hallazgos y obtener una comprensión integral del proceso de compras de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P.

Según el tipo de estudio para el cualitativo se emplearon plantilla de extracción documental, checklist de cumplimiento, base de datos transaccional. El Cualitativo, entrevista semiestructurada guía por dimensiones: proceso, riesgo, regulación, TI, proveedores, matriz DOFA, diagrama causa-efecto. Priorización: AHP con juicio de expertos para alternativas tecnológico-administrativas.

Ahora si se quiere apreciar bajo las etapas de la investigación sería así: el diagnóstico del estado actual del proceso, se utilizaron los siguientes instrumentos:

Revisión documental, desarrollada mediante extracción documental aplicadas a normativas, CREG 135 y 174 de 2021, reportes regulatorios, procedimientos internos, expedientes de compra y estados de comercialización.

Entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores estratégicos de la organización, mediante las cuales se exploraron prácticas administrativas, percepciones sobre riesgos regulatorios, barreras operativas y prioridades estratégicas.

Guía de observación estructurada, implementada en reuniones, flujos de aprobación y herramientas de gestión documental, con el propósito de caracterizar el funcionamiento real del proceso.

Checklists operativos, utilizados para verificar el cumplimiento de actividades clave, requerimientos técnicos y criterios regulatorios en la ejecución de las compras.

Análisis DOFA, construido con información secundaria y posteriormente validado mediante juicio de expertos, lo que permitió sistematizar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas relevantes para la gestión comercial.

Para la determinación y priorización de alternativas estratégicas, se emplearon instrumentos complementarios que permitieron analizar, comparar y jerarquizar las opciones más adecuadas para optimizar el proceso de compra de energía no convencional. En primer lugar, se utilizó benchmarking técnico y regulatorio, sustentado en fichas comparativas y matrices de sistematización, mediante el cual fue posible contrastar modelos aplicados por comercializadoras de energía a nivel nacional e internacional. Este ejercicio permitió identificar buenas prácticas, enfoques de gestión y criterios regulatorios relevantes para el contexto de CENS S.A. E.S.P.

Posteriormente, se aplicaron criterios de priorización estratégica con el acompañamiento de expertos de CENS, empleando herramientas como el análisis multicriterio y el Proceso

Analítico Jerárquico (AHP). Estas metodologías permitieron asignar pesos relativos, jerarquizar alternativas y seleccionar aquellas con mayor viabilidad técnica, regulatoria y operativa. El uso combinado de estas herramientas facilitó una evaluación integral de las alternativas y la estructuración de un orden de implementación coherente con las necesidades organizacionales.

Finalmente, para el análisis de metodologías existentes y la formulación del modelo propuesto, se implementaron los siguientes instrumentos:

Revisión de literatura académica y técnica, desarrollada mediante matrices de análisis y plantillas de extracción bibliográfica para examinar modelos de gestión aplicados al sector energético y a disciplinas afines.

Análisis comparativo de metodologías, apoyado en matrices de criterios tales como costos, riesgos, escalabilidad y aplicabilidad, lo que permitió identificar fortalezas y limitaciones de las metodologías evaluadas.

Este conjunto de instrumentos permitió una triangulación robusta entre fuentes documentales, percepciones expertas, observación directa y análisis comparativo, asegurando un proceso de investigación riguroso y una comprensión profunda del proceso de compras de energía no convencional y de las alternativas para su optimización.

3.6. Descripción de Procedimientos

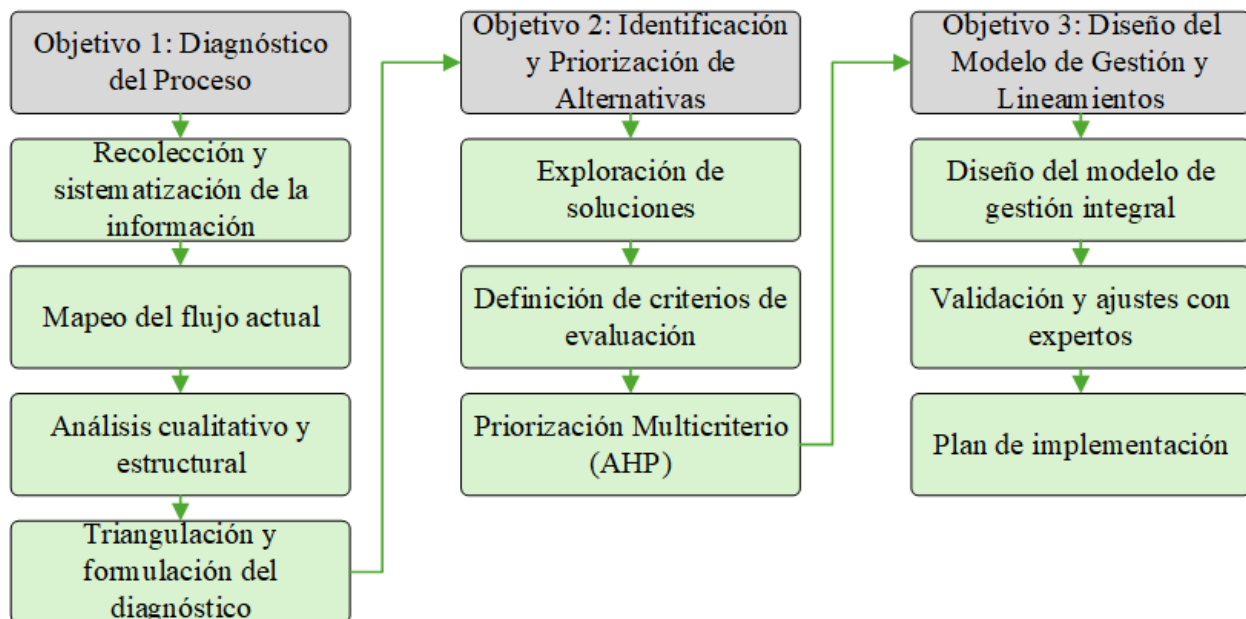
El procedimiento metodológico se desarrolló en tres objetivos articulados (ver Figura 2). Para el Objetivo 1 de diagnóstico, se inició con la recolección y sistematización de la información relevante, incluyendo registros operativos, normativa aplicable y los indicadores de desempeño (KPI's) asociados al proceso. Posteriormente, se realizó el mapeo detallado del flujo actual mediante herramientas BPMN, complementado con la medición y verificación de los KPI's establecidos. De manera paralela, se efectuaron entrevistas semiestructuradas a los actores

involucrados, cuyo contenido fue analizado mediante técnicas de análisis temático, junto con la aplicación de matrices DOFA y esquemas de causa–efecto para identificar brechas críticas.

Finalmente, se ejecutó una triangulación entre datos cuantitativos, documentos institucionales y hallazgos cualitativos, con el fin de garantizar la validez y consistencia del diagnóstico.

Figura 2

Diagrama de bloques



Para el objetivo 2 de Identificación y priorización de alternativas, se efectuó una exploración sistemática de posibles soluciones tecnológicas y administrativas orientadas a optimizar el proceso de gestión comercial. A continuación, se definieron criterios de evaluación, tales como costo de implementación, impacto esperado en los KPI's, alineación con la normativa vigente, nivel de riesgo y grado de madurez tecnológica. Con base en estos criterios, se aplicó metodología de Priorización Multicriterio basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para asignar ponderaciones, calcular puntuaciones comparativas y realizar análisis de sensibilidad que permitieron jerarquizar las alternativas más viables.

Finalmente, para el objetivo 3 se diseñaron los lineamientos y modelo de gestión, se elaboró un modelo integral que incluye la definición de roles, responsabilidades, flujos operativos, indicadores de seguimiento y mecanismos de gobernanza del proceso. Este modelo fue sometido a ajustes iterativos con expertos y se estructuró un plan de implementación progresivo, representado en un roadmap que diferencia acciones de impacto inmediato (Quick Wins) frente a iniciativas estratégicas de mediano y largo plazo.

3.7. Análisis de Información

El procesamiento y análisis de la información recolectada se llevará a cabo en varias fases articuladas, garantizando la integridad, consistencia y pertinencia de los datos. Inicialmente, la información obtenida a través de rúbricas, matrices y registros de observación será organizada y depurada en Microsoft Excel, asegurando la estandarización de formatos y la corrección de posibles inconsistencias. Esta depuración permitirá establecer una base sólida que sustente los análisis posteriores.

Una vez estructurada la información, se procederá a su sistematización, consolidando indicadores clave en tablas dinámicas y gráficos comparativos. Esta base de datos organizada será importada a Power BI, herramienta que facilitará la generación de tableros interactivos y visualizaciones dinámicas, permitiendo identificar patrones, tendencias y relaciones críticas dentro del proceso de compra de energía no convencional. La presentación visual de los datos apoyará la toma de decisiones estratégicas mediante un análisis integral y jerárquico de las variables involucradas.

El análisis de la información se desarrollará en tres niveles complementarios. En primer lugar, el análisis cuantitativo se enfocará en la aplicación de estadística descriptiva, mediante el cálculo de frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar, sobre indicadores de

eficiencia y desempeño tales como la reducción del tiempo de ciclo de los procesos clave, la precisión de las previsiones de demanda, el margen de error en las estimaciones, los costos operativos generales y la huella de carbono. Este enfoque permitirá establecer un panorama objetivo del estado actual del proceso, identificando áreas de mejora y oportunidades para optimizar la gestión.

De manera simultánea, el análisis cualitativo abordará codificación temática, categorías por dimensiones; matrices de convergencia, entrevistas, documentos y observaciones mediante un análisis de contenido temático. La información será codificada por categorías que incluyen la satisfacción de empleados y proveedores, la percepción del proceso y la reputación corporativa, la satisfacción del cliente, la eficiencia operativa y el cumplimiento regulatorio, así como la sostenibilidad y competitividad. Este análisis proporcionará una comprensión profunda de las percepciones, dinámicas organizacionales y factores contextuales que influyen en la gestión de compras.

Finalmente, a nivel estratégico se integrarán los hallazgos cuantitativos y cualitativos a través de herramientas como matrices DOFA, análisis PESTEL y ejercicios de priorización de criterios. Esta triangulación de resultados permitirá validar los hallazgos, fortalecer la pertinencia de las conclusiones y garantizar la coherencia entre distintas fuentes de información, asegurando que las decisiones se basen en un análisis integral y confiable.

De manera complementaria, se elaborará un manual de procedimientos para la compra estratégica de energía no convencional, incorporando el uso de sistemas comerciales y del ERP corporativo. Este documento servirá como guía para estandarizar actividades, asegurar la trazabilidad del proceso y facilitar futuras implementaciones y mejoras.

En síntesis, el enfoque metodológico permitirá identificar tendencias y patrones generales que faciliten la comprensión del contexto de la compra de energía no convencional, orientando el diseño de un modelo de gestión basado en las dinámicas internas de la empresa y en lineamientos estratégicos claros. La integración de estadística descriptiva, análisis de contenido y triangulación fortalecerá la validez del estudio y la aplicabilidad de los resultados en la toma de decisiones estratégicas.

3.8. Validez y Confiabilidad

Para la validación del modelo propuesto se recurrirá a la técnica de juicio de expertos mediante Delphi, asegurando el consentimiento informado y la confidencialidad de la información proporcionada. La verificación de los resultados incluirá criterios de éxito como la consistencia interna de las ponderaciones (AHP) y pruebas de sensibilidad, complementadas con la evaluación de un panel experto. Se incorporarán estrategias para gestionar sesgos y limitaciones, tales como: revisión cruzada de datos, uso de fuentes múltiples, anonimización de información, codificación temática, categorías por dimensiones; matrices de convergencia, supervisión de la transversalidad en el análisis y consideración de la dependencia regulatoria, especialmente, las Resoluciones CREG 135 y 174 de 2021. Este enfoque permitirá fortalecer la validez, confiabilidad y aplicabilidad del modelo de gestión para la compra estratégica de energía no convencional, asegurando resultados consistentes y pertinentes.

3.9. Limitaciones

El diseño de corte transversal restringe la inferencia causal; la calidad y completitud de los registros institucionales puede afectar la precisión del análisis; y los cambios regulatorios ocurridos durante el periodo de estudio podrían introducir variaciones no controladas en los procesos evaluados.

3.10. Consideraciones Éticas

3.10.1 Análisis de Consideraciones Éticas

El análisis de consideraciones éticas en esta investigación se fundamentó en la filosofía institucional de UNIMINUTO, orientada al respeto por la dignidad humana y la diversidad. Se garantizó la honestidad académica, evitando cualquier forma de plagio y asegurando la correcta citación de fuentes. Asimismo, se promovió la integridad en cada etapa del proceso investigativo, manteniendo un compromiso con la responsabilidad social y el desarrollo sostenible. Se respetaron los derechos de autor y la propiedad intelectual, fomentando un ambiente de transparencia y rigor académico que fortalece la credibilidad y pertinencia de los resultados obtenidos.

3.10.2 Instrumentos de Aceptación y Autorización

En coherencia con las políticas éticas de UNIMINUTO, esta investigación no requirió la aplicación de instrumentos de consentimiento informado, dado que no involucró la participación directa de seres humanos ni animales en experimentación. El estudio se desarrolló a partir de información secundaria y del análisis de procesos internos relacionados con la gestión y compra de energía no convencional, sin recopilar datos personales sensibles. No obstante, se tuvo en cuenta la normatividad institucional respecto a la autorización de publicación, la cual será requerida para la divulgación del trabajo en el repositorio institucional, garantizando la transparencia y protección de los derechos de autor. De igual forma, el uso de gráficos, imágenes y representaciones derivadas del análisis se realizó bajo principios de respeto a la propiedad intelectual, reforzando la integridad y rigurosidad del proceso investigativo.

3.11. Productos Esperados

El proyecto entregará un modelo integral de gestión compuesto por un manual operativo, flujogramas detallados, matriz RACI y tablero de control con KPI's. Se desarrollará una matriz de priorización sustentada en métodos AHP, incluyendo análisis de sensibilidad. Finalmente, se presentará un plan de implementación que integra hitos, cronograma, riesgos y evaluación costo-beneficio.

4. Hipótesis

4.1. Las Variables

4.1.1. Variable(s) Independiente(s)

La variable independiente corresponde a los procesos de gestión estratégica para la compra de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P. Incluye las prácticas administrativas, capacidades tecnológicas, cumplimiento regulatorio y mecanismos de análisis de datos que determinan la eficiencia de la organización. Esta variable se describe en función de su incidencia en la toma de decisiones, la transformación digital y la integración de herramientas predictivas, constituyéndose en el factor de influencia directa sobre la configuración de un modelo de gestión más eficiente, competitivo y sostenible.

4.1.2. Variable(s) Dependiente(s)

La variable dependiente se define como el modelo propuesto de gestión de compras de energía no convencional. Representa el resultado esperado del proceso investigativo, en la medida en que refleja la capacidad de la organización para estandarizar, optimizar y transformar sus procesos actuales. El modelo es dependiente del grado de desarrollo alcanzado en los procesos estratégicos, y su efectividad se evidencia en mejoras de eficiencia, reducción de costos, fortalecimiento de relaciones con proveedores y alineación con tendencias del sector energético.

4.2. Planteamiento de Hipótesis

Al tratarse de un estudio de carácter descriptivo y cualitativo, resulta pertinente plantear una hipótesis de investigación verificable. Se establece que: La implementación de un modelo de gestión sustentado en lineamientos estratégicos de transformación digital, análisis predictivo, eficiencia operativa y sostenibilidad, permitirá optimizar los procesos de compra de energía no

convencional en CENS S.A. E.S.P., incrementando su competitividad y capacidad de adaptación al mercado energético. La hipótesis se valida mediante el análisis de datos, la contrastación con referentes teóricos y la evaluación práctica del modelo propuesto.

5. Resultados

5.1. Recolección y Sistematización de la Información

Se elaboraron cuadros de control en Excel y se configuró una base de datos en Microsoft Access (ver Figura 3 y 4) para gestionar el registro de terceros y las transacciones de excedentes realizadas a través del ERP empresarial. El Cuadro de Control de Registro de Proveedores AGPE corresponde a una matriz o base de datos diseñada para administrar, verificar y hacer seguimiento al proceso de inscripción de proveedores ante AGPE. Esta herramienta permite validar la información del cliente, revisar los documentos requeridos, registrar fechas clave y asegurar que el proveedor cumpla con todos los requisitos necesarios para operar. A continuación, se describen los campos que la componen:

1. Información del Cliente:

CLIENTE_ID: Código único asignado al cliente dentro del sistema AGPE.

NOMBRE DEL CLIENTE EN SAC: Nombre del cliente según el Sistema de Administración Comercial (SAC).

DOCUMENTO O NIT: Número de identificación del cliente en SAC.

MUNICIPIO: Municipio donde está registrado el cliente.

ESTADO AGPE: Estado actual del cliente dentro del proceso AGPE (activo, pendiente, rechazado, etc.).

2. Información del Proveedor

AN8: Código del proveedor en el sistema JD Edwards (JDE).

NOMBRE DE PROVEEDOR EN JD EDWARDS: Nombre registrado oficialmente en JDE.

CÉDULA: Número de identificación del proveedor (si es persona natural o jurídica).

TIPO DE DOCUMENTO: Cuenta de cobro o facturación electrónica.

3. Seguimiento y Control del Proceso

OBS: Observaciones relevantes (faltantes, novedades, notas internas).

FECHA DE VINCULACIÓN AGPE: Fecha en la que el proveedor inicia el proceso de vinculación.

¿ENTREGA EXCEDENTES?: Indica si el proveedor entrega excedentes al sistema (Sí/No).

CAP. INSTALADA EN AC: Capacidad instalada en amperios con la que cuenta el proveedor (si aplica).

CORREOS: Dirección o lista de correos electrónicos de contacto.

4. Validación Documental (Check list)

FECHA INSCRIPCIÓN PROVEEDOR: Fecha en que se formaliza su inscripción.

ANEXO: Indica si el proveedor adjuntó los anexos requeridos.

MATRÍCULA TERCEROS: Verificación de la matrícula o registro de terceros.

FORMA_PAGO: Modalidad de pago acordada.

OPCIÓN DE PAGO: Detalle de la forma de pago CREG 135.

CÉDULA: Confirmación del documento del representante/legal o proveedor.

RUT: Estado de entrega del Registro Único Tributario.

CERTIFICADO BANCARIO: Indica si entregó el soporte de cuenta bancaria.

CÁMARA DE COMERCIO: Verificación de la existencia y representación legal (si es persona jurídica).

5. Datos Bancarios

ESTADO: Estado del proveedor respecto al proceso (aprobado, pendiente, en revisión).

BANCO: Nombre de la entidad bancaria registrada.

TIPO DE CUENTA: Ahorros o corriente.

NÚMERO DE CUENTA: Número de la cuenta donde se hacen los pagos.

En este punto importante precisar que el proceso estratégico se configura bajo el flujo registro-pago de excedentes, en vista de que su contrato se efectúa mediante el formato de condiciones uniformes como se estable en la conexión de la CREG 174 del 2021 y por ende no aplicaría modelos PPA, bolsa, subastas, contratos bilaterales, cobertura, gestión de riesgo de precio/volumen, dado que estos son mecanismos diferentes al de la gestión de autogeneradores de esta investigación.

Figura 3
Control y registro proveedores AGPE

	C	D	E	F	G	H
	DOCUMENTO O NIT	MUNICIPIO	ESTADO AGPE	ANB	NOMBRE DE PROVEEDOR EN JD EDWARDS	CEDULA
18	900347049	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
19	900347049	San José De Cúcuta	FACTURANDO	30060	CENTRO DE DIAGNOSTICO AUTOMOTOR Y GASES LA	900.347.049-5
65	800067504	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
112	13252442	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
163	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	33406	INVERSIONES CAMIONERO SAS	900.658.933-4
169	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	36208	ALVARADO PEÑARANDA CLEMENTE	13.479.029-7
180	13386719	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
259	1090452702	Villa Del Rosario	FACTURANDO	0		
267	800026124	Villa Del Rosario	FACTURANDO	9228	TRANSFORMADORES CDM LTDA	800.026.124-1
336	807003438	Los Patios	FACTURANDO	34865	AVICOLA TORCOROMA S A EN EJECUCION DEL ACUER	807.003.438-3
341	0	Los Patios	FACTURANDO	35496	ESTACION DE SERVICIO LOS VADOS S.A.S	901.281.943-3
407	88252712	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
1006	27805175	San José De Cúcuta	FACTURANDO	34325	BLANCA LIDA VEGA GOMEZ	27.805.175-4
2026	27589412	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
2947	88212742	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0	GARCIA DE GUERRERO MARIA OLGA	27.589.412-8
3437	807008252	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
3861	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	36046	GONZALEZ VIRVIESCAS AMANDA	63.433.267-7
3869	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
3882	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
3884	0	San José De Cúcuta	FACTURANDO	0		
3956	0	Los Patios	FACTURANDO	0	GARCIA VASQUEZ CARLOS ALDEMAR	94.228.757-9
3965	1018415873	Los Patios	FACTURANDO	34912	SERRANO REYES OLGA LUCIA	1.018.415.873-3
3966	13256655	Los Patios	FACTURANDO	0		
4017	0	Los Patios	FACTURANDO	0	ECHAVEZ ELAM LUCY JANETH	37.312.401-4
4023	0	Los Patios	FACTURANDO	0	BOTIA URIBE SIOMARA MILENA	60.410.143-2
4074	0	Los Patios	FACTURANDO	0	FUENTES TRIGOS LUIS ANTONIO	13.253.467-9
8498	5489536	San José De Cúcuta	FACTURANDO	35311	CACERES ROMERO WILIAN	5.489.536-3
8593	13252014	San José De Cúcuta	PDTE PARAMETRIZAR	36155	CONTRERAS ROJAS JAIME	88.272.541-1

Del mismo modo, el control de pago de excedentes es una matriz o base de datos que permite realizar el seguimiento detallado a los pagos efectuados por la compra de excedentes de energía a los proveedores vinculados al sistema. Este control facilita la validación de datos, la

trazabilidad de las transacciones y el cumplimiento de los requisitos contables, tributarios y administrativos involucrados. En seguida, se describe cada uno de los campos incluidos:

1. Identificación del Proveedor

CLIENTE_ID: Código único que identifica al cliente dentro del sistema AGPE.

AN8: Número único del proveedor en el sistema JD Edwards (ERP).

NOMBRE_PROVEEDOR: Nombre oficial del proveedor al cual se realiza el pago.

MUNICIPIO: Municipio donde está registrado el proveedor.

CÉDULA: Documento de identidad del proveedor o representante.

TIPO_COBRO: Cuenta de cobro o facturador electrónico.

2. Información del Periodo y Generación

PERIODO_GENERACION: Periodo (mes/año) en el que se generaron los excedentes.

PERIODO_LIQUIDADO: Periodo en el que se liquida o realiza el pago.

N°_6C: Número de la transacción 6C en el ERP (relacionada con compras o contabilización).

N°_PX: Número de la transacción PX (pago o cruce contable).

3. Datos Energéticos y Tarifarios

EXCEDENTES_KWH: Cantidad de energía excedentaria en kilovatios hora (kWh) entregada por el proveedor.

PRECIO_UNITARIO_\$/KWH: Tarifa aplicada por cada kWh de excedente.

4. Verificaciones Contables

CONTABILIZA_6C: Indica si la transacción 6C fue contabilizada correctamente (Sí/No).

CRUZA_PX: Indica si se realizó el cruce con la transacción de pago PX (Sí/No).

TRANSACCION: Código o número de la transacción asociada en el ERP.

5. Componentes Tributarios

%IMP: Porcentaje de impuesto aplicado.

IMPUESTO: Valor monetario del impuesto calculado.

RETEICA: Valor de la retención de ICA aplicada al pago.

RETEFUENTE: Valor de la retención en la fuente aplicada al proveedor.

6. Información del Pago

FORMA_PAGO: Modalidad mediante la cual se realiza el pago CREG 135.

Nº_FACTURA: Número de factura o documento soporte emitido por el proveedor.

FECHA_VENCIMIENTO: Fecha límite de pago de la factura.

7. Soportes y Observaciones

SOPORTE_PT: Archivo o documento que respalda la operación.

OBSERVACION_1, OBSERVACION_2, OBSERVACION_3: Campos destinados para registrar comentarios, novedades, notas de verificación o incidencias relacionadas con el proceso.

Este control permite asegurar la correcta gestión de los pagos por excedentes al mantener un registro completo y verificable que incorpora la información del proveedor, los periodos energéticos y las transacciones registradas en el ERP, los cálculos energéticos y tarifarios aplicados, los impuestos y retenciones correspondientes, las validaciones contables del proceso y los soportes administrativos que respaldan cada operación.

Figura 4
Control y registro de pagos AGPE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	CLIENTE_ID	ANS	NOMBRE_PROVEEDOR	MUNICIPIO	CEDULA	TIPO_COBRO	PERIODO_GENERACION	PERIODO_LIQUIDAD	N°_EC	N°_PX	EXCEDENTES_KWH	PR
26	563799	33539	AMAYA CARO JOSE WILSON	Villa Del Rosario	91.211.675-8	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14892	0	298,00	\$
27	579549	33462	TRIANA MURCIA WILFRAN	San José De Cúcuta	1.022.345.977-2	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14662	0	717,00	\$
28	613488	33548	NAVARRO ALVAREZ OSCAR	Ocaña	13.360.696-7	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14763	0	85,00	\$
29	632300	0		Río de Oro	0		dic-23	ene-24	0	0	753,00	\$
30	651442	33325	GUTIERREZ OVALLES ANDRES MAURICIO	Villa Del Rosario	88.267.797-8	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14570	0	78,00	\$
31	670434	36174	DLP & D INVERSIONES AGROPECUARIAS S.A.S	Río de Oro	900.455.436-5	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	0	0	8125,00	\$
32	1003495	33593	JIMENEZ PEREZ ADRIANA	San José De Cúcuta	1.090.375.435-8	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14821	0	440,00	\$
33	1006769	0		Aguachica	0		dic-23	ene-24	0	0	2225,00	\$
34	1019121	33435	CONDE REYES JESUS LEONARDO	San José De Cúcuta	88.198.801-3	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14595	0	887,00	\$
35	1027345	33382	GAMBOA RUEDA DANIEL FERNANDO	Villa Del Rosario	88.259.825-2	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14571	0	251,00	\$
36	1036670	33353	GALVIS TORRES OSWALDO ALONSO	Abrego	91.159.855-5	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14572	0	210,00	\$
37	1038047	25615	VARGAS GIRALDO MAURICIO MARINO	Villa Del Rosario	73.133.565-6	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14596	0	563,00	\$
38	1056261	32388	CARBONINDUSTRIA COLOMBIA SAS	Villa Del Rosario	900.487.079-6	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14554	0	306,00	\$
39	1059218	34210	BAYONA JACOME MARIA CAMILA	Villa Del Rosario	1.093.763.212-8	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	15300	0	565,00	\$
40	1059570	33342	VILLEGAS WILLIAM VILMA	Villa Del Rosario	60.289.421-7	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14597	0	307,00	\$
41	1061428	33414	VELANDIA CRISTIAN JAIRO JAVIER	Villa Del Rosario	88.249.472-3	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14573	0	187,00	\$
42	1067031	0		San José De Cúcuta	0		dic-23	ene-24	0	0	1454,26	\$
43	1101750	33354	MONSALVE PABON INDIRA	Villa Del Rosario	27.898.189-5	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14574	0	466,00	\$
44	1105908	33302	DELGADO RAMIREZ JELITZA MATILDE	Villa Del Rosario	1.127.338.116-1	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14575	0	264,00	\$
45	40911	33137	MORENO GARCIA CARLOS HUMBERTO	San José De Cúcuta	5.450.632-3	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14576	0	667,00	\$
46	205214	33146	ARTEAGA ALARCON CARLOS EDUARDO	San José De Cúcuta	13.463.572-5	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14470	0	311,00	\$
47	319339	32494	AMAYA MALDONADO JUAN CARLOS	San José De Cúcuta	13.508.308-8	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14555	0	95,00	\$
48	409011	33155	PRADO RINCON ABELARDO	Gamarra	18.917.565-1	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14556	0	171,00	\$
49	423851	33191	ESPIITA PINILLA JOSE GERMAN	San José De Cúcuta	79.334.766-4	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14577	0	729,00	\$
50	454770	33209	RINCON ORTEGA MARLY PATRICIA	Ocaña	37.337.597-7	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14557	0	74,00	\$
51	480413	33147	PRADO BALLENA SANDRA PATRICIA	Aguachica	63.449.340-7	FACTURA ELECTRÓNICA	dic-23	ene-24	14578	0	280,00	\$
52	484737	33261	ABRAJIM CORTES SYLVIA	San José De Cúcuta	37.246.995-4	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14471	0	829,00	\$
53	575139	33281	PEREZ BRAYAN ANTONIO	Villa Del Rosario	5.532.215-8	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14579	0	215,00	\$
54	598365	33170	BARBOSA ALIRIO ALFONSO	Villa Del Rosario	13.444.420-3	CUENTA DE COBRO	dic-23	ene-24	14580	0	119,00	\$

5.1.1. Análisis Exploratorio de las Transacciones

Los datos presentan un comportamiento claramente asimétrico y dominado por valores extremos, lo cual se observa en todas las variables analizadas (ver Tabla 1). En Excedentes en kWh, la diferencia entre el mínimo de 0, la mediana en 190,63 y el máximo 24.590 evidencia una distribución fuertemente inclinada hacia valores pequeños, acompañada de una minoría de registros muy altos que elevan la media hasta 352,28 y producen una desviación estándar considerable de 701,67. Este tipo de concentración en valores bajos con picos extremos ha sido descrito por Rasekh et al., 2025, quien señala que en sistemas con alta variabilidad operativa, como los autogeneradores, la producción excedentaria suele presentar “comportamientos altamente asimétricos y dependientes de eventos puntuales de oferta y demanda”. El análisis de cuartiles confirma esta concentración: el 75% de los datos está por debajo de 434,63 kWh, lo que demuestra que los valores más altos son claramente atípicos.

Este patrón se repite en el Precio Unitario, donde los precios muestran una notable heterogeneidad: mientras el 25% inferior se ubica en 106,70 y la mediana en 212,46, los valores pueden llegar hasta 983,42. La media de 300,14 supera ampliamente a la mediana, reforzando la existencia de precios altos que distorsionan el promedio. Esta dispersión es consistente con lo señalado por Pablo-Romero et al., 2024, quienes documentan que el precio de bolsa en Colombia puede oscilar ampliamente “entre 100 y 900 \$/kWh en periodos de alta volatilidad”, dependiendo de condiciones hidrológicas, restricciones de red y variaciones de oferta. La desviación estándar de 278,05 evidencia precisamente esa volatilidad estructural del mercado energético colombiano.

En las variables económicas como Contabiliza y Transacción, el comportamiento es aún más pronunciado. En “Contabiliza”, la mediana es apenas \$44.239, mientras el máximo alcanza \$16.214.562 y la media \$135.954. Este contraste revela una fuerte concentración de operaciones pequeñas acompañadas de unas pocas de alto impacto económico, fenómeno que Pulgarín & Krueger, 2025, describe como “estructura bimodal típica de esquemas con facturación diferenciada por tipo de usuario y escala de autogeneración”. La variable de Transacción exhibe una dinámica similar: la mediana es solo \$1.763,78, pero los valores pueden llegar a \$9.494.890, lo que eleva la media a \$92.430,26 y la desviación a 265.731,93. El hecho de que el cuartil 25 sea 0 muestra que una parte significativa de los registros no presenta transacciones monetarias, indicando heterogeneidad en los tipos de operación o en los criterios contables.

El porcentaje de impuesto también presenta un patrón muy sesgado: aunque puede llegar al 4%, la mediana es 0% y la media apenas 1%. Esto indica que la mayoría de las transacciones no generan impuesto, pero existe un subconjunto significativo donde este sí aplica. Según Pulgarín & Krueger, (2025), los esquemas tributarios asociados a energías alternativas en Colombia “no se aplican de manera uniforme y dependen del tipo de contrato, capacidad

instalada y clasificación del usuario”. Lo mismo ocurre en el valor del impuesto donde la mayoría de los registros tiene valor cero, pero los montos pueden elevarse hasta \$472.275, lo que produce una media de \$2.610,98 y una desviación estándar de \$8.846,23. El contraste entre la mediana 0 y un cuartil superior con valores monetarios relevantes muestra la existencia de un esquema impositivo aplicado solo a ciertos casos, posiblemente por reglas específicas.

Finalmente, con 10.791 registros por variable, el conjunto de datos es robusto e ilustra claramente que la estructura general está dominada por valores bajos y medianos, con una minoría de observaciones extremas que amplían los rangos, aumentan la dispersión y elevan las medias en todas las variables. Adicionalmente, se precisa que estas variables dentro el proceso gestión de la energía no convencional son las más relevantes y por ello resulta conveniente su análisis y no otras.

Tabla 1. *Análisis descriptivo de los registros*

MEDIDA	EXCEDENTES (kWh)	PRECIO UNITARIO (\$/kWh)	CONTABILIZA (\$)	TRANSACCION (\$)	IMP (%)	IMP (\$)
VALOR MINIMO	0	\$-	\$-	\$-	0,00%	\$-
VALOR MAXIMO	24590	\$983,42	\$16.214.562,00	\$9.494.890,92	4,00%	\$472.275,00
CUARTIL 25	28,98	\$106,70	\$6.438,00	\$-	0,00%	\$-
CUARTIL 50 (MEDIANA)	190,63	\$212,46	\$44.239,00	\$1.763,78	0,00%	\$-
CUARTIL 75	434,63	\$559,16	\$140.372,50	\$84.668,51	3,00%	\$2.049,68
MEDIA	352,28	\$300,14	\$135.954,10	\$92.430,26	1,00%	\$2.610,98
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	701,67	278,05	359645,52	265731,93	0,01	8846,23
CONTEO DE DATOS	10791	10791	10791	10791	10791	10791

5.1.2. Gestión de Indicadores Actual

La organización gestiona actualmente la energía proveniente de los Autogeneradores a través del indicador macro del Cuadro de Mando Integral correspondiente a quejas y reclamos (ver Ecuación 1). Durante el periodo comprendido entre enero de 2024 y junio de 2025, dicho indicador ha registrado únicamente un caso imputado, lo cual constituye una fortaleza estratégica, pues evidencia la capacidad operativa de la fuerza laboral para tramitar

oportunamente cerca de 22 quejas y reclamos mensuales en promedio. Estos se han relacionado, principalmente, con el proceso de registro como proveedor y con los motivos de pronto pago vinculados a las cuentas bancarias registradas.

$$\text{Quejas \& Reclamos} = \frac{\text{Quejas impuadas}}{\text{Quejas Totales}} \times 100$$

Ecuación 1. *Indicador de gestión quejas y reclamos*

5.2. Principios Rectores

5.2.1. Innovación tecnológica como motor de la transición energética

La gestión de compras estratégicas en energía no convencional debe sustentarse en el uso de tecnologías modernas y adaptativas. La digitalización de procesos, los sistemas de monitoreo en tiempo real y la incorporación de herramientas predictivas no solo optimizan la operación, sino que también fortalecen la capacidad de respuesta frente a un mercado en constante cambio. Este principio reconoce que la tecnología no es un fin en sí mismo, sino un medio para garantizar eficiencia, trazabilidad y cumplimiento normativo en un sector altamente dinámico.

5.2.2. Cumplimiento regulatorio proactivo y adaptativo

En un contexto de constante evolución normativa, las empresas deben pasar de una postura reactiva a una estrategia anticipatoria. La claridad en la interpretación de nuevas regulaciones, junto con la implementación de sistemas de gestión normativa, asegura estabilidad legal y minimiza el riesgo de sanciones. Este principio conecta directamente con la innovación tecnológica, pues contar con plataformas avanzadas facilita el cumplimiento de las exigencias regulatorias y refuerza la confianza del mercado.

5.2.3. Sostenibilidad financiera y resiliencia organizacional

La transición hacia fuentes no convencionales demanda inversiones significativas en infraestructura, formación y adaptación de procesos. Por ello, la gestión financiera debe

orientarse hacia un equilibrio entre sostenibilidad económica y compromiso con la transición energética. Este principio subraya la necesidad de diversificar fuentes de financiación, aprovechar incentivos fiscales y diseñar contratos flexibles que aseguren tanto rentabilidad como estabilidad en el largo plazo.

5.2.4. Gestión del conocimiento y fortalecimiento del capital humano

El conocimiento especializado es el núcleo de una gestión energética exitosa. La capacitación continua, la capitalización de experiencias previas y la transferencia de buenas prácticas permiten que las organizaciones enfrenten con solidez los retos tecnológicos, regulatorios y financieros. Este principio se entrelaza con los anteriores, dado que un personal capacitado puede implementar con mayor eficacia tanto la innovación tecnológica como las estrategias de cumplimiento normativo y financiero.

5.2.5. Visión integral de sostenibilidad y valor social

Más allá de los beneficios económicos, la compra estratégica de energía no convencional debe alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la generación de empleo verde. Este principio enfatiza que la competitividad empresarial solo se consolida cuando la gestión energética se entiende como un proceso con impactos positivos en la sociedad y en el medio ambiente, garantizando legitimidad y aceptación social.

5.2.6. Gestión de riesgos como eje transversal

Los riesgos técnicos, financieros y regulatorios son inevitables en el sector energético. Sin embargo, su adecuada gestión permite transformar la incertidumbre en oportunidad. Este principio está conectado con todos los demás, ya que la innovación tecnológica, el cumplimiento

normativo, la sostenibilidad financiera y el capital humano son componentes esenciales de una estrategia robusta de mitigación de riesgos.

5.3. Procesos Claves

La grafica de flujo del proceso de compra de energías alternativas se describe en la Figura 5 como medio propuesta de estandarización del procedimiento.

El diagrama de flujo del proceso de pago en transacciones de energías alternativas constituye una herramienta metodológica para garantizar transparencia, trazabilidad y eficiencia en la gestión administrativa y financiera. Desde la perspectiva de la gestión de operaciones, este tipo de procesos busca reducir tiempos improductivos, optimizar recursos y asegurar el cumplimiento regulatorio en cada fase (Oelze et al., 2018).

El registro del proveedor y la verificación documental inicial son fases críticas en términos de control interno, pues aseguran la validez legal y la pertinencia de la información, evitando riesgos de incumplimiento normativo o fraudes contractuales (Johnson 2020). La participación de terceros, como Empresas Públicas de Medellín (EPM), fortalece la descentralización y aumenta la confiabilidad de los procesos mediante la validación independiente de la información.

En cuanto a la recepción y revisión de facturas electrónicas, estas prácticas responden a la tendencia global hacia la digitalización fiscal, consolidada en países de la OCDE y aplicada en Latinoamérica. Dichos procesos no solo aseguran el cumplimiento tributario, sino que además incrementan la interoperabilidad de los sistemas de información y reducen errores humanos (Shi et al, 2024).

Figura 5
Diagrama de flujo

Diagrama de Flujo del Proceso							
Servicio: Transacciones de Energía				Resumen de actividades			
Proceso: Pago Energías Alternativas				Operaciones		9	
Unidades a obtener: Por demanda				Inspecciones		1	
Elaborado por: Analista del Proyecto				Esperas		2	
Fecha: 15/09/2024				Almacenamientos		0	
Comienza en: Recepción documental				Transportes		0	
Termina en: Reporte de pagos				Operación-Inspección		0	
Actividad	○	□	D	▽	⇒	○	Descripción
Recepción para el registro como proveedor CENS.	x						Se recibe la solicitud de registro del proveedor en el sistema de CENS, garantizando que se cumplan los requisitos necesarios.
Revisión de la documentación.	x						Se verifica que toda la documentación presentada por el proveedor esté completa y cumpla con las normas y procedimientos establecidos.
Enviar a terceros EPM para el registro.	x						Una vez revisada la documentación, se envía a Empresas Públicas de Medellín (EPM) para que realicen el proceso de registro del proveedor en JDE.
Se tarda un tiempo entre 2 a 3 días para el registro.				x			Se informa al proveedor que el proceso de registro tomará entre 2 a 3 días hábiles, dependiendo de la validación y aprobación de EPM.
Realizar cuentas de cobro y recepcionar facturas electrónicas.					x		Se generan las cuentas de cobro correspondientes y se reciben las facturas electrónicas enviadas por los proveedores.
Revisar que las facturas electrónicas cumplan con los estándares.				x			Se verifica que las facturas electrónicas cumplan con los estándares legales y técnicos establecidos, tales como validez fiscal, formato adecuado y requisitos normativos.
Realizar documentos 6C de acuerdo con el manual de procedimientos.				x			Se elaboran los documentos tipo 6C conforme a las directrices del manual de procedimientos interno.
Se espera aprobación de las ordenes por parte del jefe.				x			Se envían las órdenes de compra para su revisión y aprobación por parte del jefe responsable.
Se realiza recepción, contabilización y asociación de documentos en JDE.	x						Una vez aprobadas las órdenes, se procede a registrar, contabilizar y asociar los documentos correspondientes en el sistema JD Edwards (JDE).
Se realiza solicitud de Cotejo de la ordenes a Finanzas de EPM.	x						Se envía una solicitud al departamento de Finanzas de EPM para cotejar y verificar las órdenes de pago o compra, asegurando la correcta ejecución.
Se realiza archivo de pagos.	x						Se archivan los pagos procesados, en formato digital (xlsx), para llevar un control organizado de los mismos.
Se enruta el archivo de pagos en el gestor de EPM.	x						El archivo de los pagos es ingresado y enrutado a través del sistema de gestión documental de EPM, garantizando su correcto almacenamiento y trazabilidad.
Se comunican los pagos a los usuarios vía correo electrónico.	x						Se notifica a los usuarios y partes interesadas sobre la realización de los pagos mediante correo electrónico, proporcionando detalles y confirmaciones pertinentes.

La elaboración de documentos de soporte, como los tipos 6C, y la posterior aprobación jerárquica se enmarcan en el principio de segregación de funciones, reconocido como una de las

mejores prácticas en la gestión de riesgos corporativos (Karanja & Rosanas, 2020). Esto garantiza que las decisiones financieras se validen en múltiples niveles organizacionales, reduciendo vulnerabilidades.

La integración de estos procesos en plataformas empresariales como JD Edwards (JDE) representa un avance hacia la digitalización contable y la eficiencia en la trazabilidad de las transacciones. Los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) permiten consolidar la información en tiempo real, reduciendo redundancias y fortaleciendo la capacidad de análisis para la toma de decisiones (Yu et al., 2022).

El cotejo financiero, el archivo digital y la comunicación de resultados a los usuarios consolidan un sistema de gobernanza robusto, en línea con Sibtain et al., 2021, quienes enfatizan la importancia de la transparencia en las transacciones energéticas como pilar de sostenibilidad y competitividad.

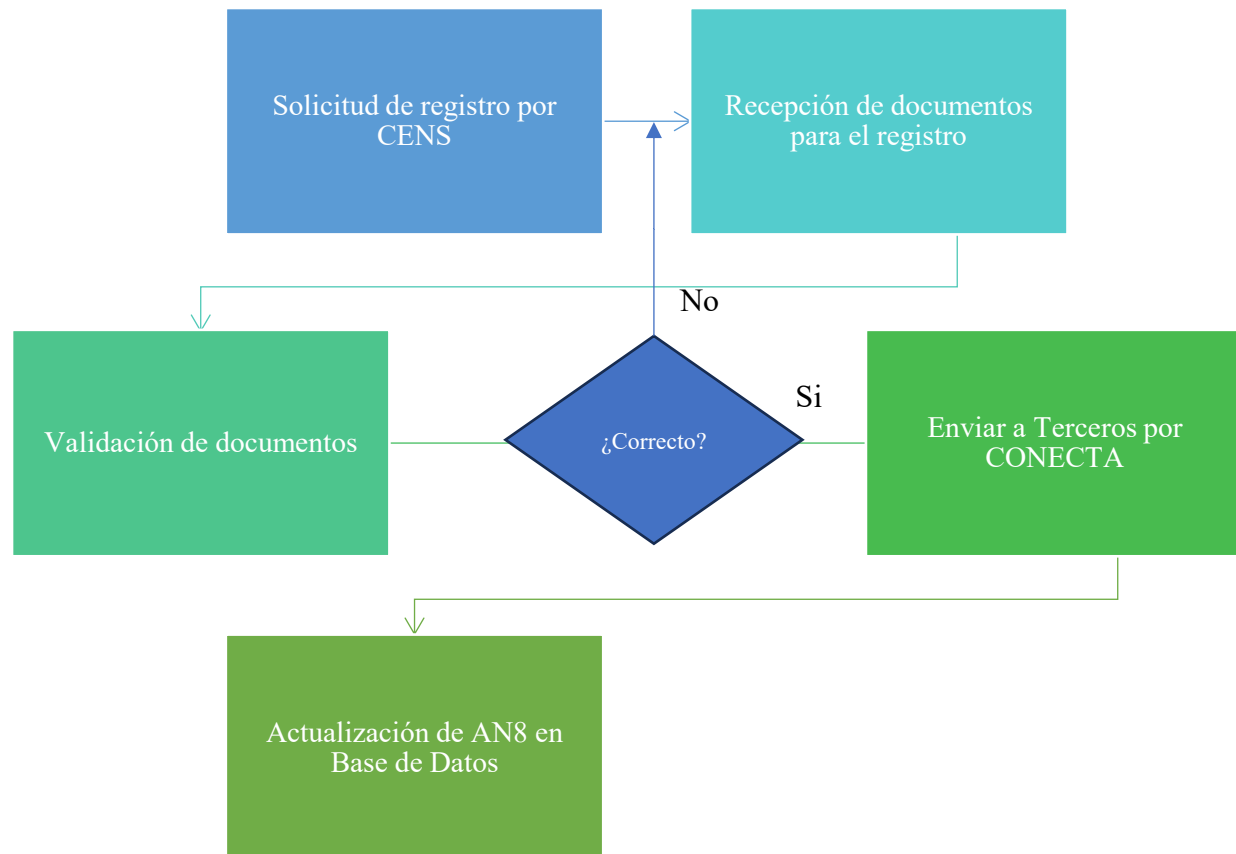
En consecuencia, este flujo de pagos no debe verse únicamente como un procedimiento administrativo, sino como un mecanismo estratégico que fortalece la confianza en las relaciones proveedor-empresa, contribuye a la sostenibilidad corporativa y se alinea con las tendencias internacionales de gobernanza y digitalización en el sector energético.

5.3.1. BPMN del Proceso y KPI's

El proceso inicia con la solicitud de registro por parte de CENS, seguida de la recepción de los documentos correspondientes. Posteriormente, se realiza la validación de documentos, etapa crítica para garantizar la precisión de la información. Si los documentos son correctos, se procede a enviar la información a terceros mediante CONECTA; de lo contrario, se devuelve para su corrección. Por último, una vez confirmada la validez, se realiza la actualización del AN8 en la base de datos, asegurando la integridad de la información. Entre los indicadores destacan la

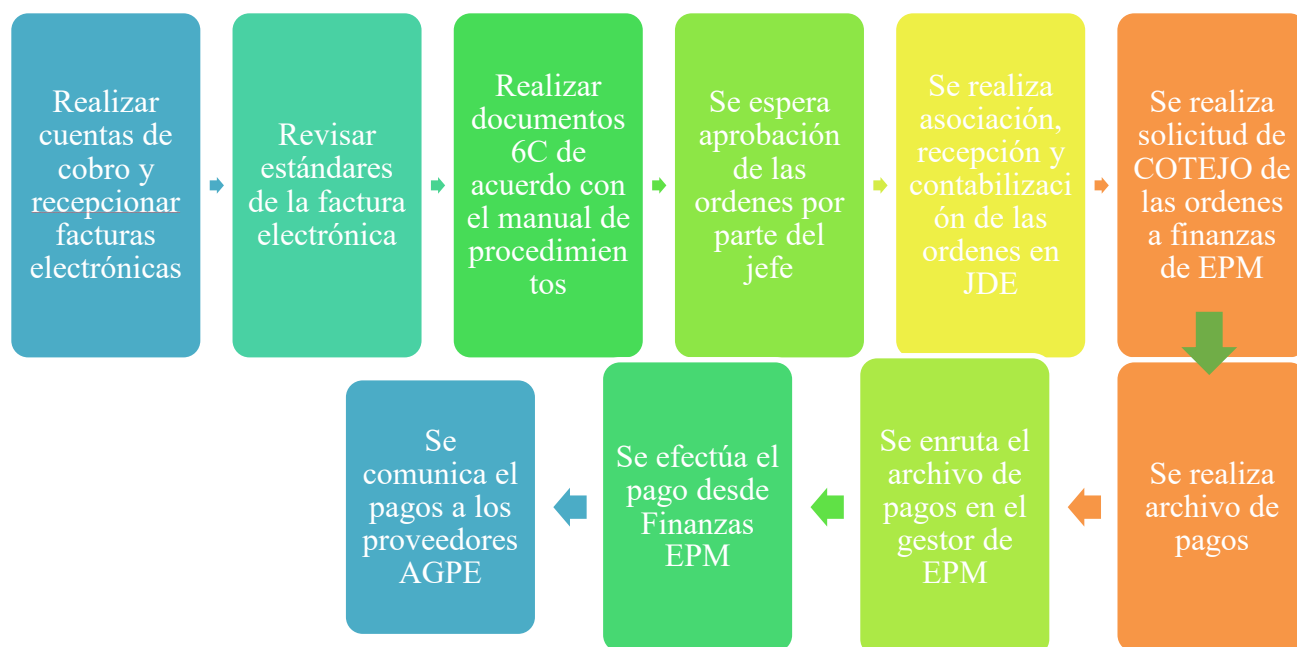
respuesta a las solicitudes en un máximo de dos días y el registro del usuario en un plazo no superior a 15 días hábiles, garantizando eficiencia y control (ver Figura 6).

Figura 6
BPMN inscripción de proveedores



El ciclo inicia elaborando las cuentas de cobro y recibiendo las facturas electrónicas. Luego, se verifican los estándares y, posteriormente, se generan los documentos 6C según el manual (ver Figura 7). Después, el jefe aprueba las órdenes y se procede a su asociación y contabilización en JDE. Acto seguido, Finanzas EPM realiza el cotejo, lo que permite generar el archivo de pagos. Dicho archivo se enruta en el gestor de EPM, habilitando que Finanzas ejecute el pago. Finalmente, se comunica el pago a los proveedores AGPE. Un indicador clave es cumplir el pago dentro del mes de liquidación, idealmente en los primeros 5 días de cada mes para garantizar eficiencia y confianza operativa.

Figura 7
BPMN pago de excedentes a proveedores AGPE



5.4. Herramientas de Soporte

5.4.1. Herramientas de soporte en el proceso de pago de energías alternativas

Los resultados evidencian que la implementación de herramientas de soporte en el proceso de transacciones de energía alternativa permite optimizar tiempos, reducir riesgos y garantizar trazabilidad en las operaciones. En el caso analizado, la incorporación de sistemas ERP como JD Edwards y gestores documentales asociados a Empresas Públicas de Medellín (EPM) ha facilitado la automatización de registros, la contabilización de órdenes y la comunicación de pagos a proveedores y usuarios. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Jamatutu et al., 2025, quienes señalan que la digitalización en la gestión financiera de servicios públicos no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que además fortalece la transparencia y el control interno.

No obstante, a diferencia de lo descrito por Pérez y Maldonado (2021), quienes enfatizan que la automatización por sí sola garantiza resultados consistentes, los hallazgos de este estudio muestran que la efectividad de las herramientas depende también de la capacitación de los equipos y de la alineación con políticas de gestión documental. En este punto, la discusión revela que la tecnología debe complementarse con estrategias de formación continua, lo cual refuerza lo señalado por Stringer & Ramírez, 2024, quienes argumentan que la resistencia al cambio organizacional constituye uno de los principales obstáculos en la adopción de sistemas digitales en el sector energético.

En términos de inteligencia de negocios, los resultados destacan que la sistematización de pagos y registros en formatos digitales posibilita el uso de tableros de control dinámicos y matrices analíticas para priorizar riesgos y decisiones estratégicas. Este aspecto guarda relación con lo expuesto por Handfield & Pearce, (2025), quienes sostienen que la inteligencia de negocios aplicada a mercados energéticos incrementa la capacidad de anticiparse a fluctuaciones de precios y mejorar la planeación financiera. Sin embargo, los resultados de este trabajo sugieren que, en contextos regulados como el colombiano, estas herramientas deben adaptarse a la normatividad vigente y a los requisitos de organismos de control como la CREG y la SSPD, limitación que no siempre aparece en los estudios de carácter internacional.

Finalmente, se observa que la aplicación de protocolos de control interno, como las matrices de riesgo y los procedimientos de verificación documental, refuerzan la seguridad de las transacciones y disminuyen la probabilidad de errores. Este hallazgo coincide parcialmente con el marco de ISO 31000, citado por Grima et al., (2025), aunque en este caso el análisis evidencia que la adaptación al contexto organizacional de CENS es fundamental para garantizar su efectividad. De este modo, se concluye que las herramientas de soporte deben entenderse como

un ecosistema integrado en el que convergen digitalización, análisis de riesgos y gestión del conocimiento, más que como elementos aislados.

5.5. Estrategias de mitigación de riesgos

La identificación de riesgos regulatorios, tecnológicos y financieros en el proceso de compra de energía no convencional demanda estrategias de mitigación integrales y articuladas. En primer lugar, la implementación de sistemas de monitoreo normativo automatizado representa una respuesta efectiva frente a la incertidumbre regulatoria. Esta herramienta permite anticipar cambios legales y ajustar los procesos internos con rapidez, minimizando sanciones y evitando interrupciones operativas. Al respecto, Cheng et al., (2025), evidencian que los sistemas de compliance basados en inteligencia artificial reducen en un 40% el tiempo de respuesta a modificaciones regulatorias en empresas de servicios públicos de Latinoamérica.

Por otra parte, el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica se posiciona como un eje central para garantizar eficiencia y trazabilidad en las transacciones energéticas. La transición hacia plataformas digitales de automatización, complementadas con big data y blockchain, no solo disminuye riesgos de errores humanos, sino que también incrementa la transparencia y la confianza en las operaciones. En línea con este planteamiento, Olabi et al., 2023, señalan que el uso de blockchain en la gestión de pagos energéticos mejora la trazabilidad documental y reduce los fraudes financieros en más de un 25%.

En el ámbito financiero, la diversificación de fuentes de financiamiento y la adopción de modelos híbridos de inversión permiten mitigar el riesgo de dependencia excesiva de energías convencionales. Estrategias como los contratos de compra de energía a largo plazo (PPAs) o el acceso a incentivos fiscales constituyen mecanismos efectivos para garantizar estabilidad de precios y resiliencia ante fluctuaciones del mercado. Según Monczka et al., 2022, los PPAs se

consolidan como instrumentos clave en la mitigación de riesgos financieros, ya que otorgan previsibilidad en los costos y aumentan la competitividad de los compradores de energía renovable.

Finalmente, la formación continua del capital humano se reconoce como un factor transversal en la gestión de riesgos. La falta de capacitación en el manejo de nuevas tecnologías y marcos normativos representa un riesgo latente que limita la capacidad adaptativa de las organizaciones. En este sentido, Olabi et al. (2023) destacan que los programas de formación especializada en energías renovables potencian la capacidad de innovación organizacional y reducen la probabilidad de fallos operativos en mercados en transición.

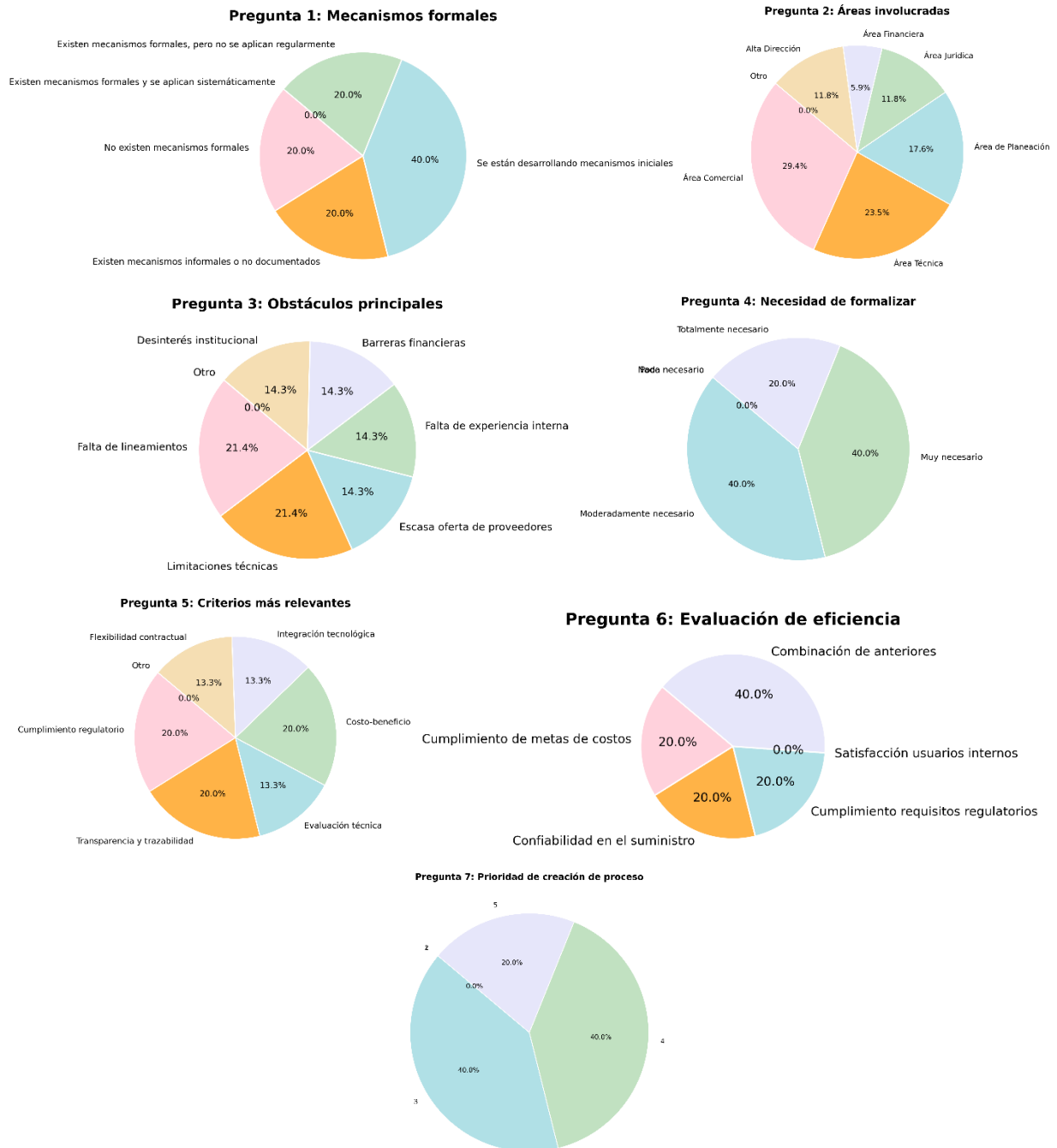
De manera comparativa, mientras que la literatura internacional enfatiza en la digitalización y la innovación como catalizadores de resiliencia, los hallazgos de este proyecto resaltan también la importancia de integrar estas medidas con un enfoque local y regulatorio. La combinación de monitoreo normativo, inversión en infraestructura tecnológica, diversificación financiera y capacitación especializada constituye, por tanto, un marco robusto y coherente de mitigación de riesgos para el modelo de gestión comercial de compra estratégica de energía no convencional.

5.6. Entrevistas y Análisis Temático

Aunque existen mecanismos formales o en desarrollo para la compra de energía no convencional, su aplicación es irregular y limitada (ver Figura 8). La participación de áreas clave como Comercial, Técnica y Planeación es amplia, lo que evidencia un reconocimiento de la necesidad de colaboración multidisciplinaria; sin embargo, la integración con Alta Dirección y Jurídica todavía es parcial. Entre los principales obstáculos destacan la necesidad de

lineamientos normativos claros, limitaciones técnicas y desinterés institucional, factores que afectan directamente la eficiencia y trazabilidad del proceso.

Figura 8
Análisis dimensión proceso



La formalización del proceso se percibe como moderada a totalmente necesaria, priorizando criterios de cumplimiento regulatorio, transparencia y costo-beneficio. La evaluación de la eficiencia, si bien contempla metas de ahorro y confiabilidad, requiere mayor sistematización para asegurar continuidad y control.

Aplicando triangulación dentro del marco de un Sistema de Gestión Integral, se evidencia que un enfoque basado en procesos permite articular las fuerzas internas existentes con la necesidad estratégica de compra de energía. Esta metodología fortalece la coherencia entre áreas, facilita la toma de decisiones y permite medir resultados de manera objetiva. Para mejorar la dimensión proceso, se recomienda consolidar lineamientos formales, institucionalizar procedimientos y fortalecer la cultura de seguimiento y control, asegurando que la gestión comercial sea consistente, transparente y alineada con la estrategia corporativa.

El análisis de la dimensión riesgo revela que la organización enfrenta desafíos significativos en la gestión de la energía no convencional por autogeneración (ver Figura 9). El 60% de los encuestados percibe un alto impacto de los riesgos, mientras que solo un 40% considera que la preparación institucional es parcialmente adecuada, evidenciando una brecha en capacidad de respuesta. En cuanto a la identificación de riesgos, predominan los financieros y técnicos, seleccionados por más del 70% de los participantes, reflejando preocupación por fluctuaciones de precios y fallas operativas. Las acciones prioritarias sugieren una inclinación hacia políticas formales de gestión de riesgo y capacitación del personal, lo que coincide con la necesidad de sistematizar procesos según las regulaciones CREG 135 y 174. La triangulación de datos con los procesos regulatorios muestra que, si bien se estudian y analizan normas, su implementación práctica es parcial, limitando la capacidad de mitigación. En síntesis, establecer

una formalización del riesgo aparece como estratégico, integrando control financiero, técnico y regulatorio, fortaleciendo la sostenibilidad y resiliencia del negocio.

Figura 9
Análisis dimensión riesgo

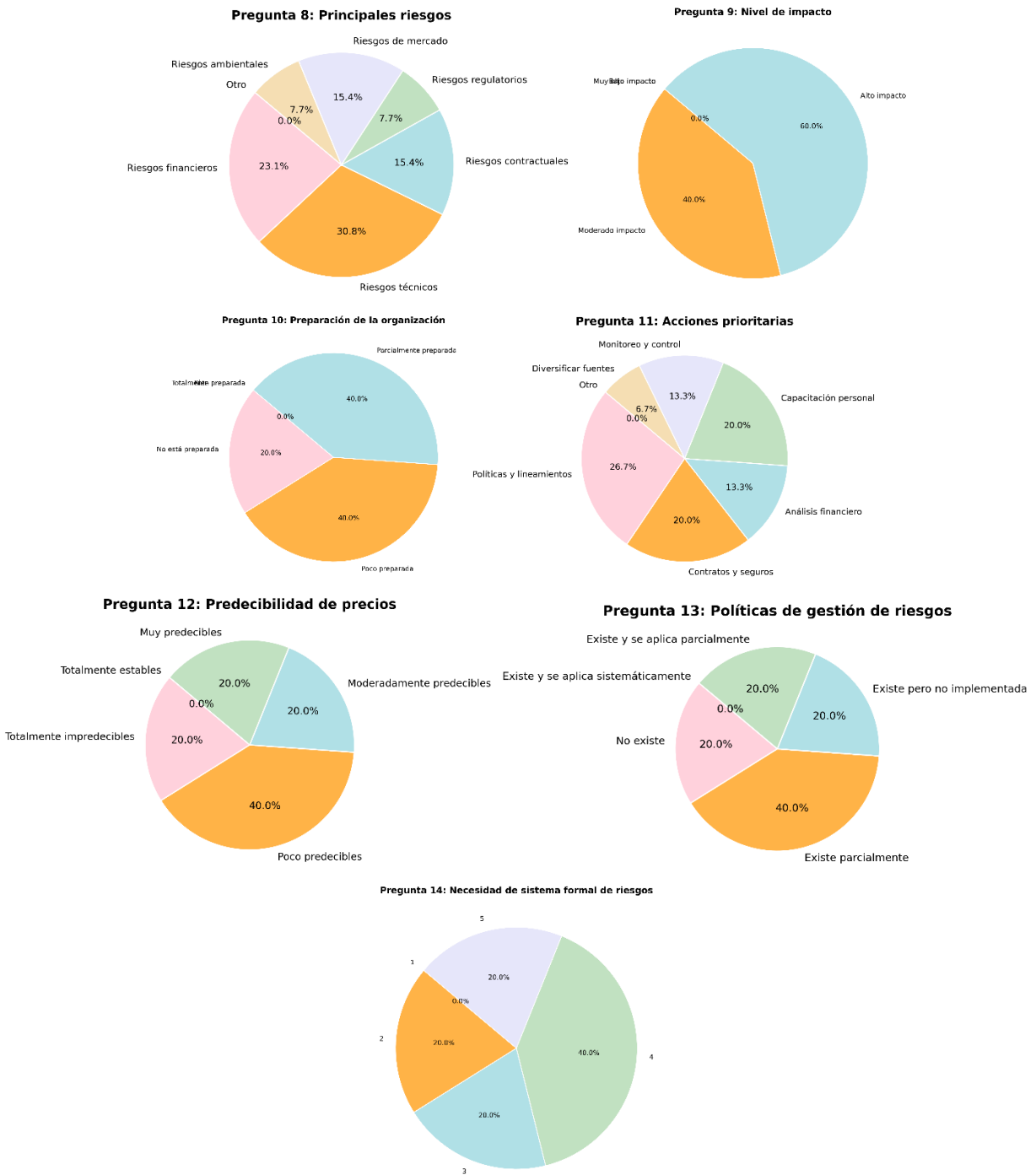
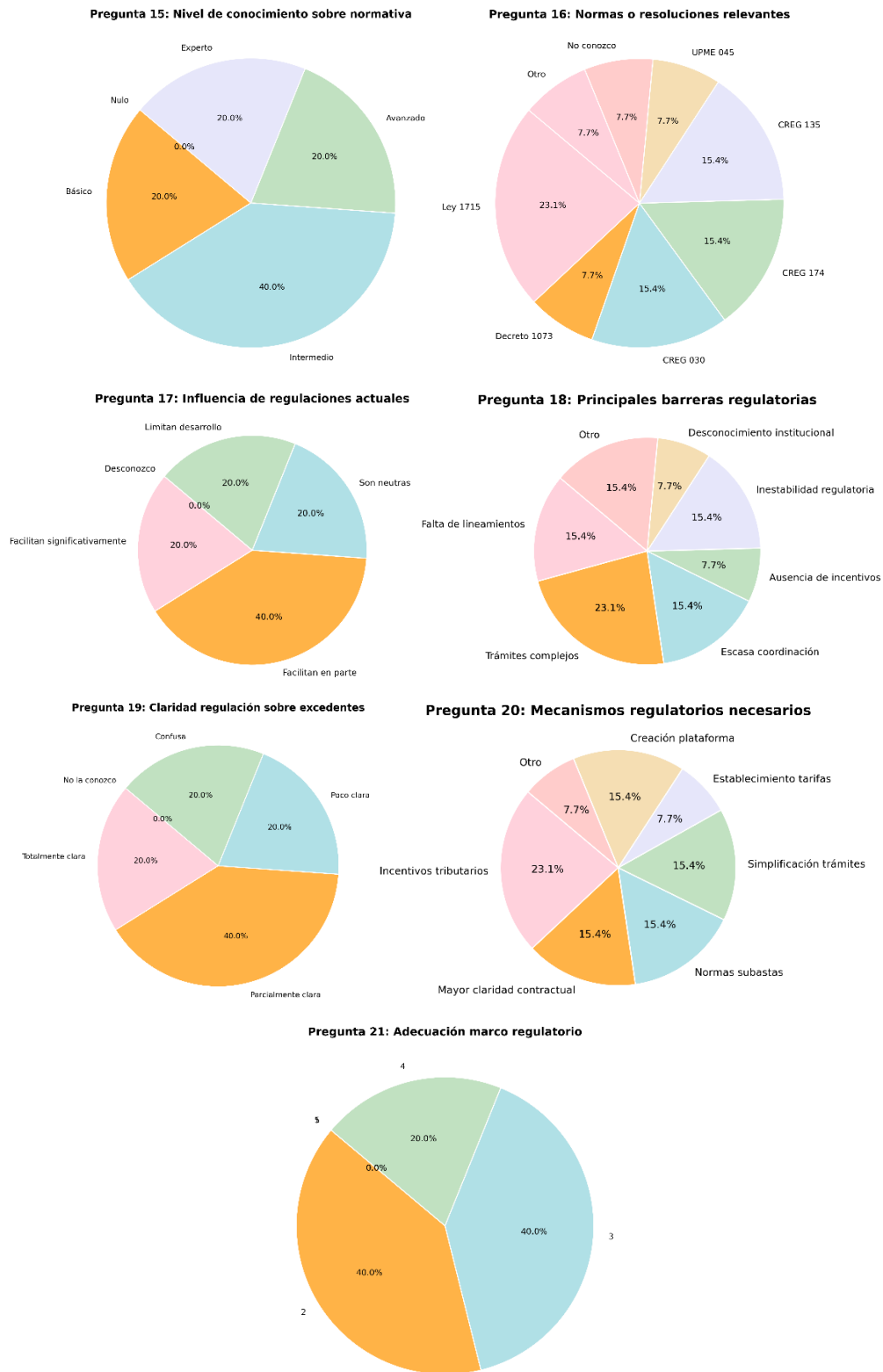


Figura 10
Análisis dimensión regulación



Se evidencia que el conocimiento sobre la normativa vigente es heterogéneo, predominando niveles intermedio y avanzado, lo que sugiere un entendimiento parcial de las obligaciones y oportunidades que presentan las resoluciones CREG 135 y 174 (ver Figura 10). La frecuencia de menciones a normas clave como la Ley 1715 y las resoluciones CREG refleja que los participantes reconocen los instrumentos regulatorios relevantes, aunque persiste un grado de desconocimiento sobre detalles específicos. Se identifican barreras regulatorias significativas, principalmente trámites complejos, falta de lineamientos claros y coordinación institucional insuficiente, que limitan la eficiencia en la compra y venta de energía autogenerada.

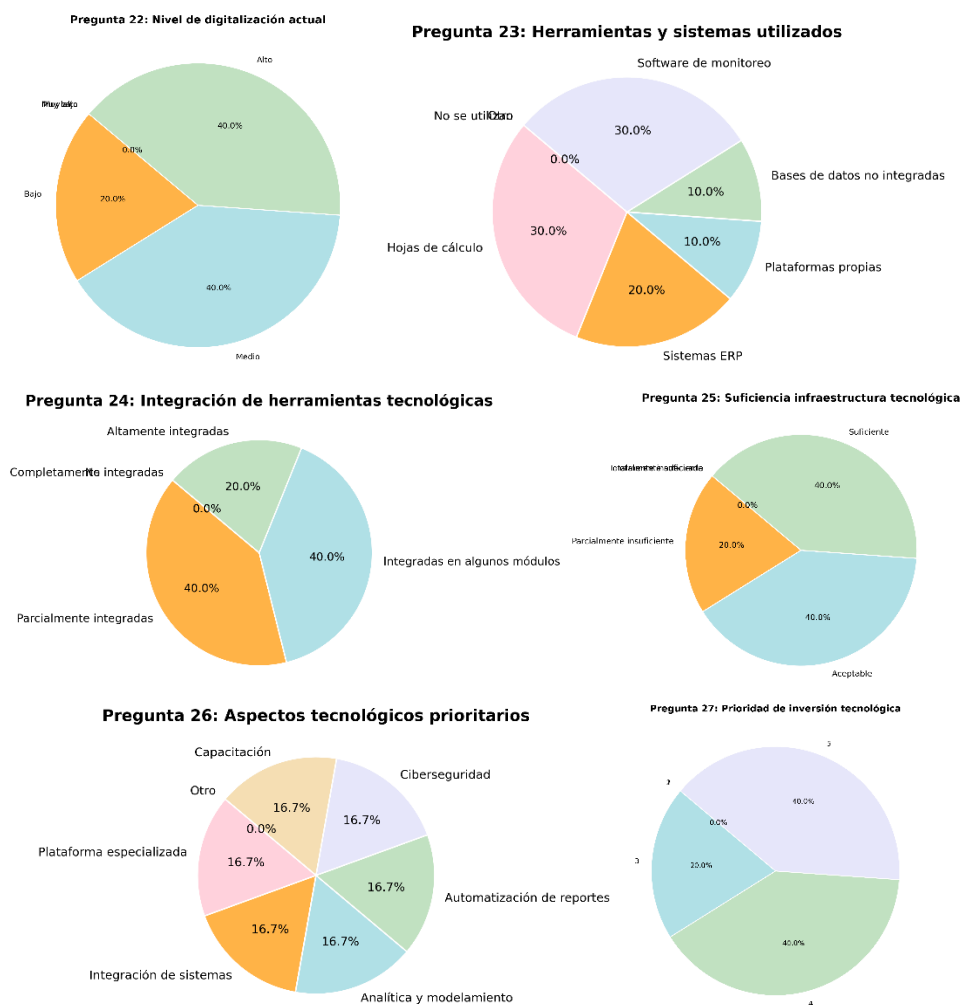
Desde la triangulación con procesos de regulación y riesgo, se evidencia que la implementación por procesos permitirá articular las fuerzas regulatorias, técnicas y financieras, mitigando riesgos contractuales, administrativos y económicos. La claridad parcial en el marco regulatorio indica la necesidad de simplificar procedimientos y establecer lineamientos más precisos para favorecer transacciones seguras y eficientes de energía no convencional.

La dimensión de Tecnologías de la Información (TI) evidencia un nivel de digitalización intermedio, con un 40% de los encuestados calificando los procesos como “Medio” y otro 40% como “Alto” (ver Figura 11). Las herramientas más utilizadas son hojas de cálculo y software de monitoreo, mientras que sistemas ERP y plataformas propias presentan menor adopción, reflejando una integración parcial de los procesos tecnológicos. En efecto, el 80% de las respuestas indican que las herramientas están solo parcialmente o parcialmente integradas, lo que sugiere oportunidades de fortalecer la conectividad entre áreas financieras, técnicas y comerciales. La infraestructura tecnológica se considera adecuada, pero con necesidad de mejoras, y los aspectos prioritarios incluyen analítica de datos, automatización y ciberseguridad. La triangulación con documentación y tendencias tecnológicas confirma que un enfoque basado

en procesos permitirá articular sistemas existentes con nuevas plataformas para optimizar la gestión estratégica de energía no convencional.

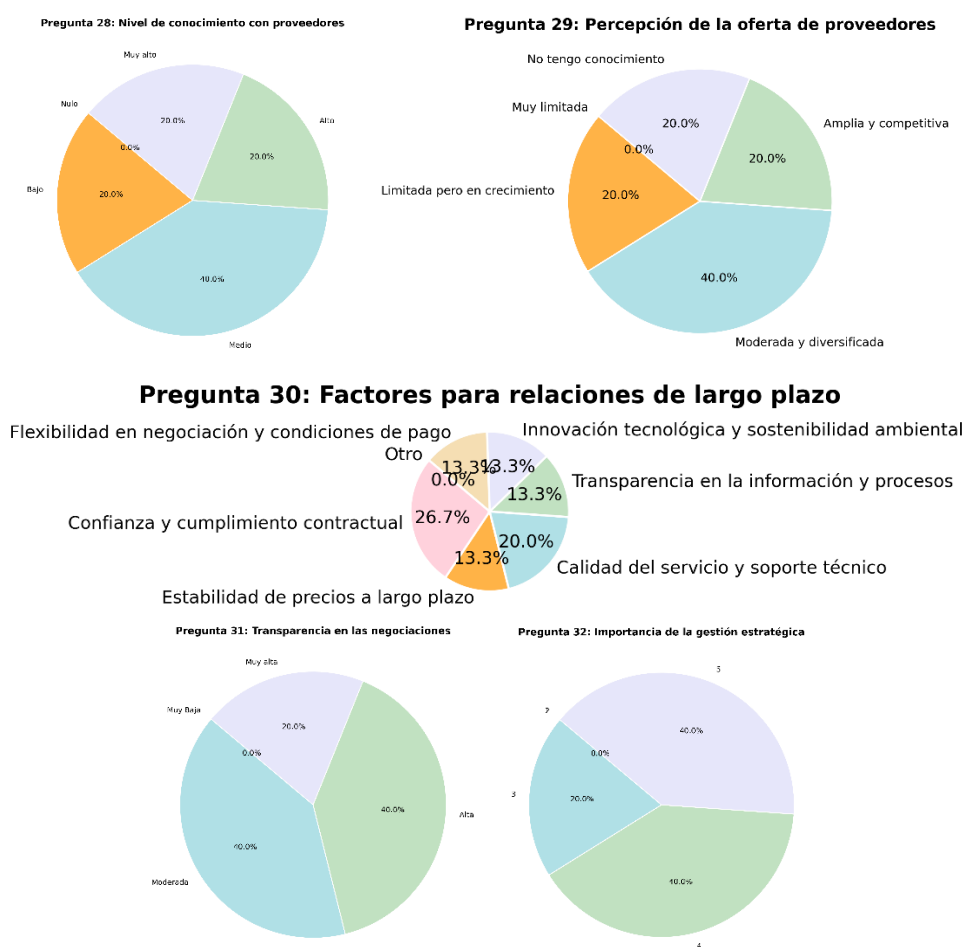
Analizando los resultados de la dimensión Proveedores en la gestión de energía no convencional para autogeneradores, se evidencia un nivel de conocimiento medio-alto sobre potenciales proveedores, aunque persisten oportunidades de consolidar relaciones estratégicas formales (ver Figura 12). La percepción del mercado revela que la oferta es moderada y diversificada, indicando posibilidades de ampliar alianzas competitivas. integración operativa, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de autogeneración.

Figura 11
Análisis dimensión tecnologías de la información (TI)



Los factores más valorados para relaciones de largo plazo incluyen confianza, calidad del servicio y cumplimiento contractual, reflejando la importancia de establecer vínculos sólidos y transparentes. La transparencia en negociaciones muestra un nivel moderado-alto, mientras que la gestión estratégica de proveedores es considerada altamente importante, lo que enfatiza su impacto directo en la eficiencia de la compra de energía. Triangulando estos resultados con los procesos internos, se observa que la capacidad tecnológica, la atención al cliente y la infraestructura para recepción de energía son elementos que deben articularse con la estrategia de proveedores, garantizando integración operativa, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de autogeneración.

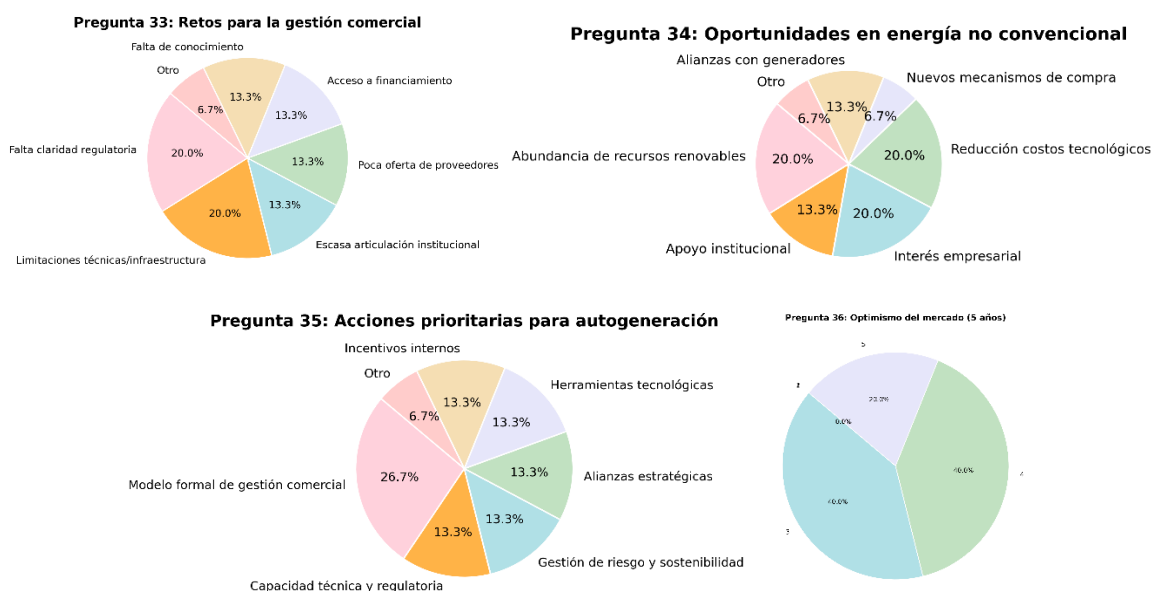
Figura 12
Análisis dimensión proveedores



Los resultados de la dimensión de cierre evidencian que el fortalecimiento de la gestión comercial de la energía no convencional para autogeneradores exige abordar retos estructurales que trascienden un solo proceso. En efecto, la falta de claridad regulatoria y las limitaciones técnicas se configuran como restricciones críticas que, al ser trianguladas con los procesos de regulación y TI, muestran la necesidad de lineamientos estables y herramientas tecnológicas robustas. Asimismo, la escasa articulación institucional y las dificultades de financiamiento revelan una interacción directa con riesgos, finanzas y atención al cliente, ya que impactan la confianza, la toma de decisiones y la percepción de valor del servicio.

Paralelamente, las oportunidades de abundancia de recursos, reducción de costos y creciente interés empresarial, fortalecen la proyección del mercado, siempre que se avance en modelos formales de gestión, alianzas estratégicas y capacidades internas. En conjunto, la triangulación sugiere un sistema donde los procesos deben integrarse para potenciar la autogeneración como ventaja competitiva regional.

Figura 13
Análisis dimensión de cierre



Los hallazgos coinciden con la literatura: Kowalska-Pyzalska, 2024, destacan que la adopción de energías no convencionales avanza con lentitud cuando existen vacíos normativos, baja articulación institucional y limitada capacidad técnica. Del mismo modo, Yu et al., 2022, evidencia que la formalización de procesos y la gestión del riesgo son determinantes para garantizar eficiencia y trazabilidad en mercados regulados. Asimismo, se reconoce que el éxito de la autogeneración depende de marcos regulatorios claros, sistemas de información integrados y relaciones sólidas con proveedores. La evidencia también respalda que la digitalización y la capacitación fortalecen la resiliencia organizacional, mientras que la falta de lineamientos y coordinación limita la implementación práctica de políticas energéticas, reduciendo su impacto estratégico.

5.7. Análisis Causa-Efecto

La CREG 174 de 2021 La desactualización en los procesos de gestión interna y la falta de armonización de las herramientas tecnológicas son los factores clave dentro de la categoría tecnología y procesos (ver Figura 14). La transición hacia la energía no convencional requiere de sistemas tecnológicos modernos y adecuados que permitan integrar eficientemente las diversas fuentes de energía, optimizando su uso y monitoreo. La falta de actualización en los procesos puede ocasionar retrasos y reducir la capacidad de respuesta ante las nuevas demandas del sector energético.

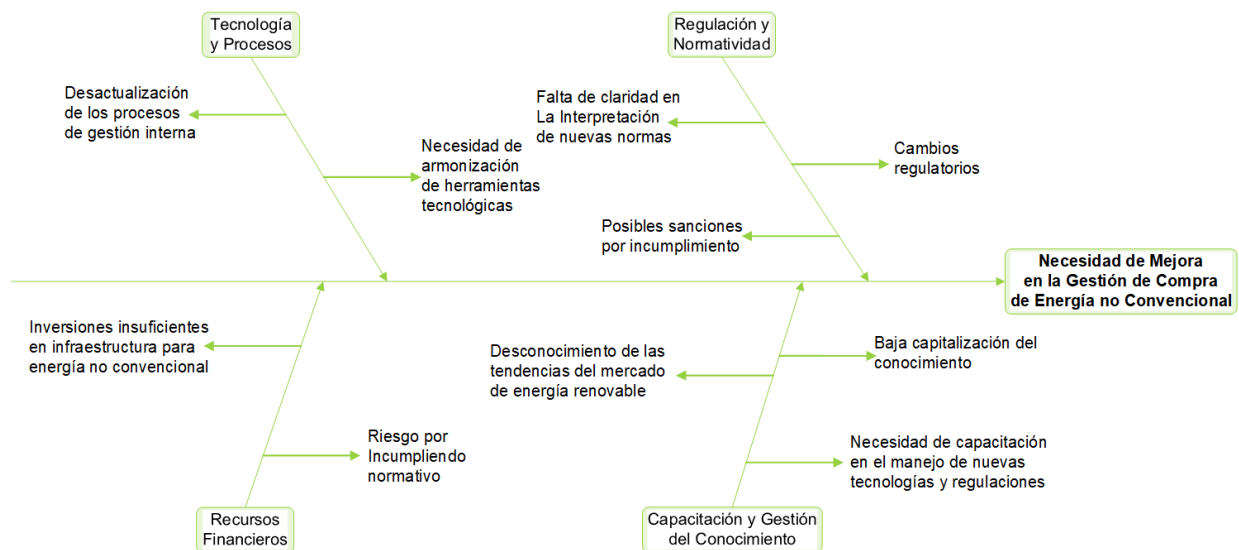
De la misma manera, los cambios regulatorios y la falta de claridad en la interpretación de nuevas normas son barreras significativas. El sector de la energía, en especial el de fuentes no convencionales, está altamente regulado, susceptible a transformaciones en las políticas gubernamentales. Estas variaciones, si no se gestionan adecuadamente, pueden derivar en sanciones regulatorias. La falta de previsión en el cumplimiento normativo también puede

afectar la capacidad de la organización para operar dentro de los marcos legales establecidos (Tooki & Popoola, 2024).

Por otra parte, las inversiones insuficientes en infraestructura para la energía no convencional y el riesgo por incumplir con la normatividad son aspectos financieros fundamentales que menoscaban la capacidad de compra de energía no convencional. Las organizaciones requieren no solo la inversión inicial en infraestructura, es decir, se requieren de recursos continuos para adaptar sus sistemas a las exigencias del mercado energético. El no contar con los recursos suficientes puede inducir a una dependencia excesiva en energías convencionales, reduciendo la competitividad de la empresa (Villar & Mello, 2025).

Figura 14

Diagrama causa-efecto, gestión de compra de energía no convencional



Pues bien, la insuficiencia de inversión puede acarrear una baja capitalización del conocimiento y aumento en la necesidad de capacitación en el manejo de nuevas tecnologías y regulaciones. Aspectos del recurso humano que limitan el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece la energía no convencional. Por ende, las empresas deben invertir en la formación de su personal para garantizar que cuenten con las habilidades necesarias a fin de dar cabalmente

manejo a las complejidades del mercado energético actual. Además, el desconocimiento de las tendencias de la energía renovable limita la capacidad de las empresas para tomar decisiones informadas y aprovechar los beneficios económicos y ambientales de la transición energética (Olabi et al., 2023).

El diagrama de la Figura 14 evidencia la interrelación entre múltiples factores que impactan la gestión de compra de energía no convencional. Entre los elementos más notables es la interdependencia entre la tecnología y la regulación. En este caso, la falta de actualización tecnológica no solo genera necesidades operativas, también complica el cumplimiento de nuevas normativas que exigen el uso de sistemas avanzados de medición y monitoreo. Como se señala en la literatura, la inversión en tecnologías energéticas administrativas innovadoras se está convirtiendo en un requisito indispensable para mantenerse competitivo en el sector energético (Tooki & Popoola, 2024).

Por otro lado, la dimensión financiera actúa como un obstáculo transversal, debido a la falta de inversión en infraestructura y la exposición a riesgos regulatorios imponen una carga financiera considerable sobre la organización. Lo que significa que la transición hacia un modelo de energía renovable requiere de capital inicial y de la capacidad de mitigar los riesgos regulatorios y aprovechar los incentivos fiscales disponibles en muchos países para promover la adopción de energías limpias (Yu et al., 2022).

En síntesis, es relevante resaltar la importancia de la gestión del conocimiento en la transición energética. La baja capitalización del conocimiento y la falta de capacitación especializada limitan la capacidad de las organizaciones para implementar estrategias de optimización y aprovechamiento de las energías no convencionales. Se comprende así que la formación continua es crucial para garantizar que el personal esté equipado para afrontar los

retos de la transición energética, especialmente en mercados que están experimentando cambios rápidos y profundos (Olabi et al., 2023).

5.7.1. Análisis DOFA

El análisis de la información sobre el entorno interno y externo relacionado con el proceso de compra de energía no convencional ha dado como resultado consolidado lo presentado en la Figura 15. En el contexto del dinámico sector energético, la empresa se destaca por su sólida trayectoria en la gestión y comercialización de energía, con una capacidad comprobada para integrar modelos de adquisición de energía renovable. Desde esta perspectiva, se alinea a un compromiso inquebrantable hacia la sostenibilidad y los estándares Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG), fortaleciendo su posición competitiva frente a las crecientes exigencias normativas. Lo que es coherente al capital humano altamente capacitado constituye un pilar fundamental para enfrentar los retos técnicos, sociales y ambientales de manera integral.

No obstante, las amenazas regulatorias, caracterizadas por la imprevisibilidad en la actualización de normativas y la fluctuación en las fórmulas tarifarias, plantean desafíos significativos que pueden comprometer la estabilidad financiera. Las debilidades estructurales, tales como la necesidad de optimizar la infraestructura para la gestión de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y mejorar la formación del personal, requieren atención prioritaria para maximizar la eficiencia operativa.

En contraste, las oportunidades son igualmente notables. El auge en la demanda de energía renovable y el potencial regional para desarrollar proyectos energéticos posicionan a la empresa en un escenario favorable para diversificar su portafolio y establecerse como un actor clave en la transición energética. El avance tecnológico y la digitalización ofrecen además herramientas cruciales para optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones, consolidando

una propuesta de valor que puede potenciar el crecimiento sostenible y la resiliencia organizacional.

Figura 15

Análisis DOFA - gestión de compras de energía renovable

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> -Necesidad de mejora en la infraestructura para la gestión eficiente de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) completamente adaptables. - Necesidad de incrementar la formación del personal en energías renovables para capitalizar de manera efectiva el conocimiento en FNCER y enfrentar los desafíos del mercado energético. -Necesidad de agilizar y aumentar eficiencia en los procesos de compra de energía renovable a fin de mejorar la centralidad en el cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la demanda de energía renovable en el país, con iniciativas como las comunidades energéticas que permiten diversificar el portafolio de comercialización y aumentar la penetración en nuevos mercados. -Fortalecimiento en innovación tecnológica y digitalización, lo que brinda herramientas avanzadas para una toma de decisiones más informada y la optimización de los procesos operativos. - Potencial significativo en la región para el desarrollo de proyectos de energías renovables, donde CENS puede posicionarse como promotor clave o socio estratégico, contribuyendo al crecimiento sostenible del sector.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> -Experiencia en el sector de gestión y comercialización de energía para incorporar nuevos modelos de compra de energía renovable. -Compromiso con la sostenibilidad y transición energética bajo estándares de Grupo en informes Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG), de Sostenibilidad y otros, lo cual asegura la alineación con normativas vigentes. - Capital humano con capacidades distintivas y conocimientos especializados en áreas técnicas, sociales y ambientales, lo que garantiza una gestión integral y adaptativa frente a los retos del sector energético. 	<ul style="list-style-type: none"> -Actualización regulatoria impredecible de acuerdo con la adopción de restricciones y normalización de requerimientos a los prestadores de servicios energéticos. - Revisión y modificación de las fórmulas tarifarias, influenciada por medidas económicas cambiantes, lo que puede impactar la sostenibilidad financiera de la empresa.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se presenta el marco de estrategias que se plantea para mitigar las debilidades y enfrentar las amenazas detectadas.

Estrategias DO (Debilidades-Oportunidades): Agilizar los procesos de compra de energía renovable mediante la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas para aumentar la eficiencia operativa y adaptabilidad de la infraestructura a la creciente demanda de energía renovable en el país.

Analizar programas de formación continua en energías renovables, alineados con las crecientes oportunidades en proyectos de comunidades energéticas y otros desarrollos regionales.

Estrategias FA (Fortalezas-Amenazas): Implementar un sistema de monitoreo continuo de las normativas energéticas y adaptar los modelos de negocio a las restricciones regulatorias para mitigar riesgos y asegurar el cumplimiento.

Estrategias FO (Fortalezas-Oportunidades): Fortalecer la oferta de servicios de tecnología renovable como socio estratégico clave en proyectos de gran envergadura, capturando el creciente mercado de energías limpias.

Implementar un programa para el desarrollo y/o fortalecimiento de los procesos de comercialización a través de la incorporación de nuevos modelos de compra de energía renovable, respondiendo a la creciente demanda y al desarrollo de comunidades energéticas.

Potenciar las capacidades organizacionales para desarrollar soluciones innovadoras que respondan a los retos derivados de la Transición Energética y las tendencias del sector eléctrico.

Estrategias DA (Debilidades-Amenazas): Identificar la infraestructura necesaria para la gestión de FNCER y agilizar los procesos de compra para hacerlos más eficientes y flexibles, de modo que la empresa pueda adaptarse rápidamente a cambios regulatorios inesperados y a nuevas exigencias tarifarias.

Desarrollar un plan de integración a tecnologías avanzadas que faciliten el cumplimiento normativo, reduciendo la vulnerabilidad frente a cambios regulatorios y económicos que puedan impactar la sostenibilidad operativa.

5.8. Alternativas de Gestión Tecnológico y Administrativas

5.8.1. Análisis de Tendencias

Se realiza revisión bibliográfica teniendo en cuenta como criterios de búsqueda referencias no mayores a tres años y utilización de los operadores booleanos AND y OR para las palabras claves tendencias, gestión de compras, energía. Luego de seleccionar los autores más relevantes y de impacto en nuestra investigación se consolidan las alternativas que se aprecian en la Figura 16.

La gestión de compras de energía contemporánea se caracteriza por una convergencia de tecnologías emergentes y prioridades estratégicas que buscan optimizar procesos críticos (Villar & Mello, 2025). La transformación digital, impulsada por plataformas de automatización, ha permitido una mayor eficiencia en la identificación de proveedores y la reducción de costos operativos.

Además, la sostenibilidad y la responsabilidad social han cobrado relevancia, fomentando la integración de prácticas éticas y el uso de herramientas de trazabilidad en las cadenas de suministro. Por su parte, el análisis de datos predictivo ha emergido como una herramienta crucial para anticipar demandas y mitigar riesgos, asegurando decisiones más informadas (Tooki & Popoola, 2024). Y, por último, la gestión estratégica de relaciones con proveedores fomenta la innovación y la creación de valor a largo plazo, consolidando la relevancia de una colaboración más estrecha y tecnológica.

Figura 16
Análisis de tendencias

TENDENCIA	DESCRIPCIÓN	TECNOLOGÍA	REFERENCIA
Transformación digital	La digitalización de procesos como la identificación de proveedores y pagos aumenta la eficiencia y reduce costos, mejorando la toma de decisiones.	Plataformas de automatización y digitalización.	Monczka et al., (2022)
Gestión de relaciones con proveedores	La colaboración estrecha con proveedores es clave para la innovación, la eficiencia y la creación de valor a largo plazo.	Sistemas de gestión de relaciones y colaboración entre proveedores.	Handfield & Nichols, (2023)
Sostenibilidad y responsabilidad social	Los compradores buscan integrar prácticas sostenibles y éticas, garantizando la trazabilidad y el cumplimiento social y ambiental en sus procesos.	Herramientas de auditoría y seguimiento de sostenibilidad en la cadena de suministro.	Oelze et al., (2018)
Análisis de datos y predicción	La capacidad de usar análisis predictivo ayuda a anticipar demandas y mitigar riesgos en la cadena de suministro, mejorando la planificación.	Big data, inteligencia artificial (IA) y análisis predictivo.	Ivanov & Dolgui (2022)
Reducción de costos responsable	El uso de tecnologías predictivas permite reducir costos sin comprometer la calidad o la sostenibilidad en la cadena de suministro.	Plataformas de optimización de costos mediante datos y predicciones.	Guida et al., (2023)

5.8.2. Definición de Criterios de Priorización

Con lo anterior en mente, se procede a primar las tendencias para el proceso de compra de energía no convencional en CENS S.A E.S.P., haciendo uso de la herramienta de priorización de criterios por el proceso de jerarquía analítica (AHP).

En disposición de la literatura se han seleccionado como enfoques las tendencias tecnológico y administrativas identificadas en el apartado anterior, por este motivo surge la siguiente pregunta de priorización: ¿Cuáles tendencias se han de implementar en orden cronológico? En la Figura 20, se pueden ver los resultados de la matriz de priorización una vez efectuada la priorización conforme a los valores propuestos previamente. Posteriormente, según la metodología del autor (López, 2018), se selecciona el orden de priorización en consecuencia al valor mayor hasta el menor (Ver Figura 17 y 18).

Figura 17
Criterios priorización

RESPUESTAS	VALOR
Igualmente, importante	1
Significativamente importante	5
Excesivamente más importante	10
Significativamente menos importante	1/5
Excesivamente menos importante	1/10

En la Figura 18, correspondiente a la Matriz de Evaluación de Tendencias según los Criterios AHP, se presentan los resultados derivados del estudio de diagnóstico y del análisis de tendencias previamente identificado. Esta matriz constituye el insumo principal a partir del cual los evaluadores realizaron la valoración de cada tendencia, considerando los criterios establecidos y permitiendo así la construcción de la matriz de resultados finales. Cabe resaltar que la evaluación se llevó a cabo en una única sesión conjunta de discusión, en la cual los cinco participantes principales del proceso de compras de energía de la compañía seleccionaron de

manera consensuada un valor numérico para cada comparación, conforme a los parámetros establecidos en la Figura 17.

Por otra parte, se tienen los criterios de impacto KPI's donde se evalúa el efecto que cada tendencia puede generar sobre los indicadores clave de desempeño del proceso de compra y gestión de energía no convencional. Entre las principales métricas consideradas se encuentran la eficiencia operacional, la trazabilidad de los procesos, el cumplimiento de metas energéticas, la precisión en la estimación de la demanda y la eficiencia financiera. Un mayor impacto refleja una contribución significativa a la mejora del desempeño institucional.

Figura 18

Matriz de evaluación por criterios AHP

Tendencia	Costo aproximado (COP)	Impacto en KPI's	Cumplimiento	Riesgo	Madurez TI requerida
Transformación digital	≈ 80 M – 250 M COP	Alto	Medio	Medio	Alto
Gestión de relaciones con proveedores (SRM)	≈ 50 M – 150 M COP	Alto	Alto	Bajo–Medio	Medio
Sostenibilidad y responsabilidad social	≈ 30 M – 80 M COP	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Análisis de datos y predicción	≈ 60 M – 180 M COP	Muy alto	Medio–Alto	Medio	Alto
Reducción de costos responsable	≈ 20 M – 60 M COP	Medio	Medio	Bajo	Bajo–Medio

En cuanto al cumplimiento este valora el grado en que cada tendencia contribuye al cumplimiento de las regulaciones del sector, particularmente las emitidas por la CREG, así como los requisitos del mercado eléctrico y las normas ambientales y de sostenibilidad. Asimismo, considera la conformidad con los estándares internos de calidad y gobernanza corporativa. Este criterio es fundamental en contextos altamente regulados como el energético.

De igual manera, el riesgo incluye la identificación y evaluación de los riesgos asociados a la implementación de cada tendencia. Estos riesgos pueden ser operativos, tecnológicos, financieros, regulatorios o relacionados con la resistencia al cambio organizacional. La valoración del criterio permite anticipar posibles barreras o vulnerabilidades y facilita la toma de decisiones más seguras y estratégicas.

La madurez tecnológica analiza el nivel de desarrollo tecnológico necesario para adoptar cada tendencia, considerando la capacidad de integración de sistemas, el grado de automatización disponible, la calidad de los procesos analíticos, la robustez de la infraestructura tecnológica y las competencias digitales del talento humano. Este criterio permite determinar la preparación institucional y los recursos tecnológicos indispensables para una implementación efectiva.

5.8.3. Priorización de Tendencias

Se concluye que en primer lugar se deben establecer estrategias enmarcadas en la implementación de tendencias tecnológico y administrativas en orden de importancia mayor a menor así: Sostenibilidad y responsabilidad social, Transformación digital, Análisis de datos y predicción, Gestión de relaciones con proveedores, Reducción de costos responsable.

Ahora bien, Sea la matriz A donde cada a_{ij} expresa la preferencia del criterio i sobre j ; la diagonal es 1 y $a_{ji} = 1/a_{ij}$, siendo A la comparación pareada en la evaluación según la definición de una única mesa de trabajo y sesión consensuada.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 5 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0,2 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 2. *Matriz de comparaciones pareadas*

Se calculan los eigenvalores y eigenvectores de A , a partir de constituir la matriz recíproca según estimación AHP. El valor propio máximo λ_{\max} es el eigenvalor con mayor parte

real; su eigenvector asociado, normalizado a suma 1, da el vector de pesos. Para la matriz de investigación λ_{\max} es igual a 5,42, con un vector normalizado de [0,1990; 0,0356; 0,5497; 0,1662; 0,0495]. Es decir, los pesos resultantes aproximadamente para los 5 criterios serían 19,90%, 3,56%, 54,97%, 16,62% y 4,95%, respectivamente.

El vector de prioridades indica que, según la matriz recíproca, Sostenibilidad y responsabilidad social concentra la mayor relevancia entorno al 55%, seguida por Transformación digital aproximadamente el 20% y Análisis de datos y predicción en el 17 %. Gestión de proveedores y Reducción de costos responsable resultan con pesos menores <5% cada una (ver Ecuación 3).

La Razón de Consistencia igual 0,0938 es menor que 0,10, por lo que la matriz puede considerarse aceptablemente consistente según la regla de Saaty (ver Ecuación 5). Esto otorga validez metodológica al vector de prioridades calculado.

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0,10509$$

Ecuación 3. Índice de consistencia

$$RI (n = 5) = 1,12$$

Ecuación 4. Índice aleatorio

$$CR = \frac{IC}{RI} = 0,0938$$

Ecuación 5. Coeficiente de consistencia

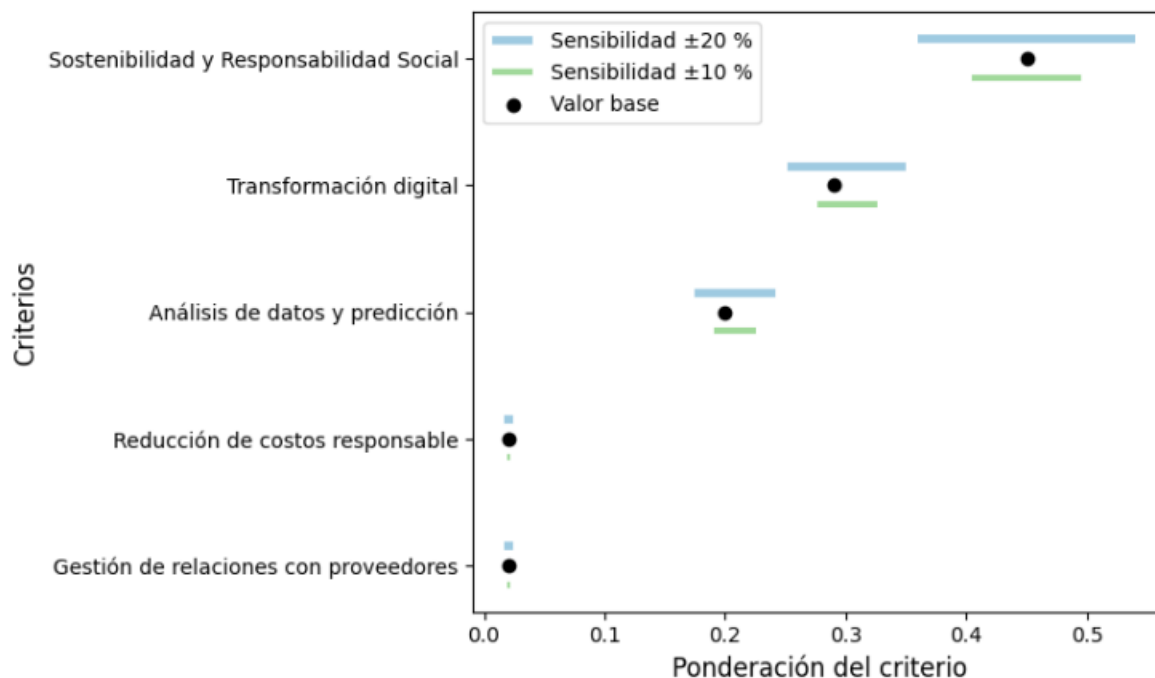
Figura 19
Valoración de los criterios de priorización

Criterios	Transformación digital	Gestión de relaciones con proveedores	Sostenibilidad y responsabilidad social	Análisis de datos y predicción	Reducción de costos responsable	Sumatoria	Ponderación
Transformación digital		10	1/5	1	5	16,2	0,29
Gestión de relaciones con proveedores	1/10		1/10	1/5	1	1,4	0,02
Sostenibilidad y responsabilidad social	5	10		5	5	25	0,45
Análisis de datos y predicción	1	5	1/5		5	11,2	0,20
Reducción de costos responsable	1/5	1	1/5	1/5		1,6	0,02
Total						55,4	1,00

Figura 20*Matriz de priorización de criterios*

CRITERIOS	PONDERACIÓN	ORDEN
Transformación digital	0,29	2
Gestión de relaciones con proveedores	0,02	4
Sostenibilidad y responsabilidad social	0,45	1
Análisis de datos y predicción	0,20	3
Reducción de costos responsable	0,02	5

El análisis de sensibilidad de la Figura 21 revela una arquitectura decisional robusta. En esta línea, la Sostenibilidad y Responsabilidad Social conserva primacía aún bajo perturbaciones del $\pm 20\%$, lo que denota resiliencia estratégica. No obstante, al erosionarse su peso, emerge con vigor la Transformación digital y el Análisis de datos, configurando un desplazamiento gradual del eje normativo hacia uno tecno-analítico. Así, por analogía la priorización no colapsa, por ende, se reequilibra, evidenciando una jerarquía estable pero dialécticamente adaptable.

Figura 21*Análisis de sensibilidad*

5.8.4. Análisis de Riesgos

En el marco del análisis de tendencias, se presenta una herramienta cuantitativa para evaluar los riesgos percibidos en la gestión de compra de energía renovable, lo cual es coherente con las actividades coyunturales que conforman el mapa de prioridades. En el desarrollo de este análisis, se consideraron las matrices de gestión correspondientes, junto con su respectivo nivel de riesgo (ver Figuras 22 y 23).

Figura 22

Nivel del riesgo cualitativo

CENS S.A E.S.P.		Consecuencia				
Probabilidad		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
Muy Alta		Tolerable	Tolerable	Alto	Extremo	Extremo
Alta		Aceptable	Tolerable	Alto	Extremo	Extremo
Media		Aceptable	Tolerable	Tolerable	Alto	Extremo
Baja		Aceptable	Aceptable	Tolerable	Alto	Extremo
Muy Baja		Aceptable	Aceptable	Aceptable	Tolerable	Alto

Las tendencias de Sostenibilidad y Reducción de Costos, aunque menos críticas en comparación, aún deben ser monitoreadas y gestionadas para evitar que los riesgos se escalen (Jamatutu et al., 2025). Los planes estratégicos a largo plazo deben alinearse con estos temas para lograr una reducción de riesgos eficiente (Ver Figura 24).

Figura 23

Nivel del riesgo cualitativo

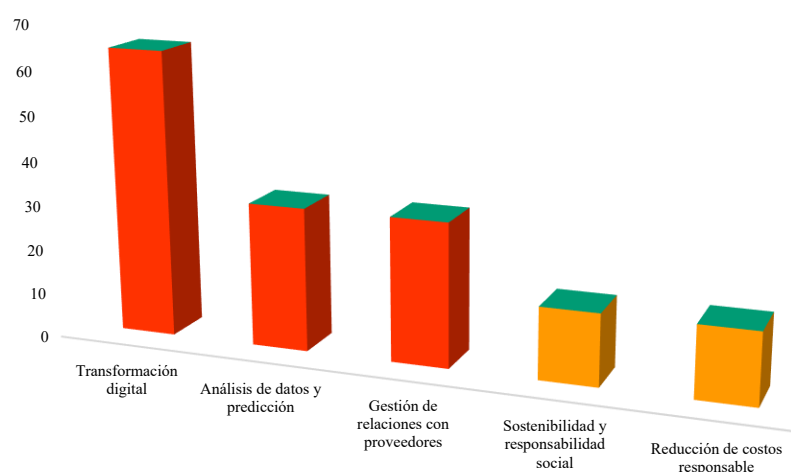
CENS S.A E.S.P.		Consecuencia				
Probabilidad		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
Muy Alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy Baja	1	1	2	4	8	16

A partir de lo mencionado previamente podemos aludir que la digitalización impacta múltiples áreas del negocio, desde la eficiencia operativa hasta la competitividad en el mercado (Cheng et al., 2025). Dado el nivel de riesgo, es crucial implementar planes de contingencia,

como asegurar la integridad de los sistemas digitales y garantizar la formación adecuada del personal para minimizar interrupciones y vulnerabilidades de ciberseguridad.

Igualmente, la organización depende de datos para predecir tendencias y comportamientos de mercado que aseguren la infraestructura de los datos para que estén seguros y actualizados. El enfoque en la protección de datos y la calidad de la información es vital para reducir los riesgos (Hayibo et al., 2025).

Figura 24
Nivel del riesgo cualitativo



Aunque la gestión de relación con proveedores puede estimarse como un riesgo extremo lo que indica que cualquier interrupción en la relación con los proveedores puede tener consecuencias severas el correcto proceso de gestión de compra de energía renovable. Por tanto, es recomendable diversificar las actividades, establecer contratos claros y desarrollar planes de contingencia para garantizar la continuidad en el pago de excedentes (Bhatt et al., 2024).

Con relación a la sostenibilidad y la responsabilidad social se puede decir que son áreas clave que afectan la reputación corporativa y el cumplimiento normativo (Basri et al., 2025). A pesar de que el nivel de riesgo es alto, las consecuencias son moderadas. El proceso de compras

de energía alternativa debe enfocarse en cumplir con los estándares ambientales y sociales, no solo para evitar sanciones, sino también para mejorar la percepción de los consumidores y crear valor a largo plazo.

La reducción de costos de manera responsable es importante para mantener la rentabilidad, pero sin comprometer la calidad o la sostenibilidad. Es importante que las iniciativas de reducción de costos no afecten negativamente la calidad del servicio o la satisfacción del cliente, lo que podría desencadenar problemas a largo plazo (Grima et al., 2025).

Figura 25
Nivel del riesgo cualitativo

Rank	Riesgo estratégico	Nivel de riesgo	Propietario	Respuesta	KPI
1	Fallas en la integración y seguridad de sistemas digitales (ciberseguridad y datos)	Extremo (Prob. Alta – Conseq. Máxima)	Tecnologías de la Información (TI)	Mitigar: fortalecer ciberseguridad, implementar controles de acceso, respaldo de información y capacitación continua al personal.	<ul style="list-style-type: none"> • % de sistemas críticos con controles de seguridad implementados ($\geq 95\%$) • Número de incidentes de seguridad por año (≤ 1).
2	Baja calidad y confiabilidad de los datos para análisis y predicción	Alto (Prob. Media – Conseq. Máxima)	Planeación / Analítica de Datos	Mitigar: estandarizar fuentes de datos, implementar gobierno de datos y validaciones automáticas de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de calidad de datos ($\geq 90\%$) • Error promedio en previsiones de demanda ($\leq 15\%$).
3	Dependencia crítica de proveedores de energía autogenerada	Extremo (Prob. Alta – Conseq. Mayor)	Gestión Comercial / Abastecimiento	Mitigar: diversificar proveedores, formalizar contratos, establecer planes de contingencia y cláusulas de continuidad.	<ul style="list-style-type: none"> • % de energía comprada a proveedores alternos ($\geq 30\%$) • Número de interrupciones por proveedor/año (≤ 1).
4	Incumplimiento regulatorio por interpretación parcial de normas (CREG 135 y 174)	Alto (Prob. Media – Conseq. Mayor)	Jurídica / Regulación	Mitigar: actualización normativa permanente, procedimientos formales y auditorías internas de cumplimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • % de procesos auditados con cumplimiento regulatorio (100%) • Número de sanciones o requerimientos regulatorios (0).
5	Reducción de costos que afecta calidad del servicio o sostenibilidad	Alto (Prob. Media – Conseq. Moderada)	Financiera / Gestión Estratégica	Aceptar–Mitigar: aplicar análisis costo-beneficio, priorizar eficiencia sin comprometer calidad ni sostenibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro operativo anual (%) $\geq 5\%$ • Índice de satisfacción del cliente ($\geq 90\%$).

El Top-5 de riesgos priorizados revela una arquitectura de vulnerabilidades donde la tecnología, la información y la gobernanza convergen como ejes críticos de la gestión comercial energética (ver Figura 25). La fragilidad cibernética y la integración deficitaria de sistemas configuran un riesgo extremo, no solo por su potencial disruptivo, sino por su capacidad de erosionar la trazabilidad decisional y la confianza organizacional, tal como advierte la literatura sobre mercados energéticos digitalizados. En un segundo plano, la calidad de los datos opera

como un activo estratégico sub capitalizado; su inconsistencia amplifica la entropía analítica y debilita la anticipación de escenarios comerciales. La dependencia de proveedores introduce un riesgo sistémico de carácter relacional, donde la discontinuidad contractual puede traducirse en fallas operativas y financieras. A su vez, el cumplimiento regulatorio emerge como un riesgo latente, condicionado por la complejidad normativa y la asimetría interpretativa. Por último, la reducción de costos plantea una tensión gerencial entre eficiencia y valor, cuya mala praxis podría comprometer sostenibilidad y reputación corporativa.

5.9. Alternativas de Solución

5.9.1. Modelo de Gestión

En la Figura 26 y 27 se presenta una propuesta de fortalecimiento que integra la dimensión empresarial de la transformación digital, enfocada en potenciar las características de adaptabilidad, participación, liderazgo, innovación, cambio, agilidad y cooperación dentro del proceso de transacción de energía.

Figura 26

Modelo de gestión para la compra de energía no convencional

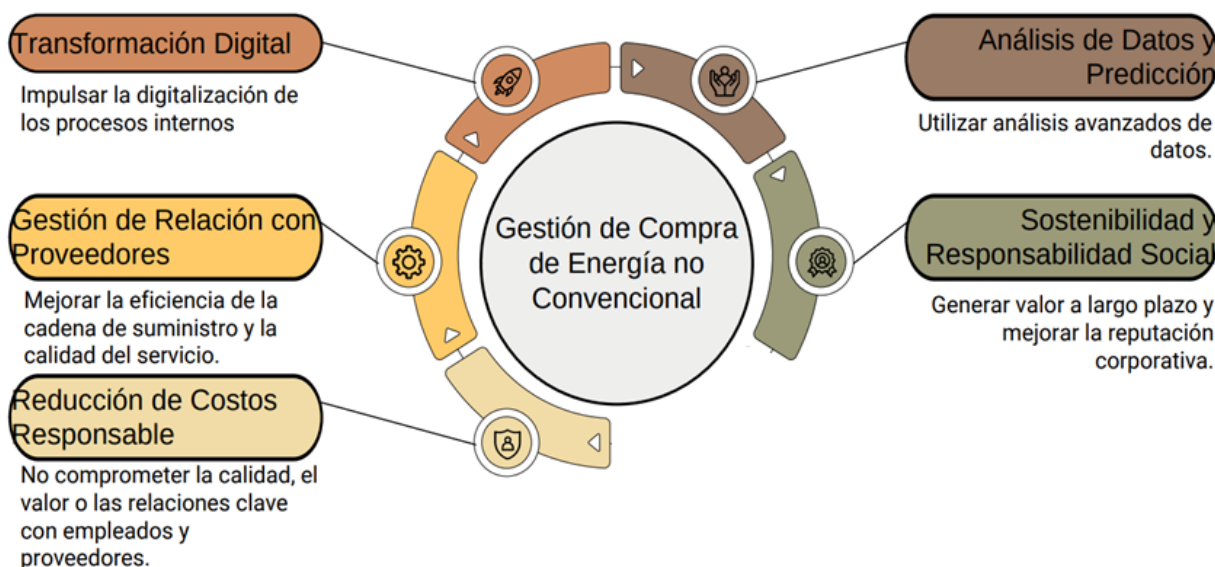
Enfoque de eficiencia y Optimización	Objetivo	Estrategias	Línea base	Indicadores de éxito
Transformación Digital (30%)	Impulsar la digitalización de los procesos internos de la compra de energía renovable para mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones.	<p>Automatización de procesos: Implementar sistemas de automatización (RPA - Robotic Process Automation) para tareas repetitivas, lo que permite reducir tiempos y errores humanos.</p> <p>Plataformas colaborativas: Utilizar herramientas digitales (como Microsoft Teams) que faciliten la comunicación con los proveedores optimizando la colaboración en tiempo real.</p> <p>Integración de sistemas: Adoptar tecnologías de integración de datos (API's, middleware) que conecten diferentes sistemas y bases de datos, eliminando silos de información.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 40% de los procesos digitalizados. • 80% de las herramientas parcialmente integradas. • 60% de los procesos dependen de hojas de cálculo. • 0 procesos con automatización RPA formal. 	<p>Reducción del tiempo de ciclo de los procesos clave en un 25% en un año.</p> <p>Incremento en la satisfacción de los empleados y proveedores debido a la mejora en la eficiencia de las herramientas digitales.</p>
Análisis de Datos y Predicción (24%)	Utilizar análisis avanzados de datos para mejorar la toma de decisiones y anticiparse a tendencias futuras.	Implementación de BI (Business Intelligence): Desarrollar cuadros de mando (dashboards) en tiempo real que muestren el rendimiento operativo y financiero, facilitando el acceso a KPI's clave.	<ul style="list-style-type: none"> • 20% de decisiones soportadas en analítica formal. • 0 modelos predictivos operativos. • Error promedio en estimaciones $\geq 25\%$. 	<p>Aumento del 20% en la precisión de las previsiones de demanda.</p> <p>Mejora en la toma de decisiones basada en datos, reduciendo el</p>

Enfoque de eficiencia y Optimización	Objetivo	Estrategias	Línea base	Indicadores de éxito
		Modelos predictivos: Utilizar machine learning y análisis predictivo para prever la demanda de energía, optimizar la cadena de suministro y reducir los reprocesos. Minería de datos y Big Data: Aprovechar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y oportunidades de optimización en operaciones.	• Dashboards operativos: 1–2 de carácter descriptivo.	margen de error en las estimaciones en un 15%.
Gestión de Relaciones con Proveedores (19%)	Optimizar las relaciones y procesos con proveedores para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y la calidad del servicio.	Plataformas SRM (Supplier Relationship Management): Utilizar plataformas SRM que permitan gestionar contratos, evaluar el desempeño de proveedores y facilitar la comunicación y negociación en tiempo real. Estrategias de colaboración: Implementar programas de colaboración con proveedores clave para la co-innovación y la optimización conjunta de procesos. Evaluación continua: Desarrollar métricas de evaluación periódica del rendimiento de los proveedores, centradas en la calidad y costos.	• 30% de proveedores estratégicos con acuerdos formales. • 0 plataformas SRM integradas. • Evaluación de desempeño realizada de forma anual y manual (100%). • Transparencia percibida: 65%.	Mejora en la satisfacción del cliente en un 10% debido a la mejora en la eficiencia de la cadena de suministro.
Sostenibilidad y Responsabilidad Social (14%)	Integrar prácticas sostenibles y socialmente responsables que generen valor a largo plazo y mejoren la reputación corporativa.	Iniciativas de reducción de huella de carbono: Implementar medidas de eficiencia documental, reducción de residuos y uso responsable de recursos naturales. Responsabilidad social: Incentivar proyectos de comunidad energética que alineen los objetivos empresariales con el desarrollo sostenible de las comunidades locales.	• Huella de carbono medida solo en 1 proceso clave (\approx 20%). • 0 indicadores ESG integrados al proceso de compra. • 1 iniciativa comunitaria activa sin métricas estandarizadas.	Reducción del 30% en la huella de carbono en los primeros 2 años. Mejora de la percepción del proceso en un 5%, medida a través de encuestas de reputación.
Reducción de Costos Responsable (13%)	Implementar medidas de reducción de costos que no comprometan la calidad, el valor o las relaciones clave con empleados y proveedores.	Optimización de procesos: Revisar procesos operativos y eliminar ineficiencias sin afectar la productividad.	• Costos operativos asociados a reprocesos: 8–10%. • Metas de ahorro definidas, pero sin seguimiento sistemático (100% manual). • Ahorro efectivo anual $<$ 2%.	Reducción del 5% en los costos operativos generales sin afectar la calidad del servicio.

Este modelo de gestión prioriza la transformación digital y el análisis de datos como pilares clave para la eficiencia y optimización (Hodge & Dahl, 2012). La integración de la sostenibilidad, la gestión de relaciones con proveedores y la reducción de costos responsable asegura un enfoque equilibrado que maximiza el rendimiento, minimiza riesgos, reprocesos y mejora la reputación corporativa, siempre alineado con las metas de largo plazo de la organización.

Figura 27

Esquema para la gestión estratégica de la energía no convencional



5.9.2. Herramientas de Gestión

Con el objetivo de establecer los procedimientos para la liquidación económica de Autogeneradores de Energía a Pequeña Escala y de Generación Distribuida (AGPE) mediante sistemas de planificación de recursos empresariales, es fundamental establecer un marco de procedimientos que cumpla con los requisitos técnicos, financieros, de gestión documental y de calidad establecidos por la regulación y la normatividad interna (Shi et al., 2024) (Ver Anexo 2).

Para asegurar el pago adecuado a los clientes AGPE y monitorear las transacciones de energía provenientes de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), es necesario gestionar los documentos alternativos 6C según corresponda, y mantener actualizados los valores a descongelar en el Sistema de Administración Comercial (SAC).

Adicionalmente se diseña un informe (Ver Anexo 3) el cual presenta un análisis detallado del avance en el registro de usuarios de CENS S.A. E.S.P., mes a mes y año a año, en el contexto de la creciente adopción de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

También se enfoca en el control de saldos a favor y pagos realizados por los usuarios, así como

en la contabilización de la energía comercializada, específicamente para los usuarios de la categoría AGPE.

El principal objetivo es proporcionar una visión clara del crecimiento en el número de usuarios registrados y cómo esto se relaciona con los saldos a favor generados por excedentes de energía, así como el seguimiento de los pagos realizados. Además, se busca analizar el impacto de estos factores en la eficiencia operativa de CENS S.A. E.S.P, en un contexto de transición energética. La optimización de estos procesos contribuirá a una mayor eficiencia en el intercambio comercial y permitirá a la empresa adaptarse a los cambios en el mercado energético (Kowalska, 2024).

6. Conclusiones

El análisis actual del proceso de transacciones de energía no convencional ha evidenciado las limitaciones inherentes a la infraestructura tecnológica y la capacitación del personal, al tiempo que ha resaltado el potencial significativo de crecimiento y diversificación en un mercado en evolución. Al abordar las debilidades identificadas y aprovechar las oportunidades presentes, se establecen las bases para la formulación de estrategias efectivas que promuevan la competitividad y sostenibilidad en el ámbito de la energía no convencional.

La priorización estratégica de las alternativas tecnológicas y administrativas para la compra de energía no convencional en CENS S.A. E.S.P. se ha revelado como un proceso fundamental para la optimización de la gestión energética. En este contexto, la implementación de la transformación digital se destaca por ser tendencia más relevante, dado que contribuye significativamente a la reducción de costos operativos y mejora de la toma de decisiones. De igual manera, el análisis de datos predictivo se ha consolidado como un pilar esencial, gracias a su capacidad para anticipar demandas y mitigar riesgos en la cadena de suministro. De este modo, se logra el objetivo de establecer alternativas que no solo satisfacen las necesidades inmediatas, sino que también promueven un futuro sostenible para la organización.

La metodología propuesta para optimizar la compra de energía no convencional, mediante instrumentos especializados, se presenta como un enfoque sistemático que transforma y estandariza los procesos actuales. El uso de diagramas de flujo como herramienta visual y la implementación de un modelo de gestión centrado en la transformación digital y el análisis predictivo impulsa una toma de decisiones fundamentada en datos, lo que incrementa la agilidad y adaptabilidad del sistema. Este enfoque integral generará un ahorro significativo en costos y tiempos, a la vez que se fortalecen las relaciones con los proveedores, garantiza la calidad del

servicio y potencia la sostenibilidad, alineándose con las tendencias actuales del sector energético. Es decir, la metodología diseñada además de optimizar el proceso de compra establece un sólido fundamento para la evolución continua hacia la eficiencia y la innovación en CENS S.A. E.S.P.

7. Recomendaciones

Se recomienda a UNIMINUTO que implementen programas de formación en energía no convencional y transformación digital. Esto garantizará que adquieran habilidades prácticas y técnicas relevantes, preparándolos para enfrentar los desafíos de la industria y mejorar sus capacidades de contribución efectiva en el sector eléctrico nacional.

Se recomienda a la empresa la implementación de la estrategia propuesta que modernice los procesos y tecnologías en la gestión de energía no convencional. No obstante, dicha aplicación debe incluir capacitación del personal y la integración de herramientas analíticas previa, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y la mejora continua.

Referencias

- Basri, S., Oruganti, R. K., Panda, T. K., & Bhattacharyya, D. (2025). Beyond conventional approaches: Sustainable valorization of sewage sludge - challenges and opportunities. *Sustainable Materials and Technologies*, 45(e01496), e01496. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01496>.
- Bhatt, K., Kumar, S., Kumar, S., Sharma, S., & Singh, V. (2024). A review on energy harvesting technologies: Comparison between non-conventional and conceptual approaches. *Energy Reports*, 12, 4717–4740. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.10.019>.
- Botelho, T., Melo, I. C., de Oliveira, P. H., Lourenço, C. M., Guerrini, F. M., & Esposto, K. F. (2020). Balanced scorecard for evaluating the performance of supply chains: A bibliometric study. *Journal of Engineering Research*, 8(1), 294–313. [https://doi.org/10.1016/s2307-1877\(25\)00449-3](https://doi.org/10.1016/s2307-1877(25)00449-3).
- Carreño, E., & Ronquillo, C. (2022). Tendencias tecnológicas en la transformación de la cultura organizacional a través del entendimiento del Cuadro de Mando Integral en una empresa prestadora de servicios públicos de energía. *Revista Hamut'ay*, 9(1), 36-53. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v9i1.2374>.
- Catania, L. J. (2021). Artificial intelligence (AI): Understanding technology. En *Foundations of Artificial Intelligence in Healthcare and Bioscience* (pp. 1–6). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824477-7.00006-7>.
- CENS Grupo EPM. (2024). Plan Empresa 2025 - 2035. Realizado por el equipo de Planificación y Gestión T&D de CENS. Cúcuta: CENS Grupo EPM.
- Cheng, L., Yu, F., Huang, P., Liu, G., Zhang, M., & Sun, R. (2025). Game-theoretic evolution in renewable energy systems: Advancing sustainable energy management and decision

- optimization in decentralized power markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 217(115776), 115776. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115776>.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2014). Resolución CREG 038 de 2014, por la cual se aprueban las fórmulas tarifarias generales para el servicio público de distribución de gas combustible por redes. Bogotá, Colombia: CREG.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2021). Resolución CREG 174 de 2021, por la cual se adoptan disposiciones adicionales para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica. Bogotá, Colombia: CREG.
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Diario Oficial No. 41.433. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.
- Grima, S., Dalli Gonzi, R., & Falzon, J. (2025). Real-world case studies. En *Greening Our Economy for a Sustainable Future* (pp. 241–258).
- Guida, M., Caniato, F., Moretto, A., & Ronchi, S. (2023). The role of artificial intelligence in the procurement process: State of the art and research agenda. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 29(2). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2023.100823>.
- Handfield, R. B., & Nichols, E. L. (2023). *Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems*. Pearson.
- Hayibo, K. S., Jamil, U., & Pearce, J. M. (2025). Additional value of non-electricity generating services (co-benefits) provided by non-conventional dual use solar photovoltaic systems: A PRISMA review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 222(116021), 116021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116021>.

- Hodge, T., & Dahl, C. A. (2012). Power marketer pricing behavior in the California Power Exchange. *Energy Economics*, 34(2), 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.05.003>.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2022). *Digital Supply Chain: Managing Smart Systems*. Springer.
- Jamatutu, S. A., Song, H., Younis, I., & Owusu-Manu, D.-G. (2025). Understanding energy trading: market structure, key participants, and services. En *The Intersection of Blockchain and Energy Trading* (pp. 11–45).
- Johnson, L. (2020). Risk management framework. En *Security Controls Evaluation, Testing, and Assessment Handbook* (pp. 31-41).
- Kowalska-Pyzalska, A. (2024). Consumers' roles and opportunities in the energy market. En *Diffusion of Innovative Energy Services* (pp. 21–54).
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2019). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. Pearson.
- López Meléndez, W. (2018). *Gestión curricular en los procesos de comprensión lectora en la Institución Educativa Pública N° 18247*. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/02ade907-d322-4255-be8d-7a8baf07a51f>.
- Manchalwar, A. D., Patne, N. R., Morey, C. D., & Pemmada, S. (2024). Prosumers and retailers based decentralized energy trading model in the smart grid considering network constraints. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 160(110108), 110108. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.110108>.
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). Resolución No. 135 de 2021 (2 de septiembre de 2021). Comisión de Regulación de Energía y Gas.

- Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2022). *Purchasing and Supply Chain Management* (7a ed.). Cengage Learning.
- Mousavi, M., & Alvarez, M. (2023). A contract-based trading of power flexibility between a variable renewable energy producer and an electricity retailer. *Sustainable Energy Grids and Networks*, *34*(101067), 101067. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101067>.
- Muñoz, L. (2024, Octubre 2). Crisis energética amenaza a Colombia: reservas de gas y petróleo se agotan, según Contraloría. Infobae. <https://www.infobae.com/colombia/2024/10/02/crisis-energetica-amenaza-a-colombia-reservas-de-gas-y-petroleo-se-agotan-segun-contraloria/>.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2013). *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill.
- Oelze, N., Brandenburg, M., Jansen, C., & Warasthe, R. (2018). Applying sustainable supply chain management frameworks to two German case studies. *IFAC-PapersOnLine*, *51*(30), 293–296. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.304>.
- Olabi, A. G., Elsaid, K., Obaideen, K., Abdelkareem, M. A., Rezk, H., Wilberforce, T., Maghrabie, H. M., & Sayed, E. T. (2023). Renewable energy systems: Comparisons, challenges and barriers, sustainability indicators, and the contribution to UN sustainable development goals. *International Journal of Thermofluids*, *20*(100498), 100498. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100498>.
- Pablo-Romero, M. P., Pozo-Barajas, R., & Washburn, C. (2024). Productive electricity and non-electricity consumption effects on economic growth: A Latin America analysis. *Energy (Oxford, England)*, *305*(132281), 132281. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132281>.
- Pulgarín-Morales, L., & Krueger, T. (2025). ENSO effects on hydropower and climate adaptation strategies in four Colombian case studies. *Journal of Hydrology. Regional Studies*, *60*(102599), 102599. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102599>.

- Rasekh, M. R. E., Sharifi, F. M., Alavi, S., & Janatyan, N. (2025). Modeling solar power plant electricity supply chain toward renewable energy consumption. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, *11*(100907), 100907. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2025.100907>.
- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2020). *Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective*. Pearson.
- Shi, S., Gao, Q., Ji, Y., Liu, J., & Chen, H. (2024). Operation strategy for community integrated energy system considering source–load characteristics based on Stackelberg game. *Applied Thermal Engineering*, *254*(123739), 123739. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123739>.
- Sibtain, M., Li, X., Bashir, H., & Azam, M. I. (2021). Hydropower exploitation for Pakistan's sustainable development: A SWOT analysis considering current situation, challenges, and prospects. *Energy Strategy Reviews*, *38*(100728), 100728. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100728>.
- Stringer, T., & Ramírez, M. (2024). Decarbonization pathways in Latin America: Assessing the economic and policy implications of transitioning to renewable energy sources. *Next Energy*, *5*(100157), 100157. <https://doi.org/10.1016/j.nxener.2024.100157>.
- Tooki, O. O., & Popoola, O. M. (2024). A comprehensive review on recent advances in transactive energy system: Concepts, models, metrics, technologies, challenges, policies and future. *Renewable Energy Focus*, *50*(100596), 100596. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100596>.
- Verma, J., Bhandari, A., & Singh, G. (2022). INIDS: SWOT analysis and TOWS inferences of state-of-the-art NIDS solutions for the development of intelligent network intrusion

detection system. *Computer Communications*, 195, 227–247.
<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.08.022>.

Villar, J., & Mello, J. (2025). Self-consumption and energy communities. En *Towards Future Smart Power Systems with High Penetration of Renewables* (pp. 131–149).

Yu, X., Zhou, Y., & Liu, X. (2022). Impact of financial development on energy consumption in China: A spatial spillover analysis. *Energy Strategy Reviews*, 44(100975), 100975.
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100975>.

Zhou, B., Guo, Y., Liu, X., Li, G., Gu, P., & Yang, B. (2024). Optimization strategy of power purchase and sale for electricity retailers in a two-tier market. *Heliyon*, 10(4), e26333.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26333>.

Anexos

Anexo 1. Entrevista semiestructurada



Encuesta Semiestructurada

Dirigido a: Proceso de Compras de Energía CENS SA ESP

Objetivo: Esta entrevista hace parte de un estudio que busca proponer un modelo de gestión comercial para la compra estratégica de energía no convencional. La información que usted comparta será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación. No se divulgarán nombres ni datos personales. Agradecemos su colaboración y sinceridad en las respuestas.

Datos Generales:

1. Cargo que ocupa en la organización:
2. Años de experiencia en el sector eléctrico:
3. Tiempo vinculado al proceso de compra o gestión de energía:

1. Dimensión: Proceso

¿En qué grado considera que la organización cuenta actualmente con mecanismos formales para la compra de energía no convencional por autogeneración?

- No existen mecanismos formales.
- Existen mecanismos informales o no documentados.
- Se están desarrollando mecanismos o lineamientos iniciales.
- Existen mecanismos formales, pero no se aplican regularmente.
- Existen mecanismos formales y se aplican de manera sistemática.

En su opinión, ¿Qué áreas deberían participar directamente en la estructuración del proceso de compra de energía no convencional? (seleccione hasta tres opciones)

- Área Comercial o de Gestión de Energía
- Área Técnica / Operación
- Área de Planeación o Proyectos
- Área Jurídica o de Cumplimiento Normativo
- Área Financiera
- Alta Dirección / Gerencia
- Otro (especifique): _____

¿Cuáles considera que son los principales obstáculos para implementar un proceso de compra de energía no convencional? (seleccione hasta tres opciones)

- Falta de lineamientos normativos claros.
- Limitaciones técnicas o de infraestructura.
- Escasa oferta de proveedores o generadores no convencionales.
- Falta de experiencia o conocimiento interno.
- Barreras financieras o de inversión.
- Desinterés institucional o falta de prioridad estratégica.



- Otro (especifique): _____

¿Qué tan necesario considera formalizar un proceso específico para la compra de energía no convencional?

- Nada necesario.
- Poco necesario.
- Moderadamente necesario.
- Muy necesario.
- Totalmente necesario.

¿Qué criterios considera más relevantes para diseñar un proceso eficiente de compra de energía no convencional? (seleccione hasta tres opciones)

- Cumplimiento regulatorio y normativo.
- Transparencia y trazabilidad de las transacciones.
- Evaluación técnica de la energía ofrecida.
- Costo-beneficio y estabilidad de precios.
- Integración con sistemas tecnológicos (plataformas, medición, control).
- Flexibilidad contractual y de suministro.
- Otro (especifique): _____

¿Cómo considera que debería evaluarse la eficiencia de un futuro proceso de compra de energía no convencional?

- Por el cumplimiento de metas de costos y ahorro energético.
- Por la confiabilidad en el suministro y continuidad del servicio.
- Por el cumplimiento de requisitos regulatorios.
- Por la satisfacción de los usuarios internos (áreas involucradas).
- Por una combinación de los anteriores.

En una escala de 1 a 5, ¿Qué nivel de prioridad debería tener la creación de un proceso formal de compra de energía no convencional dentro de la organización? (1 = Muy baja prioridad | 5 = Muy alta prioridad)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. Dimensión: Riesgo

En su opinión, ¿cuáles serían los principales riesgos asociados a la compra de energía no convencional por autogeneración? (Seleccione hasta tres opciones)

- Riesgos financieros (fluctuaciones de precios, costos no previstos).



- Riesgos técnicos (fallas en generación, interconexión o calidad del suministro).
- Riesgos contractuales (incumplimientos o vacíos legales).
- Riesgos regulatorios (cambios en la normativa o en los incentivos).
- Riesgos de mercado (baja oferta o demanda, competencia limitada).
- Riesgos ambientales o reputacionales.
- Otro (especifique): _____

¿Qué nivel de impacto considera que podrían tener estos riesgos en la sostenibilidad del negocio o en la operación eléctrica de la organización?

- Bajo impacto.
- Moderado impacto.
- Alto impacto.
- Muy alto impacto.

En su opinión, ¿Qué tan preparada está actualmente la organización para gestionar riesgos relacionados con la compra de energía no convencional?

- No está preparada.
- Poco preparada.
- Parcialmente preparada.
- Bien preparada.
- Totalmente preparada.

¿Qué tipo de acciones considera prioritarias para mitigar riesgos en la futura compra de energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Definir políticas y lineamientos de gestión de riesgo energético.
- Establecer contratos con cláusulas de cobertura o seguros.
- Implementar herramientas de análisis financiero y de precios.
- Fortalecer la capacitación del personal en regulación y mercado.
- Integrar sistemas de monitoreo y control tecnológico.
- Diversificar fuentes y proveedores de energía.
- Otro (especifique): _____

¿Qué tan predecibles considera que son actualmente las variaciones en precios y disponibilidad de la energía no convencional en el mercado nacional?

- Totalmente impredecibles.
- Poco predecibles.
- Moderadamente predecibles.
- Muy predecibles.
- Totalmente estables y predecibles.

¿Existe en la organización alguna política o lineamiento formal para la gestión de riesgos energéticos?



- No existe.
- Existe parcialmente o de manera informal.
- Existe, pero no está implementada.
- Existe y se aplica parcialmente.
- Existe y se aplica de forma sistemática.

En una escala de 1 a 5, ¿qué tan necesario considera establecer un sistema formal de gestión de riesgos para la compra de energía no convencional? (1 = Nada necesario | 5 = Totalmente necesario)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3. Dimensión: Regulación

¿Qué nivel de conocimiento considera tener sobre la normativa vigente relacionada con la compra o autogeneración de energía no convencional?

- Nulo.
- Básico.
- Intermedio.
- Avanzado.
- Experto.

¿Cuáles de las siguientes normas o resoluciones considera más relevantes para las transacciones de energía no convencional en Colombia? (Seleccione hasta tres opciones)

- Ley 1715 de 2014.
- Decreto 1073 de 2015.
- Resolución CREG 030 de 2018.
- Resolución CREG 174 de 2021.
- Resolución CREG 135 de 2021.
- Resolución UPME 045 de 2016.
- No conozco las normas específicas.
- Otro (especifique): _____

En su opinión, ¿De qué manera las regulaciones actuales influyen en la compra o transacción de energía no convencional?

- Facilitan significativamente el desarrollo de este tipo de transacciones.
- Facilitan en parte, pero presentan vacíos o ambigüedades.
- Son neutras, no facilitan ni dificultan.
- Limitan el desarrollo por exceso de requisitos o falta de claridad.
- Desconozco su influencia.



¿Cuáles considera que son las principales barreras regulatorias que afectan la implementación de esquemas de compra de energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Falta de lineamientos específicos para contratos o transacciones.
- Trámites administrativos extensos o complejos.
- Escasa coordinación entre entidades reguladoras (CREG, UPME, MinEnergía).
- Ausencia de incentivos económicos o fiscales.
- Inestabilidad o cambios frecuentes en la regulación.
- Desconocimiento institucional de la normativa vigente.
- Otro (especifique): _____

¿Qué tan clara considera la regulación actual sobre los excedentes de energía generados por autogeneradores no convencionales?

- Totalmente clara.
- Parcialmente clara.
- Poco clara.
- Confusa o contradictoria.
- No la conozco.

¿Qué mecanismos regulatorios considera más necesarios para fortalecer el mercado de energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Incentivos tributarios o financieros para la compra de energía no convencional.
- Mayor claridad contractual para la venta y compra de excedentes.
- Normas específicas para subastas o acuerdos bilaterales.
- Simplificación de trámites regulatorios.
- Establecimiento de tarifas o metodologías diferenciadas.
- Creación de una plataforma nacional de transacciones de energía no convencional.
- Otro (especifique): _____

En una escala de 1 a 5, ¿Qué tan adecuado considera el marco regulatorio actual para promover la compra de energía no convencional en la región? (1 = Muy inadecuado | 5 = Muy adecuado)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4. Dimensión: Tecnologías de la Información (TI)

¿Qué nivel de digitalización considera que tiene actualmente la organización en los procesos de gestión energética o comercial?



- Muy bajo (procesos manuales o en hojas de cálculo).
- Bajo (algunos procesos digitalizados, pero no integrados).
- Medio (uso moderado de plataformas o software de apoyo).
- Alto (procesos mayoritariamente automatizados e integrados).
- Muy alto (infraestructura tecnológica robusta y conectada con todas las áreas).

¿Qué tipo de herramientas o sistemas de información se utilizan actualmente en la organización para gestionar compras o contratos energéticos? (Seleccione todas las que apliquen)

- Hojas de cálculo.
- Sistemas ERP.
- Plataformas de gestión comercial o energética propias.
- Bases de datos internas no integradas.
- Software de monitoreo o control técnico
- No se utilizan herramientas específicas.
- Otro (especifique): _____

¿Qué tan integradas están las herramientas tecnológicas utilizadas con otros procesos clave (financieros, técnicos, comerciales o regulatorios)?

- No están integradas.
- Parcialmente integradas.
- Integradas en algunos módulos o áreas.
- Altamente integradas.
- Completamente integradas y automatizadas.

En su opinión, ¿qué tan suficiente es la infraestructura tecnológica actual para soportar una gestión estratégica de compra de energía no convencional?

- Totalmente insuficiente.
- Parcialmente insuficiente.
- Aceptable, pero requiere mejoras.
- Suficiente.
- Totalmente adecuada.

¿Qué aspectos tecnológicos considera prioritarios para fortalecer la futura gestión de energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Implementación de una plataforma especializada para transacciones energéticas.
- Integración de sistemas comerciales, técnicos y regulatorios.
- Incorporación de analítica de datos y modelamiento predictivo.
- Automatización de reportes y control de indicadores.
- Mejora de la ciberseguridad y protección de datos.
- Capacitación del personal en herramientas digitales.
- Otro (especifique): _____



¿Qué nivel de prioridad considera que debería tener la inversión en tecnología para el desarrollo de la compra estratégica de energía no convencional? (1 = Muy baja prioridad | 5 = Muy alta prioridad)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

5. Dimensión: Proveedores

¿Cuál considera que es el nivel actual de conocimiento o relacionamiento de la organización con potenciales proveedores de energía no convencional?

- Nulo (no se conoce ni se tiene relación con proveedores).
- Bajo (conocimiento limitado de algunos proveedores).
- Medio (conocimiento general del mercado, sin alianzas formales).
- Alto (se han identificado y contactado varios proveedores).
- Muy alto (existen relaciones o acuerdos en desarrollo).

¿Cómo percibe la oferta actual de proveedores de energía no convencional en la región o a nivel nacional?

- Muy limitada (pocos actores disponibles).
- Limitada pero en crecimiento.
- Moderada y diversificada.
- Amplia y competitiva.
- No tengo conocimiento sobre el mercado de proveedores.

¿Qué factores considera determinantes para establecer relaciones de largo plazo con los proveedores de energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Confianza y cumplimiento contractual.
- Estabilidad de precios a largo plazo.
- Calidad del servicio y soporte técnico.
- Transparencia en la información y los procesos.
- Innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental.
- Flexibilidad en la negociación y condiciones de pago.
- Otro (especifique): _____

¿Cómo valora actualmente la transparencia en las negociaciones del mercado de energía no convencional?

- Muy baja.
- Baja.
- Moderada.
- Alta.



- Muy alta.

En una escala de 1 a 5, ¿Qué tan importante considera la gestión estratégica de proveedores para el éxito de la compra de energía no convencional? (1 = Nada importante | 5 = Muy importante)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

6. Cierre

Desde su perspectiva, ¿Cuáles son los principales retos que enfrenta la región para fortalecer la gestión comercial de la energía no convencional? (Seleccione hasta tres opciones)

- Falta de claridad y estabilidad regulatoria.
- Limitaciones técnicas e infraestructura insuficiente.
- Escasa articulación entre entidades públicas y privadas.
- Poca oferta o experiencia de proveedores locales.
- Limitado acceso a financiamiento o incentivos.
- Falta de conocimiento y capacitación del personal.
- Otro (especifique): _____

¿Cuáles considera que son las principales oportunidades para el desarrollo de la energía no convencional en la región? (Seleccione hasta tres opciones)

- Abundancia de recursos renovables (solar, biomasa, etc.).
- Apoyo institucional o gubernamental creciente.
- Interés empresarial por la sostenibilidad energética.
- Reducción progresiva de costos tecnológicos.
- Disponibilidad de nuevos mecanismos de compra y subastas.
- Posibilidad de alianzas con generadores y autogeneradores.
- Otro (especifique): _____

¿Qué acciones considera prioritarias para optimizar la futura compra de energía por autogeneración en la organización? (Seleccione hasta tres opciones)

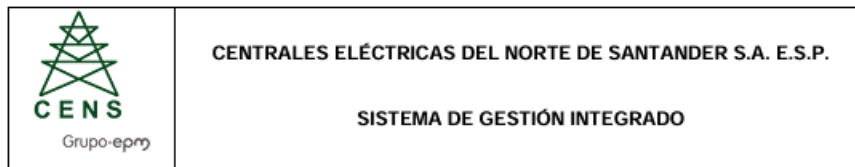
- Diseñar un modelo formal de gestión comercial.
- Fortalecer la capacidad técnica y regulatoria del personal.
- Establecer políticas de gestión de riesgo y sostenibilidad.
- Desarrollar alianzas estratégicas con proveedores.
- Implementar herramientas tecnológicas para monitoreo y control.
- Promover incentivos internos para el uso de energía no convencional.
- Otro (especifique): _____



En una escala de 1 a 5, ¿qué tan optimista es respecto al desarrollo del mercado de energía no convencional en el Norte de Santander durante los próximos 5 años? (1 = Nada optimista | 5 = Muy optimista)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Anexo 2. Guía para gestionar la liquidación económica de autogeneradores de energía a pequeña escala y de generación distribuida.



**GUÍA PARA GESTIONAR LA LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE AUTOGENERADORES DE
ENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA Y DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

Número de páginas: 32

Anexo 3. Informe de gestión de proveedores y pago a usuarios AGPE.

