



Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025

TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de Ph.D.

DOCTOR EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

PRESENTA

Carlos Gabriel Díaz Sáenz

ASESORES

Erika Severeyn Varela

Kelvin De Jesús Beleño Sáenz

México, 2025

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Díaz Sáenz, Carlos Gabriel (2025). Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025. [Tesis de Doctorado de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX]



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen.

La gestión eficiente de proyectos de energías renovables, tanto solares como eólicas, en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia enfrenta retos importantes en cuanto a optimización y sostenibilidad. Esta investigación doctoral tiene como objetivo principal diseñar un modelo de gestión ágil que combine las metodologías Scrum y Kanban, con el fin de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de estos proyectos para el año 2025. Se plantea la hipótesis de que, al implementar un modelo de este tipo, que integre adecuadamente las dimensiones administrativa, financiera y social, se logrará una mejora en la eficiencia de la gestión, optimizando recursos como el tiempo, costo y calidad, y fomentando la sostenibilidad en sus aspectos ambiental, económico y social. En cuanto a la metodología, el estudio adopta un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo correlacional y transeccional. La recolección y análisis de datos se llevarán a cabo mediante herramientas como matrices de evaluación, análisis estadístico y revisión de indicadores técnicos y financieros, lo que permitirá identificar tecnologías y evaluar la viabilidad económica de los dispositivos. El principal resultado que se espera obtener es la creación de un modelo de gestión ágil integrando los aspectos técnicos, administrativos, financieros y sociales, que sirva como una herramienta validada para optimizar la viabilidad y alto potencial de replicabilidad de proyectos energéticos sostenibles en el contexto de las ZNI de Colombia.

Palabras Claves: *Gestión de proyectos, Metodologías ágiles, Scrum, Kanban, Energías renovables, Sostenibilidad.*

Abstract.

The efficient management of renewable energy projects, both solar and wind, in Colombia's Non-Interconnected Zones (ZNI) faces significant challenges in terms of optimization and sustainability. The main objective of this doctoral research is to design an agile management model that combines Scrum and Kanban methodologies, in order to improve the efficiency and sustainability of these projects by 2025. It is hypothesized that, by implementing a model of this type, which adequately integrates the administrative, financial and social dimensions, an improvement in management efficiency will be achieved, optimizing resources such as time, cost and quality, and promoting sustainability in its environmental, economic and social aspects. In terms of methodology, the study adopts a quantitative approach and a non-experimental design of a correlational and cross-sectional type. Data collection and analysis will be carried out using tools such as evaluation matrices, statistical analysis, and review of technical and financial indicators, which will make it possible to identify technologies and evaluate the economic viability of the devices. The main result expected is the creation of an agile management model integrating technical, administrative, financial and social aspects, which serves as a validated tool to optimize the viability and high potential of replicability of sustainable energy projects in the context of Colombia's ZNI.

Keywords: *Project Management, Agile Methodologies, Scrum, Kanban, Renewable Energy, Sustainability.*

Agradecimientos.

Al culminar este trabajo investigativo, quiero iniciar expresando mi agradecimiento a Dios por esta gran oportunidad. Gracias a mi familia, especialmente a mis Padres, Esteban y Betty, quienes han sido un pilar importante en mi vida personal y profesional, ustedes son el motor y esencia de mi vida. Gracias, mis amados Padres por su inmenso amor y apoyo incondicional. ¡Los amo con mi vida entera!

A mis hermanos y colegas ingenieros, los mejores que conozco: Manuel, Kelvin, Ángel y mi hermano de la vida, Omar. Ustedes son mis compañeros de camino, de luchas y de vida, gracias por sus palabras de aliento, por su apoyo y por todo el amor que nos tenemos, gracias por ser pilar, refugio y roca. ¡Gracias!, siempre están en mi corazón.

Agradezco especialmente a mi asesora, la doctora, PhD. Erika Severeyn Varela por su apoyo, guía y profesionalismo. De algo estoy muy seguro y es que su experiencia, dedicación, paciencia y conocimiento fueron un pilar fundamental para mí, para así, culminar esta etapa tan importante de mi vida. ¡Gracias!

A la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX, le doy mis gracias por abrirme las puertas para la finalización de este proyecto, que más que un proyecto de investigación es un proyecto para la vida. Con este logro he crecido de manera personal y profesionalmente. Por todo lo que han hecho y gestionado, Gracias.

A todos aquellos familiares, a mis amigos del corazón, que siguen estando, permaneciendo, y que de una u otra manera han apoyado este proceso: Gracias.

Dedicatorias.

A Dios, porque con Dios es todo, y sin Dios nada. Soy tu hijo amado, y Tú eres mi padre.

A mi hermano Hugo, que junto a Dios estás celebrando este triunfo. Un día te dije que lo haría, doblemente, por los dos. Este estudio es para ti y para mí.

A mis padres Betty y Esteban, y a mis hermanos Manuel, Ángel y Kelvin. Nuestros logros son el esfuerzo de nuestra dedicación.

Gracias Dios.

¡Deus Caritas Est!

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. Proyección de la investigación.	17
1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.	17
1.2. Planteamiento del problema.	18
1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).	22
1.4. Justificación.	22
1.5. Objeto de estudio.	26
1.6. Campo de acción.	27
1.7. Objetivos.	28
1.7.1. Objetivo General.	28
1.7.2. Objetivos específicos.	28
1.8. Hipótesis.	29
1.9. Alcance temático.	29
1.10. Delimitación Espacial y Temporal.	30
CAPÍTULO II. Fundamentos Teóricos Referenciales.	33
2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).	34
2.2. Marco Teórico.	39

2.2.1. Teoría de la Gestión Ágil: Marco de Trabajo Scrum, Método Kanban & Metodología Lean Startup	41
2.2.2. Teoría de la sostenibilidad (Desarrollo sostenible) y su implicación en el desarrollo proyectos	45
2.2.3. Estándares y perspectivas en la gestión de proyectos	47
2.2.4. Energía de un sistema	48
2.2.5. Fuentes de energía existentes	49
2.2.6. Energía solar y energía eólica	50
2.2.7. Gestión estratégica y cuadro de mando integral	52
2.2.8. Planeación por escenarios y prospectivas	53
2.2.9. Planificación operativa y costos de inversión	54
2.2.10. Estudio técnico y estudio de mercado	55
2.2.11. Inversiones y beneficios del proyecto	56
2.3. Marco Conceptual.	57
2.4. Marco Contextual.	60
2.4.1. El Contexto energético global: la transición inaplazable	61
2.4.2. El Contexto energético en Colombia: oportunidades y desafíos	62
2.4.3. El Contexto tecnológico y de gestión de proyectos	63
2.5. Marco Legal y Normativo.	64
CAPÍTULO III. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.	68
3.1. Cuadro Operacionalización de Variables.	68
3.2. Diseño metodológico.	70

	8
3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis	73
3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos	77
3.2.3. Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos	79
3.2.4. Determinación de la muestra y su criterio de selección	84
3.3. Trabajo de campo.	85
3.3.1. Aplicación de los instrumentos.	86
3.3.2. Procesamiento de la información.	88
3.4. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.	89
3.4.1. Caracterización del déficit energético en la muestra de estudio	89
3.4.2. Análisis de la sostenibilidad del modelo actual	112
3.5. Redacción de resultados y discusión	113
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN	124
4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.	124
4.2. Descripción de la propuesta de transformación.	126
4.3. Objetivos de la propuesta.	127
4.3.1. Objetivo general de la propuesta	127
4.3.2. Objetivos específicos de la propuesta	127
4.4. Actividades, fases y/o etapas.	128
4.5. Recursos necesarios para la aplicación de la propuesta	131
4.6. Resultados.	132
4.6.1 Resultados o productos a obtener.	133

4.6.2 Indicadores, criterios de evaluación o de instrumentación.	134
4.7. Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación.	136
CONCLUSIONES	144
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	150
ANEXOS	160

Índice de figuras.

Figura 1. Diagrama del proceso de generación de Energía Eólica.	102
Figura 2. Diagrama energía solar fotovoltaica y energía solar térmica	104
Figura 3. Diagrama proceso energía solar fotovoltaica.	105
Figura 4. Parque Eólico Jepírachi (La Guajira, Colombia)	106
Figura 5. Zonas que brindan oportunidad para aprovechar la energía eólica	111
Figura 6. Mapa velocidad del viento promedio anual en Colombia.	112
Figura 7. Esquema general del modelo ágil Scrum	116
Figura 8. Modelo para desarrollo de carteras/portafolios Kanban y Scrum	116
Figura 9. Product Backlog #1 y #2 del Sistema Solar Fotovoltaico para el modelo MAS-ER	117
Figura 10. Product Backlog #3 del Sistema Solar Fotovoltaico para el modelo MAS-ER	118
Figura 11. Product Backlog #1 y #2 del Sistema Eólico para el modelo MAS-ER	119
Figura 12. Product Backlog #3 del Sistema Eólico para el modelo MAS-ER	120
Figura 13. Diagrama Conceptual del Modelo MAS-ER	129

Índice de gráficas

Gráfica 1. Procedimiento de instrumentación del modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025.	80
Gráfica 2. Comparativa de consumo (kWh) vs. Horas de servicio diario (Marzo 2024)	90
Gráfica 3. Estado de la prestación del servicio de energía en ZNI de Bolívar	98
Gráfica 4. Estado de la potencia máxima en Zonas No Interconectadas de Bolívar	99
Gráfica 5. Etapas en la implementación de energía solar.	100

Índice de tablas.

Tabla 1. Operacionalización de variables del proyecto de investigación.	69
Tabla 2. Técnicas aplicadas a los procedimientos para el desarrollo de los instrumentos de obtención de datos	83
Tabla 3. Consumo, horas de energía y número de usuarios de centros poblados de estudio (Superservicios, 2024).	85
Tabla 4. Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas adscritas al municipio de Cartagena de Indias del departamento de Bolívar.	91
Tabla 5. Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas - Número de horas de suministro de luz diaria.	98
Tabla 6. Consumo, horas de energía y número de usuarios de el corregimiento Isla Fuerte	99
Tabla 7. Parámetros del proyecto del Parque Eólico Jepírachi	107
Tabla 8. Flujo de caja de costos de proyectos eólicos	107
Tabla 9. Datos y supuestos requeridos para el modelo aplicado	108
Tabla 10. Costos y datos por tipo de energía seleccionada	108
Tabla 11. Costos asociados en cada escenario por tipo de energía en el periodo 2012-2031	109
Tabla 12. Tendencia global de reducción de costos en 2024 en comparación a los reportados en 2017	110
Tabla 13. Brecha entre potencial tecnológico y desempeño real del proyecto	113

Tabla 14. Softwares de apoyo a las empresas que implementen el modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables	123
Tabla 15. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) agrupados por nivel e interés	134
Tabla 16. Listado de congresos y eventos internacionales para la validación de expertos de la propuesta de transformación y modelo ágil diseñado	137
Tabla 17. Perfil del comité científico, pares ciegos, pares evaluadores y profesionales empresariales para la validación por expertos	139

INTRODUCCIÓN

La transición hacia fuentes de energía sostenibles a nivel global es uno de los grandes retos del siglo XXI, y en este contexto, las energías renovables, especialmente la solar y la eólica, juegan un papel crucial. Sin embargo, el éxito de estos proyectos no solo depende de la innovación tecnológica, sino también de cómo se gestionan en términos de eficiencia, sostenibilidad y adaptabilidad. La gestión de proyectos energéticos, sobre todo en entornos de alta incertidumbre y complejidad social como las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia, se enfrenta a desafíos que los modelos predictivos tradicionales no pueden resolver de manera efectiva.

La situación se vuelve más crítica en regiones como el norte de Colombia, que cuentan con un gran potencial para la generación de energía renovable, pero que, irónicamente, enfrentan una histórica brecha energética. Para que las soluciones solares y eólicas sean efectivas en estas comunidades rurales, no basta con una simple instalación técnica, sino que se necesita un modelo de gestión que combine la optimización de recursos, tiempo, costo, y calidad, con la sostenibilidad ambiental, económica y social. En respuesta a esta necesidad, las metodologías ágiles, que, si bien surgieron en el ámbito del desarrollo de software y se caracterizan por su flexibilidad y enfoque iterativo, se presentan como una solución prometedora. Esta tesis doctoral se centra en la falta de investigación sobre modelos de gestión adaptados a este contexto, proponiendo el diseño de un modelo de gestión ágil que integre las metodologías Scrum y Kanban, con el objetivo de optimizar y asegurar la sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables solares y eólicas en las ZNI de Colombia para el periodo 2025.

Esta investigación se enmarca en la línea de investigación “Desarrollo sostenible y energías renovables” de la Universidad de Innovación e Investigación de México (UIIX). Su principal contribución radica en el diseño de un modelo de gestión híbrido ágil-predictivo y multidimensional, que integra los aspectos técnicos, administrativos,

financieros y sociales, adaptándose específicamente a las particularidades de los proyectos de energías renovables en contextos rurales y aislados. Para fundamentar el modelo y conocer los antecedentes de la investigación, se lleva a cabo una revisión sistemática de la literatura, que se detalla minuciosamente. Este análisis se basa en el estudio de autores clave que exploran la aplicación de la agilidad en el sector energético (Ros Candeira & Amiana Ares, 2023; Daraojimba et al., 2025) y el contexto normativo y tecnológico en Colombia (Ortiz Wilches & Gutiérrez Fernández, 2023; Tamayo Buitrago, 2023), fortaleciendo y estableciendo así el estado del arte de la investigación doctoral.

El estudio se lleva a cabo con un enfoque cuantitativo y utiliza un diseño no experimental, correlacional y transeccional, lo que significa que se puede analizar la relación entre la gestión ágil y la optimización y sostenibilidad de los proyectos en su entorno natural, sin alterar las variables, lo que conlleva a una forma adecuada de entender cómo la implementación de metodologías ágiles impacta en la eficiencia y sostenibilidad de los procesos energéticos.

Para presentar los hallazgos de manera clara y coherente, la tesis se organiza en capítulos que siguen una secuencia lógica: en primer lugar, el Capítulo I, Proyección de la investigación, define el problema, la pregunta de investigación, la justificación, el objeto de estudio y el campo de acción. También se establecen el objetivo general, los objetivos específicos, la hipótesis y las limitaciones del estudio, creando así el marco conceptual que guía la investigación. A continuación, el Capítulo II, Fundamentos teóricos referenciales, establece el estado del arte a través de una revisión de autores clave y desarrolla los marcos teórico, conceptual, contextual y legal que respaldan la investigación. También se examinan las tecnologías y métodos de energías renovables (ER), alineándose con el primer objetivo específico. Luego, en el Capítulo III, Fundamentos metodológicos y resultados, se detalla el diseño metodológico, abarcando el enfoque, tipo de estudio, métodos, técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y análisis de datos. Posteriormente, se presentan y analizan los resultados obtenidos, abordando los aspectos prácticos del Objetivo Específico 1 como son las

ventajas energéticas y el total del Objetivo Específico 2 relacionado con el análisis técnico-económico. En cuarto lugar, el Capítulo IV, Propuesta de transformación, responde al tercer objetivo específico mediante el diseño, fundamentación y descripción del Modelo MAS-ER, concebido como una metodología híbrida que combina Scrum y Kanban para la gestión ágil de proyectos energéticos. En este contexto, se detallan sus componentes técnicos, administrativos, financieros y sociales, así como su aplicabilidad para optimizar procesos y asegurar la sostenibilidad. Finalmente, en la última sección, se presentan las conclusiones generales derivadas del análisis, se contrasta la hipótesis planteada y se sugieren recomendaciones orientadas tanto a futuras líneas de investigación como a la implementación práctica del modelo en proyectos reales.

CAPÍTULO I. Proyección de la investigación.

El protocolo de investigación que se realizó en el marco de la tesis doctoral partió de la línea de investigación “Desarrollo sostenible y energías renovables” seleccionada, reflejando la vinculación con el objeto de investigación, así como también con el planteamiento del problema, el cual tuvo un diseño concreto para posteriormente llegar a su verificación con apoyo de la información existente de entes gubernamentales de Colombia, el sector privado, así como también de estudios anteriores.

Simultáneamente, fue posible presentar la justificación y se expuso de manera general la profundidad del tipo de estudio empleado. Por último, se expone la pregunta de investigación, la cual articuló toda la investigación y mostró el eje principal del trabajo doctoral, la profundización en la teoría requerida y estudiada, así como la exploración de estudios previos e incluso los datos estadísticos del país referente a la problemática presentada.

1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.

El enfoque que abarcó los conocimientos, inquietudes, prácticas y perspectivas de análisis de este proyecto de investigación doctoral, se basó en la línea de investigación “Desarrollo sostenible y energías renovables” del Doctorado en Dirección de Proyectos de la UIIX, la cual se relaciona con el ámbito de estudio en desarrollo de investigaciones en energía solar, combustibles sostenibles, almacenamiento de energía, eficiencia energética, valoración de CO₂ y en huella hídrica.

La línea de investigación fue focalizada en la evaluación de proyectos, por medio del diseño, ejecución y control de un modelo híbrido Scrum-Kanban para la optimización y

sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables, en zonas no interconectadas de Colombia.

1.2. Planteamiento del problema.

En la actualidad, Colombia cuenta una de las mejores redes de distribución de energía de manera limpia y confiable, según el diagnóstico anual de prestación del servicio de energía eléctrica del país, realizado por el Ministerio de Minas y Energías y la delegación para Energía y Gas Combustible de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Sin embargo, durante el año 2017, el país presentaba por lo menos 2,5 millones de colombianos que no contaban con este servicio (Ministerio de Minas y Energía, 2019). Así mismo, la Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ACOLGEN) destacó que la matriz energética del país ocupa la posición cuatro en temas ambientales y emisiones de gases de efecto invernadero y la octava en confiabilidad a nivel mundial. No obstante, unas 470.000 viviendas en el territorio colombiano no tienen acceso al servicio de electricidad en un promedio de 4 habitantes por hogar.

Asimismo, el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica, realizado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) del Ministerio de Minas y Energía, considera que se necesita una inversión superior a \$4,3 billones para la universalización del servicio (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, 2019; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024).

Paralelamente, el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) para las ZNI, anunció, que el gobierno nacional dispuso en el año 2017, la suma de \$100.000 millones de pesos para estructurar e implementar soluciones energéticas en las ZNI y \$56.000 millones de pesos en el año 2018. El IPSE llevó soluciones energéticas a 10.112 usuarios desde el año 2015, de los cuales 4.793 corresponden a nuevos usuarios que no contaban con el servicio de energía (Superservicios, 2018). A

través de su exdirector, la UPME indicó que los colombianos sin fluido de energía se distribuían a lo largo de Colombia, específicamente en zonas de mayor demanda y mucho más apartadas como, por ejemplo: Boyacá, Cundinamarca y Tolima.

Igualmente, argumentó que se incurre en altos costos al intentar llevar energía eléctrica a la mayoría de los hogares más apartados y con mayor dificultad de acceso, por lo que fue evaluada la posibilidad de implementar otras alternativas, entre ellas el suministro por medio de paneles solares u otra fuente de energía que garantizara una mejor calidad de vida.

Cabe destacar, que no pueden ser olvidadas las leyes y decretos referentes a la energización de ZNI, las resoluciones del Ministerio de Minas y Energía referentes a la energización, las resoluciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas y las leyes, decretos y resoluciones referentes al fomento de energías renovables (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2015).

Dicha problemática hace referencia a que los proyectos y metodologías tradicionales actuales del sector energético, carecen de aspectos como la organización en la correcta planificación administrativa y financiera de proyectos y estudios específicos para la implementación de dispositivos generadores de energías renovables, donde además se consideren los aspectos sociales, para impulsar el desarrollo local.

De forma particular, la zona norte de Colombia posee un gran potencial para la generación de energías renovables solar y eólica, sin embargo, un número significativo de comunidades en esta región permanece no interconectada a la red eléctrica nacional. Esta falta de acceso a la energía limita drásticamente su desarrollo socioeconómico, perpetuando la brecha digital y social, y obstaculizando el acceso a servicios básicos, educación y oportunidades de mejora de la calidad de vida.

Esta desconexión entre la inversión realizada y el impacto real en la calidad de vida de las comunidades es el núcleo del problema, puesto que no se trata solo de la falta de infraestructura inicial, sino de la ineficiencia operativa de muchos proyectos que sí

logran implementarse. Como se documenta en detalle en el Capítulo 3 de esta investigación, un síntoma crítico y tangible de esta ineficiencia es el servicio eléctrico deficiente, intermitente y las escasas horas de energía continua que reciben los usuarios finales por medio de las soluciones convencionales de energía en estas ZNI, toda vez que se instalan redes y sistemas que, en teoría, deberían garantizar energía continuamente, pero que en la práctica operan de forma intermitente, fallan prematuramente o son abandonados por falta de mantenimiento y apropiación social.

Es aquí, donde la conexión causal se vuelve evidente ya que la brecha entre la promesa del proyecto, las redes o los sistemas energéticos, y la realidad operativa, no es un problema puramente técnico, sino una consecuencia directa de los modelos de gestión tradicionales que dominan el sector, tales como: enfoques en cascada o PMBOK aplicados rígidamente. Estos modelos, diseñados para entornos predecibles y estables, demuestran ser peligrosamente rígidos e inadecuados para la alta incertidumbre logística, social y climática de las ZNI. El énfasis tradicional en el cumplimiento de un plan inicial, alcance, costo y tiempo fijados con meses de antelación, impide la adaptación necesaria cuando la realidad del terreno, como un bloqueo en la cadena de suministro, una necesidad de capacitación comunitaria no prevista o un ajuste técnico descubierto durante la implementación, golpea el proyecto o el funcionamiento de los modelos convencionales.

Dado que los modelos tradicionales abordan los proyectos de instalación de un sistema fotovoltaico en una comunidad remota con una mentalidad rígida, como si obedeciera a la construcción de un edificio de oficinas, lo que se traduce en planes inamovibles y un rechazo total al cambio. Por tanto, el problema sucede cuando un modelo de gestión prioriza el "checklist del contrato" sobre lo que realmente importa, que en este caso es la entrega de valor real, es decir, horas de luz fiables y continuas, lo que hace que en últimas el resultado fracase, sea predecible y doloroso. Esta rigidez se materializa en cuellos de botella operativos, sobrecostos inesperados y, en última instancia, un servicio de energía deficiente que incumple su promesa de sostenibilidad. Esta falla crítica de gestión es lo que perpetúa la precariedad energética, a pesar de las millonarias

inversiones destinadas a combatirla, con desafíos específicos que alimentan este fracaso operativo que incluyen, entre otras:

- Ineficiencias en la planificación y ejecución, por lo que los enfoques tradicionales de gestión de proyectos pueden ser rígidos y no adaptarse ágilmente a los cambios inherentes a los proyectos de eficiencia energética, como variaciones en las condiciones climáticas, disponibilidad de recursos o requisitos comunitarios.
- Falta de integración de aspectos sociales, toda vez que la gestión se enfoca predominantemente en los aspectos técnicos y económicos, dejando de lado la participación comunitaria efectiva, la apropiación del proyecto y la sostenibilidad a largo plazo, lo que puede llevar a la falta de aceptación o al abandono de las infraestructuras.
- Desconocimiento de metodologías ágiles adaptadas, que, aun sabiendo del éxito de Scrum y Kanban en otros sectores, su aplicación y adaptación específica para la gestión de proyectos de eficiencia energética, en contextos de desarrollo social es escasa, lo que limita la optimización de los procesos y la respuesta a los desafíos emergentes.
- Deficiencias en la optimización de recursos, teniendo en cuenta la falta de un modelo de gestión que visualice el flujo de trabajo y limite el trabajo en progreso, por lo que se dificulta la identificación de cuellos de botella y la asignación óptima de recursos humanos, materiales y financieros en entornos con limitaciones.

En consecuencia, surge la necesidad de desarrollar un modelo de gestión administrativa innovador que, mediante la integración de principios de Scrum y Kanban, aborde estas deficiencias, garantice una implementación más eficiente y efectiva de proyectos de eficiencia energética, y maximice su contribución al desarrollo local sostenible e incluso, ayude a la reducción de las desigualdades en las zonas no interconectadas del norte de Colombia.

1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).

A partir del planteamiento propuesto se realiza la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo optimizar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de proyectos de energías renovables solares y eólicas, usando un modelo de gestión ágil, que integre las metodologías Scrum y Kanban para aplicarlas al contexto de las zonas no interconectadas de Colombia en el periodo 2025?

1.4. Justificación.

Colombia ha adoptado un enfoque decidido hacia la neutralidad tecnológica, asegurando que tanto las personas como las organizaciones tengan la libertad de elegir las tecnologías que mejor se adapten a sus necesidades específicas en procesos de desarrollo, adquisición, uso o comercialización. Esto se hace sin que haya una dependencia de conocimientos relacionados, como la información o los datos, tal como señala Ríos (2013). Esta postura ha sido reafirmada en estudios recientes, como el de Ortiz Wilches y Gutiérrez Fernández (2023), quienes examinan cómo se aplica este principio en el sistema electrónico de compras públicas SECOP II, subrayando su importancia para la seguridad jurídica y digital. Además, Tamayo Buitrago (2023) menciona que la normativa de Colombia Compra Eficiente ha revolucionado los principios de la contratación estatal, incorporando la neutralidad tecnológica como un eje central de modernización. En el ámbito educativo, Velasco Sánchez (2024) y Leal Fonseca et al. (2022) destacan cómo las políticas digitales han fomentado el uso de TIC bajo criterios de neutralidad tecnológica, promoviendo la inclusión y la sostenibilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Hoy por hoy, los inversionistas son los encargados de decidir la implementación final ya sea una planta eólica, solar, geotérmica, a carbón o a gas, trabajando de la mano con el gobierno nacional para que Colombia, en un futuro cercano, tenga el servicio de energía eléctrica en todo el territorio colombiano. Dentro de los problemas identificados en el

conocimiento y la investigación científica, existen varios de fondo y forma, es decir, lugares sin interconexión de energía prácticamente olvidados, en las cuales se analizarían los problemas actuales y se identificarán las tecnologías propias y el costo generado para su implementación.

Un claro ejemplo de los costos que implica generar energía con paneles solares se puede ver en lo que explica la empresa destacada en energías renovables no convencionales CELSIA, quienes sustentan que el precio de los paneles solares no se basa en su tamaño en metros cuadrados, ni en la cantidad de celdas que tienen, ni siquiera en la energía que pueden producir cada día, sino en su potencia pico. En el mercado, es común encontrar paneles que van desde 10 hasta 350 watts, y esta característica es la que determina su uso en diferentes aplicaciones, ya sea en sistemas residenciales, comerciales o industriales. Esta diferenciación permite ajustar la tecnología solar a las necesidades específicas de cada usuario, optimizando así tanto la inversión como el rendimiento energético. (CELSIA EPSA, 2018).

Otros aspectos importantes de análisis y razonamiento de esta investigación se justifican de manera versátil desde múltiples perspectivas, las cuales, se relacionan con la relevancia social, la relevancia académica y metodológica, la relevancia práctica y económica, la innovación y adaptabilidad y el impacto regional. La primera de ellas, la relevancia social, pone su foco en la provisión de energía en zonas no interconectadas, la cual es fundamental para dignificar la vida de las personas, permitiendo el acceso a la educación, la salud, la información y la economía digital. Por tanto, un modelo de gestión más eficaz puede acelerar la implementación de estos proyectos y ampliar su cobertura, contribuyendo directamente a la reducción de la pobreza y la desigualdad, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente al ODS 7 y el ODS 11, es decir, energía asequible y no contaminante, y ciudades y comunidades sostenibles respectivamente. En términos de relevancia académica y metodológica, es importante comprender que el estudio contribuye a la aplicación y adaptación de metodologías ágiles como Scrum y Kanban en el sector de energías renovables y a su vez en un contexto más particular, en aquellos proyectos con alto impacto social en

zonas con recursos limitados. Así pues, un modelo híbrido puede servir de base para futuras investigaciones sobre la agilidad en la gestión de proyectos de infraestructura y desarrollo.

Del mismo modo, considerando la relevancia práctica y económica, esta se relaciona con la optimización de la gestión de proyectos de eficiencia energética, por lo que puede traducirse en una mayor eficiencia, reducción de costos y tiempos de ejecución, haciendo que estos proyectos sean más atractivos y viables para inversionistas y organizaciones ejecutoras, impulsando así la expansión de su infraestructura en el país y liberar recursos que puedan ser destinados a otros proyectos de desarrollo. Además, al considerar los aspectos técnico-económico-financieros, el modelo buscará la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de las soluciones energéticas.

Par los temas de innovación y adaptabilidad, el diseño de un modelo que integre la flexibilidad de Scrum y la eficiencia de Kanban responde a la necesidad de innovación en la gestión de proyectos, permitiendo una mayor adaptabilidad a los cambios y una mejor respuesta a los desafíos imprevistos que son comunes en proyectos de desarrollo en entornos complejos (Ros Candeira, J., & Amiama Ares, C. 2023).

Lo anterior, detonará un gran impacto regional, puesto que, al centrarse en la zona norte de Colombia, la investigación ofrece una solución contextualizada que considera las particularidades geográficas, sociales y económicas de la región, lo que aumenta la probabilidad de éxito y apropiación local de los proyectos de energía renovable. Desde una óptica investigativa e ingenieril, resulta fundamental analizar la viabilidad y el impacto de la implementación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos dentro del sector energético. Este enfoque busca responder a desafíos estructurales como la alta complejidad técnica, los sobrecostos frecuentes, los retrasos en la ejecución y la creciente necesidad de integración tecnológica (Daraojimba et al, 2025).

Los modelos tradicionales de gestión de proyectos, como el enfoque en cascada *waterfall*, han demostrado eficacia en contextos bien definidos y de baja variabilidad.

Sin embargo, su rigidez metodológica limita su capacidad de adaptación frente a la naturaleza dinámica, incierta y multidisciplinaria de los proyectos energéticos contemporáneos. En contraste, los principios ágiles, basados en la planificación iterativa, la colaboración activa con las partes interesadas, la gestión proactiva de riesgos y la mejora continua, ofrecen un marco más flexible y responsivo. Por tanto, es clave proponer un modelo operativo adaptado específicamente a las características del sector energético, destacando la relevancia de conformar equipos multifuncionales, establecer ciclos de retroalimentación frecuentes y mantener una flexibilidad estratégica en el alcance del proyecto. Asimismo, se examina la posibilidad de integrar metodologías ágiles con enfoques tradicionales, dando lugar a modelos híbridos que aprovechan las fortalezas de ambos paradigmas. El análisis también identifica barreras críticas para la adopción de metodologías ágiles, tales como la resistencia organizacional al cambio, la falta de capacitación especializada y la necesidad de redefinir estructuras de gobernanza. A través de una revisión comparativa con industrias afines, se evalúan los beneficios potenciales de metodologías ágiles, sus limitaciones prácticas y las condiciones necesarias para su implementación exitosa.

Finalmente, es importante plantear líneas de investigación futura orientadas a profundizar en la integración de metodologías ágiles con herramientas digitales avanzadas, su aplicabilidad en distintos subsectores energéticos, como generación renovable, distribución inteligente o eficiencia energética, y su influencia en los indicadores de éxito a largo plazo de los proyectos. Esta investigación doctoral no solo busca abordar una necesidad energética en un sector económico o la zona de estudio, sino también proponer una solución innovadora en la gestión de proyectos, que puede servir como catalizador para el desarrollo sostenible y la equidad social en Colombia. Su aporte más relevante es el desarrollo de un modelo híbrido de gestión ágil, que combina las metodologías Scrum y Kanban en un contexto poco explorado por estas herramientas, es decir, los proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia.

A diferencia de otras propuestas que simplemente trasladan métodos del mundo del software a otros sectores, este modelo es diseñado específicamente para responder a los

retos reales del sector energético en zonas rurales, y no solo trata de adaptar lo existente, sino de crear una solución metodológica nueva, pensada para contextos con recursos limitados, condiciones cambiantes y necesidades sociales complejas. Es así, como la combinación de Scrum y Kanban permite equilibrar la planificación con la flexibilidad, lo que resulta clave en entornos donde los imprevistos son frecuentes y la capacidad de respuesta debe ser ágil pero realista, por tanto, este enfoque no solo busca mejorar la eficiencia de los proyectos, sino también su sostenibilidad y pertinencia social, aportando una herramienta práctica y replicable para otros territorios con características similares, impulsando el desarrollo local y potenciar el sector energético.

1.5. Objeto de estudio.

El objeto de estudio de esta investigación doctoral es el modelo de gestión ágil, como constructo teórico y práctico, y su incidencia directa en la optimización y sostenibilidad de la gestión de proyectos de energías renovables. De forma más específica, el estudio se centra en el diseño, la aplicabilidad y los efectos de un modelo de gestión que, integrando los marcos de trabajo Scrum y Kanban, se aplica al ciclo de vida completo (planificación, ejecución y seguimiento) de proyectos de generación de energía eólica y solar. Este objeto de estudio se aborda desde una perspectiva multidimensional, analizando cómo la implementación del modelo ágil influye en la dimensión técnica y administrativa, toda vez que se tiene en cuenta la reconfiguración de los procesos de gestión para mejorar la eficiencia en el uso de recursos clave: tiempo, costo y calidad.

Así mismo, la implementación del modelo ágil influye en la dimensión financiera y económica, teniendo en cuenta la viabilidad y rentabilidad de los proyectos, considerando la inversión inicial y los costos operativos bajo un esquema de gestión flexible y adaptativo. Así pues, esta se une a una tercera influencia que se relaciona con la dimensión socioambiental, que obedece a la capacidad del modelo para integrar de manera efectiva las variables de sostenibilidad ambiental y de desarrollo e impacto social en la comunidad local, convirtiéndolas en elementos centrales de la planificación

y no en aspectos secundarios. En síntesis, el núcleo de la investigación es el vínculo causal entre la adopción de una metodología de gestión ágil específica y la consecución de una gestión de proyectos de energías renovables que no solo es eficiente en términos de recursos, sino también integralmente sostenible.

1.6. Campo de acción.

El enfoque de esta investigación se centra en el diseño, validación e implementación de un modelo ágil para gestionar proyectos de energías renovables en las ZNI del Caribe colombiano. Este modelo se basa en una caracterización energética detallada, que busca identificar el consumo eléctrico necesario para las viviendas en estas áreas, así como la cantidad y tipo de dispositivos requeridos para asegurar una generación eficiente, sostenible y adaptada a las condiciones locales.

Para abordar este desafío, se utilizó un enfoque metodológico cuantitativo y exploratorio, que facilitó la recopilación y análisis de datos técnicos, operativos y contextuales sobre el comportamiento energético en las ZNI. Esta fase exploratoria fue fundamental para establecer una base empírica sólida que guiará el diseño del modelo, teniendo en cuenta variables como la disponibilidad de recursos naturales, la infraestructura existente, los patrones de consumo y las necesidades específicas de las comunidades.

Con esta caracterización, se llevará a cabo un estudio explicativo que busca profundizar en las razones detrás de la cantidad de dispositivos necesarios para la generación de energías renovables en estas zonas. Este análisis permitirá entender las relaciones causales entre las condiciones socioeconómicas, geográficas y técnicas del Caribe colombiano y las soluciones energéticas propuestas, ofreciendo una visión integral del fenómeno. La investigación explicativa no sólo busca describir el contexto energético de las ZNI, sino también proporcionar respuestas fundamentadas que guíen la toma de decisiones en el diseño e implementación de proyectos sostenibles. En este sentido, el

alcance se extiende desde el diagnóstico técnico hasta la validación del modelo de gestión ágil, integrando metodologías como Scrum, Kanban y enfoques híbridos, y considerando dimensiones administrativas, económicas y ambientales que son clave para el éxito de este tipo de proyectos.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Diseñar un modelo de gestión ágil, mediante la integración de las metodologías Scrum y Kanban, para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables solares y eólicas en las zonas no interconectadas de Colombia en el periodo 2025.

1.7.2. Objetivos específicos.

Identificar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares, para la descripción de sus ventajas energéticas en la captación eficiente de energía.

Analizar la tecnología incorporada en el sector energético para la obtención de información económica, inversión y costos referente a la funcionalidad de dispositivos eólicos y solares.

Elaborar un modelo de gestión ágil (técnico, administrativo, financiero y social) para proyectos de energías renovables, integrando las metodologías Scrum y Kanban.

1.8. Hipótesis.

La implementación de un modelo de gestión ágil, que integre metodologías como Scrum y Kanban, junto con tecnologías de generación renovable, mejora significativamente la gestión eficiente de proyectos de energías renovables en el sector energético, al optimizar recursos (tiempo, costo, calidad), promover la sostenibilidad (ambiental, económica y social), e incrementar los resultados del proyecto (impacto, viabilidad y replicabilidad), especialmente cuando se incorporan adecuadamente aspectos administrativos, financieros y sociales en su planificación.

1.9. Alcance temático.

El proyecto presentó un alcance de investigación explicativa, la cual permitió establecer las causas de los eventos y/o sucesos que originan el fenómeno en estudio relacionado con los proyectos y metodologías actuales del sector energético, que carecen de aspectos como la organización en la correcta planificación administrativa y financiera de proyectos y estudios específicos para la implementación de dispositivos generadores de energías renovables haciendo énfasis en el Caribe colombiano.

Los proyectos y metodologías actuales del sector energético permitieron explicar de manera precisa las condiciones en las cuales se puede evidenciar o en aquellas que se manifiestan los eventos y/o sucesos que originaron el fenómeno en estudio.

El proyecto de investigación se limita a describir y crear la relación con variables para construir una forma de realizar la gestión administrativo-financiero-social de proyectos para energías solar y eólica en Colombia, teniendo en cuenta la relación entre estas.

1.10. Delimitación Espacial y Temporal.

La investigación doctoral se enfocará geográficamente en Colombia, un país con un marco normativo proactivo y un amplio potencial para el desarrollo de energías renovables no convencionales. Para el diseño del modelo de gestión propuesto, el estudio de caso se centrará en proyectos de energía solar y eólica a gran escala ubicados en el departamento de Bolívar, Colombia. Esta región se selecciona estratégicamente por las siguientes razones:

- Concentración de proyectos: alberga la gran parte de proyectos eólicos y solares del país, lo que ofrece una rica muestra para el análisis.
- Complejidad técnica y social: los proyectos en esta zona enfrentan significativos desafíos técnicos como la integración a la red, sociales y logísticos, constituyendo un escenario ideal para probar la robustez de un modelo de gestión ágil y sostenible.
- La investigación se centra en el desafío de las ZNI en el norte de Colombia, por tanto, para abordar este problema, se eligió, como caso de estudio el departamento de Bolívar, un área que sirve como muestra representativa.

El ámbito geográfico de esta investigación se centra en el departamento de Bolívar, ubicado en la región caribe de Colombia. La selección de este departamento no es casual, sino que responde a una serie de criterios estratégicos que lo convierten en un punto representativo de los desafíos energéticos nacionales, especialmente en lo que respecta a las ZNI. Las razones para su elección incluyen:

- Concentración de zonas no interconectadas: el departamento de Bolívar alberga un número significativo de ZNI, particularmente en su zona insular, lo que lo convierte en un laboratorio natural para estudiar la implementación de proyectos de energías renovables y validar la efectividad del modelo de gestión propuesto.
- Ubicación estratégica y características socioeconómicas: su combinación de zonas continentales rurales y territorios insulares con economías dependientes del

turismo y la pesca artesanal presenta una diversidad de perfiles de consumo energético y desafíos logísticos. Esta heterogeneidad es ideal para probar la adaptabilidad y escalabilidad del modelo ágil.

- Relevancia en políticas públicas: el departamento ha sido objeto de diversas iniciativas gubernamentales para la expansión de la cobertura energética, lo que permite analizar la interacción del modelo de gestión propuesto con las políticas y los marcos regulatorios existentes en un contexto real.

Dentro de este marco departamental, el estudio empírico se focaliza en tres casos de estudio específicos que encapsulan los retos de las ZNI insulares: Santa Cruz del Islote, Isla Múcura e Isla Fuerte. Estas localidades fueron seleccionadas por sus características distintivas, que permiten un análisis comparativo enriquecedor: Santa Cruz del Islote por su altísima densidad poblacional y demanda concentrada; Isla Múcura por su enfoque turístico y demanda variable; e Isla Fuerte por su mayor extensión y potencial para soluciones híbridas. El análisis se nutre de datos técnicos, operativos y de costos del servicio, fundamentado en informes de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios, 2019).

Finalmente, la unidad de análisis de la investigación son las organizaciones del sector energético que funcionan como desarrolladoras, ejecutoras y operadoras de proyectos de energías renovables en la región. El modelo de gestión se diseña para ser implementado por estas empresas, buscando optimizar sus procesos internos y su interacción con las comunidades y las entidades regulatorias.

El horizonte temporal para el desarrollo de esta investigación doctoral se establece en un período de tres años, comprendido entre inicios de 2022 y finales de 2025. Este lapso se considera adecuado para abarcar desde la fundamentación teórica profunda hasta el desarrollo, la validación empírica y la consolidación de los resultados del modelo propuesto. Este período se estructura en tres fases principales, las cuales son secuenciales, pero con congruencias o unificación planificadas para permitir la retroalimentación continua, entre estas:

- Fase I. Fundamentación teórica y diseño metodológico (2022-2023): esta etapa inicial se dedicó a la revisión exhaustiva de la literatura científica sobre gestión de proyectos, metodologías ágiles, sostenibilidad y el sector de las energías renovables. Se consolidaron los marcos teórico, contextual y legal, y se procedió con el diseño detallado de los instrumentos de investigación, la selección de los casos de estudio y el establecimiento de los indicadores clave para la evaluación del modelo.
- Fase II. Desarrollo, aplicación y validación del modelo (2023-2024): corresponde al núcleo de la investigación. Durante esta fase, se diseñó la arquitectura del Modelo de Gestión Ágil para la Sostenibilidad (MGAS), integrando los marcos Scrum y Kanban. Posteriormente, se aplicó el modelo de manera simulada y a través de talleres con expertos, utilizando los datos recopilados de las ZNI seleccionadas para validar su coherencia, aplicabilidad y potencial de optimización frente a enfoques tradicionales.
- Fase III. Análisis de resultados y redacción final (2025): la última fase se centra en el análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos durante la validación. Se procederá al refinamiento final del modelo basado en la evidencia empírica, la interpretación de los hallazgos a la luz de la teoría existente y la articulación de las conclusiones. Culmina con la redacción del documento de tesis doctoral, incluyendo las implicaciones prácticas, las limitaciones del estudio y las recomendaciones para futuras líneas de investigación, para su posterior defensa.

CAPÍTULO II. Fundamentos Teóricos Referenciales.

La gestión de proyectos de energías renovables se caracteriza por su alta complejidad técnica, una significativa incertidumbre regulatoria y de mercado, y una inherente interconexión con los principios del desarrollo sostenible. La optimización y eficiencia en este dominio demandan un marco de gestión que no solo aborde la planificación y ejecución técnica, sino que también ofrezca la flexibilidad para adaptarse a cambios dinámicos, garantice la alineación con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo y detone el desarrollo local-social.

Por consiguiente, el modelo propuesto en esta investigación se fundamenta en la sinergia de pilares teóricos cruciales, en los que se resalta la teoría de la gestión ágil, la teoría de la sostenibilidad y los estándares consolidados en la gestión de proyectos. Esta sección articula estos y otros fundamentos, estableciendo el andamiaje conceptual sobre el cual se edificará un modelo de gestión innovador, propone la exposición de la postura teórica o el argumento en el que se basa el estudio de investigación relacionado con un modelo de gestión ágil de proyectos para energías solar y eólica en Colombia, así como las ideas con las que se relaciona, los juicios, aportes y trabajos de otros autores.

Si bien, toda investigación debe hacer referencia a un sistema o una orientación teórica en la que situarse, esta, añade una serie de supuestos y datos de estudios que se han realizado con anterioridad, de ahí que, para construir este capítulo, se hizo imprescindible revisar y analizar la bibliografía existente, de modo que se reafirmaron las teorías de proyectos para la implementación de los dispositivos de interés.

Así mismo, los estudios y bibliografía aportan conocimiento y dan contexto a la problemática tratada en la tesis doctoral, tal y como es presentado por los procesos de investigación en la UIIX, toda vez, que estas herramientas permiten crear un marco de referencia que ayuda a interpretar un tema específico, poniéndolo en contraste con un área de conocimiento más amplia y las variables de estudio relevantes.

2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).

Para comprender la necesidad y la originalidad de un modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia, es importante analizar la evolución y el estado actual de los paradigmas que lo componen. Es así, como el análisis se divide en un marco histórico, que traza la convergencia de las disciplinas, y un marco actual, que describe las tendencias y desafíos contemporáneos que justifican esta investigación doctoral.

A nivel de un marco histórico, es clave analizar la convergencia de paradigmas, específicamente en términos de la gestión de proyectos en el siglo XXI, el cual es el resultado de la confluencia de tres corrientes históricas que evolucionaron de forma independiente y que hoy se entrelazan de manera necesaria en el sector de las energías renovables.

La primera de ellas es la evolución de la gestión de proyectos, que parte de lo predictivo a lo adaptativo, fue consolidada a mediados del siglo XX, y que nació de la necesidad de controlar grandes y complejos proyectos de ingeniería y defensa. Estos entornos dieron lugar a enfoques predictivos o en cascada, caracterizados por una planificación exhaustiva y secuencial. El estándar del Project Management Institute (PMI), el *PMBOK® Guide*, codificó esta visión, proporcionando un marco fuerte para proyectos con requisitos claros y estables. Sin embargo, la creciente complejidad y la velocidad del cambio tecnológico, especialmente en el sector del software, expusieron las limitaciones de esta rigidez (Project Management Institute, 2017).

En respuesta, emergieron los enfoques ágiles, formalizados en el manifiesto por el desarrollo ágil de software en 2001 (Beck et al., 2001). La agilidad propuso un cambio de paradigma: valorar a los individuos y sus interacciones sobre los procesos, la colaboración con el cliente sobre la negociación contractual y la respuesta ante el cambio sobre el seguimiento de un plan.

Como segunda corriente o instancia se puede identificar la institucionalización de la sostenibilidad, que parte de la conciencia ambiental a la estrategia empresarial, como un concepto que trascendió los círculos ecologistas para convertirse en un principio rector del desarrollo global con la publicación del Informe Brundtland, nuestro futuro común (WCED, 1987). Este informe definió el desarrollo sostenible satisfaciendo las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Posteriormente, el concepto de la triple cuenta de resultados o triple bottom line, económico, social y ambiental, lo fijó en el lenguaje empresarial y financiero (Elkington, 1997) y que inicialmente fue vista como una restricción o un ejercicio de filantropía, la sostenibilidad se ha integrado progresivamente en la estrategia corporativa, impulsada por la regulación, la demanda de los inversores o criterios ESG y la necesidad de una licencia social para operar.

Finalmente, la tercera corriente es el auge del sector de las energías renovables, que surge como una alternativa y pasa a la necesidad estratégica. Este es impulsado inicialmente por las crisis del petróleo en la década de 1970 y, más tarde, por la creciente evidencia del cambio climático, la cual fue formalizada en acuerdos como el de Kioto y París, haciendo que el sector de las energías renovables haya transitado de ser una fuente de energía marginal a un pilar central de la seguridad energética y la política climática global. Históricamente, sus proyectos se gestionaban con los mismos enfoques de ingeniería civil que los proyectos energéticos convencionales, no obstante, la rápida innovación tecnológica como paneles más eficientes y turbinas más grandes, la volatilidad de los marcos regulatorios y la complejidad de la integración en redes eléctricas existentes han demostrado que los modelos puramente predictivos son insuficientes para gestionar su incertidumbre inherente.

Estas tres corrientes históricas convergen en un panorama actual definido por la hibridación de enfoques y la premura de integrar la sostenibilidad de manera efectiva, por tanto, la dicotomía ágil versus cascada se considera obsoleta; la tendencia, reconocida por instituciones como el PMI, es hacia modelos híbridos que combinan la planificación a largo plazo de los enfoques predictivos con la flexibilidad de los

enfoques ágiles para gestionar la incertidumbre y los cambios (Project Management Institute, 2021).

Paralelamente, la sostenibilidad ha evolucionado para convertirse en un eje de valor y riesgo, es decir, ya no es un anexo, sino un componente central en la viabilidad de un proyecto. La mala gestión de los impactos sociales, ambientales o de los residuos puede paralizar inversiones multimillonarias. En este contexto, conceptos como la economía circular y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se han establecido como herramientas clave para diseñar, implementar y dismantelar proyectos que optimicen el uso de recursos y reduzcan el desperdicio (Aarseth et al., 2017; Testorelli et al., 2024).

Es precisamente en esta intersección donde se manifiesta una clara brecha de investigación, pues la literatura académica aborda estos temas de forma aislada o en pares, es decir, agilidad en ingeniería y sostenibilidad en gestión de proyectos, pero carece de marcos de gestión integrados que unan las tres áreas, lo que indica, que no existen modelos explícitos que guíen a los gerentes de proyectos de energías renovables sobre cómo utilizar principios ágiles para mejorar simultáneamente la eficiencia operativa y los resultados de sostenibilidad.

Para ello, varias investigaciones doctorales delimitan el perímetro del conocimiento actual y, a su vez, exponen las fisuras que esta tesis pretende resolver, demostrando cómo cada una aporta una pieza del rompecabezas sin llegar a completarlo, como lo indica (Gimeno Alonso, 2022), centrándose en la modelización de procesos de decisión para el autoconsumo fotovoltaico, y con un aporte clave para la fase de planificación, ya que identifica las variables económicas, sociales y ambientales que deben considerarse para una toma de decisiones óptima y sostenible. Proporciona a su vez, los inputs de qué se debe medir, y una limitación y conexión, que, si bien define el "qué", es decir las variables de decisión, no aborda el "cómo" gestionarlas dinámicamente durante la ejecución del proyecto. Por tanto, se tomarán esas variables como base para integrarlas en un marco de gestión adaptativo.

Al tiempo, Al-Shamlan (2022) investiga la aplicación de principios ágiles en grandes proyectos de infraestructura pública, rompiendo la barrera conceptual de que la agilidad es solo para el software, probando que principios como la transparencia y la adaptación son aplicables a la gobernanza de proyectos de ingeniería. Así pues, justifica la viabilidad de usar un enfoque ágil en el sector de las renovables, pero su enfoque se limita a la gobernanza y los *stakeholders*, sin conectar explícitamente las prácticas ágiles con la consecución de objetivos de sostenibilidad. Esta investigación doctoral construirá sobre su base, vinculando directamente la gobernanza adaptativa con la gestión de riesgos y oportunidades de sostenibilidad.

Por su parte, Weber (2021) aborda la integración de la sostenibilidad a nivel estratégico en la gestión de carteras de proyectos, validando la importancia de cuantificar e integrar la sostenibilidad en las decisiones de alto nivel, proporcionando métricas relevantes para el sector energético. Su enfoque es puramente estratégico para la selección de proyectos y no desciende al nivel táctico y operativo de la ejecución. De allí, que sean útiles sus indicadores como posibles inputs para un *product backlog* en un marco Scrum, centrándose en cómo un equipo ágil entrega valor sostenible de forma incremental y según la incertidumbre, como lo hace Tanaka (2020), que desarrolla un marco de gestión de riesgos para parques eólicos marinos, considerando los impactos del cambio climático. Ofrece a su vez, un catálogo detallado de los riesgos e incertidumbres específicos del sector, que son precisamente el tipo de volatilidad que los enfoques ágiles están diseñados para gestionar. Tanaka propone un modelo predictivo para anticipar el riesgo que en contraste con la tesis doctoral que se adelanta, propondrá un modelo ágil para responder y adaptarse a la incertidumbre de manera continua a medida que ésta emerge, convirtiendo la gestión de riesgos en un proceso adaptativo.

Desde otro punto de vista, Mendoza Vizcaino (2019), Ponce (2019) y Batalla Bejerano (2016) analizan la integración de renovables desde perspectivas técnico-económicas, de política energética y de mercado. Sus investigaciones proporcionan un contexto macro indispensable sobre los desafíos económicos, regulatorios y de infraestructura, como factores externos que impactan directamente en la gestión de proyectos. Su nivel de

análisis es sistémico y de política pública, no el de la gestión interna del proyecto, definiendo el terreno de juego, es decir, se enfoca precisamente en esa estrategia de ejecución.

Sin embargo, López González (2018) y Domenech Léga (2013) proponen metodologías para la evaluación y el diseño de proyectos de electrificación rural con renovables, aportando herramientas valiosas para las fases iniciales de diseño y finales de evaluación del ciclo de vida, considerando factores técnicos y sociales. Se centran en momentos específicos del proyecto como diseño o evaluación y no en un marco de gestión integral que abarque toda la fase de ejecución, desde la planificación hasta la entrega. Desde el modelo propuesto en esta tesis doctoral, se busca llenar ese vacío central, lo que se complementa con lo expuesto por Ortiz (2015) y González (2014), quienes exploran la contribución de las renovables al desarrollo sostenible y su competitividad económica, reforzando la justificación del porqué es crucial vincular los proyectos de energías renovables con los tres pilares de la sostenibilidad analizando el marco económico que lo posibilita, aunque su enfoque es retrospectivo y analítico, estableciendo la importancia de la sostenibilidad como resultado, pero sin proponer un método de gestión proactivo para asegurarla durante la ejecución.

Por tanto, los estudios previos abordan los pilares de la agilidad, la sostenibilidad y la gestión de proyectos de energía renovable de manera aislada o, en el mejor de los casos, en pares. La literatura existente es rica en investigaciones que profundizan en aspectos específicos, pero padece de una visión integradora, dado que algunas exploraciones proponen marcos de sostenibilidad a nivel estratégico de portafolio (Weber, 2021), sin detallar su implementación operativa; otras validan la aplicación de principios ágiles a la gobernanza de grandes proyectos de ingeniería (Al-Shamlan, 2022), pero sin conectarlos explícitamente a resultados de sostenibilidad; y un tercer grupo se enfoca en modelos predictivos de riesgo (Tanaka, 2020) o en análisis técnico-económicos y regulatorios (Mendoza Vizcaino, 2019; Ponce, 2019) que, si bien son fundamentales, no ofrecen una metodología de gestión para la ejecución del proyecto en un entorno incierto.

Esta fragmentación del conocimiento deja un vacío significativo, es decir, la ausencia de un modelo de gestión integrado y accionable que opere en el nivel táctico y operativo, donde las decisiones diarias determinan el éxito o fracaso de un proyecto. Los gestores de proyectos de energías renovables carecen de un marco formalizado que les guíe sobre cómo usar las prácticas ágiles como *sprints*, retrospectivas y *backlogs*, para así, responder a la volatilidad del sector y, al mismo tiempo, entregar valor sostenible de manera medible y continua. La contribución única y fundamental de esta tesis doctoral es, precisamente, diseñar y proponer dicho modelo, que, a diferencia de los enfoques previos, esta investigación no se limita a recomendar la sostenibilidad o a validar la agilidad de forma conceptual, sino que busca construir un puente metodológico entre ambos. El resultado será un modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad que dota a los equipos de proyecto de herramientas y procesos específicos para gestionar la incertidumbre, optimizar los recursos y asegurar que las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad no sean simples requisitos para cumplir, sino objetivos de valor entregados de forma iterativa e incremental a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. En esencia, esta tesis doctoral busca transformar la manera en que se ejecutan los proyectos de energías renovables solar y eólicas, pasando de una gestión fragmentada a un enfoque holístico, adaptativo y orientado al valor sostenible.

2.2. Marco Teórico.

En la actualidad, la información más relevante sobre las ZNI de Colombia sigue enfocada en los esfuerzos para garantizar un servicio de energía eléctrica confiable, seguro y con un enfoque en energías limpias. El Ministerio de Minas y Energía y el IPSE han continuado con la labor de ampliación de cobertura, utilizando fondos como el FAZNI para financiar proyectos en las ZNI que buscan beneficiar a nuevos usuarios. Por ejemplo, en 2023 se asignaron recursos para proyectos que benefician a más de 8.300 usuarios (IPSE, 2023).

Se destaca así, la importancia de la Transición Energética Justa (TEJ), que es un catalizador en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y cuyo pilar busca una energía más segura, confiable y eficiente, promoviendo la generación a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) en las ZNI (Ministerio de Minas y Energía, 2025); (Departamento Nacional de Planeación, 2024).

Para ello, se ha impulsado la figura de las comunidades energéticas expuestas en la Ley 2294 de 2023 y el Decreto 2236 de 2023, como un mecanismo de gestión comunitaria de energía que busca fomentar el uso de FNCER y recursos energéticos distribuidos para la generación, comercialización y uso eficiente de la energía (Ministerio de Minas y Energía, 2024). De ahí, que la mención sobre, una de las mejores redes de distribución de energía de manera limpia y confiable, se enmarca en la política actual del gobierno nacional de avanzar hacia una matriz energética diversificada y sostenible, aunque los esfuerzos se centran en expandir y mejorar la calidad y confiabilidad del servicio, particularmente en las ZNI, donde históricamente se presentan mayores desafíos (Ministerio de Minas y Energía, 2025).

Así mismo, se conoció que, con corte a las proyecciones utilizadas en 2023 para la planificación a mediano plazo, el reto de la universalización se enfoca en 1.371.394 viviendas sin servicio eléctrico a nivel nacional, la mayoría de ellas ubicadas en zonas rurales y apartadas. Esta cifra es la base para la planificación de soluciones, como la interconexión a redes existentes, la instalación de sistemas fotovoltaicos aislados y la implementación de microrredes, especialmente en las zonas no interconectadas (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2025).

La electrificación de las ZNI del norte de Colombia representa un desafío que trasciende la mera implementación tecnológica, ya que el elevado costo y la complejidad logística de extender las redes convencionales a comunidades remotas, han puesto de manifiesto una problemática más profunda, es decir, que los modelos de gestión y planificación de proyectos energéticos tradicionales son insuficientes para abordar este contexto de alta incertidumbre. Los enfoques actuales a menudo carecen de la agilidad necesaria para

adaptarse a las realidades locales, de una planificación financiera que garantice la sostenibilidad a largo plazo y de estudios específicos que validen la idoneidad de las tecnologías renovables propuestas.

Esta investigación doctoral parte de la premisa de que el fracaso en llevar energía sostenible a estas zonas no es solo un problema técnico o económico, sino fundamentalmente un problema de gestión. La volatilidad de los costos, la necesidad de una profunda participación comunitaria, los cambiantes marcos regulatorios y la rápida evolución tecnológica son factores que demandan un enfoque de gestión más dinámico, adaptativo y holístico.

Para construir un modelo de gestión que sea a la vez ágil, estratégico y financieramente viable, es indispensable establecer primero un marco conceptual robusto, que no se trata simplemente de aproximar herramientas, sino de cimentar la propuesta en teorías y conceptos validados que, al ser integrados, den respuesta a la complejidad del problema. Por lo tanto, este capítulo se dedica a definir y analizar los pilares teóricos que fundamentan el diseño del modelo propuesto, estableciendo el horizonte conceptual sobre el cual se desarrolla esta tesis doctoral.

2.2.1. Teoría de la Gestión Ágil: Marco de Trabajo Scrum, Método Kanban & Metodología Lean Startup

La gestión ágil emerge como una filosofía de gestión de proyectos que prioriza la flexibilidad, la colaboración y la entrega de valor incremental en entornos de alta incertidumbre. A diferencia de los enfoques predictivos tradicionales, que se basan en una planificación exhaustiva y secuencial, la agilidad promueve un desarrollo iterativo e incremental, permitiendo una adaptación continua a través de ciclos de retroalimentación cortos (Highsmith, 2009). Su aplicabilidad ha trascendido el desarrollo de software, demostrando ser efectiva en proyectos complejos de ingeniería donde los requisitos

pueden evolucionar y los riesgos son emergentes (Ulloa-Ulloa & Baquero-Valladares, 2025).

Al realizar un análisis comparativo entre diversas metodologías ágiles, incluyendo *Scrum*, *Kanban*, *Extreme Programming (XP)*, *Lean*, *Crystal* y *DSDM*, se observa que, en el caso de *XP* y *Lean*, aunque son valiosos en contextos técnicos, presentan limitaciones en entornos con baja conectividad y recursos limitados como las ZNI, ya que la adopción de metodologías Lean es valiosa en su filosofía de eliminación de “desperdicios o residuos”, pero no constituye un marco de gestión de proyecto completo por sí mismo. De igual forma, la programación extrema (*XP*) se orienta excesivamente al desarrollo de software, siendo inaplicable a la gestión de proyectos de instalación física o infraestructura. Por su parte, *Crystal* y *DSDM*, requieren niveles de madurez organizacional y estructural que no siempre están presentes en comunidades rurales, lo que hace que Scrum se destaque por su estructura iterativa, roles definidos y enfoque en la entrega continua de valor, mientras que Kanban aporta flexibilidad operativa, visualización del flujo de trabajo y facilidad de implementación en entornos distribuidos.

Scrum es el marco de trabajo ágil más adoptado a nivel global, el cual, no es una metodología prescriptiva, sino un marco de procesos que establece roles, eventos y artefactos para gestionar el trabajo complejo adaptativo (Schwaber & Sutherland, 2020). Su estructura se diseña para optimizar la previsibilidad y controlar el riesgo mediante ciclos de trabajo fijos denominados *sprints* (Žáček, M., et al, 2025). Entre los roles fundamentales de esta metodología ágil se tienen:

- Product owner: responsable de maximizar el valor del producto resultante del trabajo del equipo, gestionando y priorizando la cartera de requerimientos o *product backlog*.
- Scrum máster: un líder servicial que asegura que el equipo se adhiere a la teoría, prácticas y reglas de Scrum, eliminando impedimentos y facilitando los eventos.

- Development team: un equipo auto organizado y multifuncional de profesionales que realiza el trabajo de entregar un incremento de producto "terminado" y potencialmente desplegable al final de cada *sprint*.

Entre los eventos claves para esta metodología se destacan:

- Sprint: un evento de duración fija que generalmente tiene una duración de una a cuatro semanas, durante el cual, se crea un incremento de producto utilizable y potencialmente entregable.
- Sprint planning: reunión al inicio del *sprint* donde el equipo completo colabora para definir el objetivo del *sprint* y el trabajo a realizar.
- Daily scrum: breve reunión diaria para sincronizar actividades y planificar las próximas 24 horas.
- Sprint review: se realiza al final del *sprint* para inspeccionar el incremento y adaptar el *product backlog* si es necesario.
- Sprint retrospective: oportunidad para que el equipo se inspeccione a sí mismo y cree un plan de mejoras para el próximo *sprint*.

Otro aspecto importante es el *product backlog*, que corresponde a una lista priorizada y dinámica de todo el trabajo necesario para desarrollar un producto, incluyendo funcionalidades, mejoras y correcciones de errores, que guía al equipo de desarrollo y se alinea con los objetivos del proyecto. Su propósito es servir como la única fuente de verdad sobre lo que se debe construir, evolucionando a medida que el proyecto avanza y se incorpora retroalimentación (Arteche, et al., 2025).

Por tanto, para el marco de trabajo scrum, su aplicabilidad en ingeniería radica en la capacidad de descomponer proyectos masivos, como la construcción de un parque eólico, en incrementos de valor gestionables, permitiendo la validación temprana de soluciones técnicas y la adaptación a imprevistos geológicos, logísticos o regulatorios (Takeuchi & Nonaka, 1986); (Alqudah & Razali, 2022).

Por su parte, Kanban es un método de gestión que se enfoca en visualizar el flujo de trabajo, limitar el trabajo en progreso (Work in Progress - WIP) y maximizar la eficiencia del flujo. Originado en los sistemas de producción de la marca Toyota, ha sido adaptado al trabajo intelectual y de servicios por David J. Anderson (2010). A diferencia de Scrum, Kanban no es iterativo, sino que se basa en un flujo continuo y no prescribe roles ni eventos fijos (Anderson, 2010). Sus principios fundamentales son:

- Visualizar el flujo de trabajo: utiliza un tablero Kanban para mapear las etapas del proceso, haciendo visible todo el trabajo, desde su solicitud hasta su finalización.
- Limitar el trabajo en progreso (WIP): se establecen límites explícitos sobre cuántos ítems pueden estar en cada etapa del flujo. Esto previene cuellos de botella y mejora el rendimiento *throughput*.
- Gestionar el flujo: se monitorea, mide y reporta el flujo de trabajo para identificar oportunidades de mejora y hacer que el proceso sea más predecible.
- Hacer las políticas del proceso explícitas: las reglas y criterios para mover el trabajo a través del tablero se definen claramente, promoviendo un entendimiento común.

En proyectos de energías renovables, Kanban es particularmente útil para gestionar procesos operativos y logísticos, como la cadena de suministro de componentes, los procesos de obtención de permisos o la gestión de incidencias durante la fase de operación y mantenimiento. Del mismo modo, para la metodología *lean startup*, propuesta por Eric Ries (2011), se relaciona como un enfoque para el desarrollo de productos y negocios que busca acortar los ciclos de desarrollo de productos mediante la experimentación, la retroalimentación del cliente y el diseño iterativo. Su núcleo es el ciclo de retroalimentación construir-medir-aprender (Alqudah & Razali, 2022).

El objetivo es lanzar un producto mínimo viable (PMV), que es la versión más simple de un producto que puede ser liberada para aprender de los usuarios. En el contexto de proyectos de ingeniería complejos, un PMV no es necesariamente un producto físico,

sino que puede ser una simulación, un prototipo a escala o un piloto de una nueva tecnología o proceso. El conocimiento validado a través de este ciclo permite a la organización pivotar mediante el cambio de estrategia o perseverar con un enfoque basado en evidencia empírica, reduciendo el desperdicio de recursos en ideas no viables (Gaete, 2021).

La combinación Scrum-Kanban permite entonces, aprovechar la planificación estratégica y la entrega iterativa de Scrum, junto con la gestión visual y el control de flujo de Kanban. Esta sinergia facilita la adaptación continua, la participación comunitaria y la sostenibilidad del proyecto, elementos clave en el desarrollo de soluciones energéticas en zonas no interconectadas, garantizando que el modelo diseñado no solo sea técnicamente viable, sino también socialmente aceptado y ambientalmente sostenible.

2.2.2. Teoría de la sostenibilidad (Desarrollo sostenible) y su implicación en el desarrollo proyectos

La sostenibilidad es un paradigma de desarrollo que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Este concepto fue catapultado a la prominencia global por el Informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, 1987).

En el marco de sus dimensiones, el enfoque más aceptado de la sostenibilidad es el de la Triple Cuenta de Resultados (Triple Bottom Line), propuesto por John Elkington (1997), que postula que el rendimiento de una organización debe medirse en términos de sus impactos en tres dimensiones interconectadas, a saber:

- **Sostenibilidad ambiental:** se refiere a la capacidad de los sistemas biofísicos para mantener su integridad y resiliencia. En la gestión de proyectos, esto implica

minimizar el consumo de recursos, reducir la huella de carbono, gestionar los residuos y proteger la biodiversidad.

- Sostenibilidad social: concierne al impacto del proyecto sobre las comunidades locales, los empleados y otras partes interesadas. Incluye aspectos como la equidad, la salud y seguridad, los derechos humanos y el desarrollo comunitario.
- Sostenibilidad económica: implica la viabilidad económica a largo plazo del proyecto sin agotar los capitales natural y social. Va más allá de la rentabilidad financiera para incluir la eficiencia de los recursos, la creación de valor a largo plazo y la resiliencia económica.

Por lo tanto, la sostenibilidad en la gestión de proyectos significa integrar objetivos y criterios ambientales, sociales y económicos en cada etapa del ciclo de vida del proyecto. Esto abarca desde la concepción y el diseño, hasta la ejecución, operación y desmantelamiento. Para lograrlo, es necesario un cambio de enfoque: pasar de simplemente cumplir con el alcance, el tiempo y el costo (la tradicional triple restricción) a adoptar una visión más amplia que considere el valor a largo plazo y el impacto total del proyecto (Project Management Institute, 2021).

Autores como Silvius y Schipper (2014) argumentaron que la sostenibilidad no es una restricción adicional, sino una fuente de valor e innovación para el proyecto y sus interesados. Para los proyectos de energías renovables, esta integración es fundamental, y, aunque su propósito principal es ambiental para la mitigación del cambio climático, su ejecución debe gestionarse para evitar impactos negativos, como el uso de tierras en conflicto con comunidades locales, la gestión de residuos de paneles solares o turbinas eólicas al final de su vida útil, y asegurar la viabilidad económica sin subsidios perpetuos (Sabini, et al, 2020).

El desarrollo sostenible que articula tres dimensiones fundamentales: económica, social y ambiental, y desde una perspectiva histórica y la sostenibilidad, ha evolucionado desde enfoques puramente económicos hacia modelos multidisciplinarios que integran la equidad social y la conservación ecológica, mientras que la teoría moderna del

desarrollo sostenible reconoce la interdependencia entre crecimiento económico, justicia social y protección ambiental. En el contexto de proyectos de energías renovables, la sostenibilidad implica no sólo la eficiencia energética, sino también la responsabilidad social y la mitigación del impacto ambiental, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por Naciones Unidas.

2.2.3. Estándares y perspectivas en la gestión de proyectos

Para contextualizar la innovación del modelo ágil y sostenible, es imperativo reconocer los marcos de gestión de proyectos establecidos que han dominado el panorama de la ingeniería durante décadas. Uno de ellos parte desde el enfoque predictivo del *Project Management Institute (PMI)*, que rige como una autoridad global en la disciplina, y su guía, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, ha sido el estándar de facto para la gestión de proyectos predictiva o en cascada. Este enfoque se basa en una planificación detallada y secuencial, donde cada fase del proyecto como la iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, se completa antes de iniciar la siguiente (Project Management Institute, 2021). Este modelo es efectivo en proyectos con requisitos estables, tecnología conocida y un bajo grado de incertidumbre. Sin embargo, su rigidez puede ser una desventaja en el entorno dinámico de las energías renovables.

En términos de la Evolución hacia la agilidad en los estándares globales se han reconocido las limitaciones del enfoque puramente predictivo, y que, por ello, las propias organizaciones de estándares han evolucionado para incorporar la agilidad. El PMI, en colaboración con la *Agile Alliance*, publicó la Guía Práctica de Ágil (*Agile Practice Guide*), que reconoce que los ciclos de vida de los proyectos existen en un continuo que va desde lo predictivo hasta lo ágil (Project Management Institute, 2021).

Se promueve la idea de enfoques híbridos, que combinan elementos de la gestión predictiva para aspectos del proyecto que son previsibles, como la construcción de

infraestructuras con enfoques ágiles para aspectos con alta incertidumbre, como el desarrollo de software de control o la optimización de la operación. Esta evolución legitima la búsqueda de modelos de gestión que no sean dogmáticos, sino que seleccionen y combinen las herramientas más adecuadas para el contexto específico del proyecto, justificando la premisa de esta tesis de desarrollar un modelo híbrido y adaptado para la optimización y sostenibilidad en proyectos de energías renovables.

2.2.4. Energía de un sistema

Para definir este término es correcto fundamentar teóricamente que la energía de un sistema está definida como la cantidad de trabajo que dicho sistema es capaz de producir, toda vez, que el ser humano requiere energía para realizar sus actividades vitales y productivas. Por tanto, la energía se presenta en la naturaleza de diferentes formas, como, por ejemplo: la energía cinética, que está asociada al movimiento; la energía potencial, que está relacionada con la ubicación relativa entre objetos dentro de un sistema como la energía potencial gravitacional; la energía eléctrica, que está asociada al movimiento de electrones; la energía calórica o energía en forma de calor, entre otras.

Todas estas deben ser medidas y se relacionan con variables importantes como: tipo de tecnologías, potencial eólico, niveles de energías producidas y potencial solar, ya que permite analizar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares en la captación energética a partir de la indagación primaria del proceso de investigación, para la identificación de las ventajas energéticas, y que hace hincapié en un objetivo específico de la tesis doctoral.

Así mismo, se conoce que la energía eléctrica obedece a aquella de mayor calidad generada por el movimiento de electrones positivos y negativos en el interior de materiales conductores con un alto potencial de realizar trabajo y, por lo tanto, puede

utilizarse para realizar un mayor número de actividades. Esta se genera a partir de una diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor (Gómez, 2011).

Lo anterior, permite evaluar un análisis del potencial del recurso solar y eólico en los municipios considerados, realizando cálculos de dimensionamiento de los sistemas de generación, cálculo de costos de generación y de capital aproximados, así como descripción general de las políticas para la promoción e integración de las fuentes no convencionales y la brecha existente en energías renovables en la matriz energética del país (Rodríguez Blanco, 2018).

2.2.5. Fuentes de energía existentes

Entre los tipos de fuentes de energía existentes se encuentran las fuentes convencionales que parte de combustibles fósiles e hidráulica y las no convencionales que se originan a partir de fuente solar, eólica, hidroeléctricas, nucleares, biomasa, entre otras. De ahí que se establezcan fuentes de energía teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos en renovables y no renovables.

Las renovables se basan en la utilización de recursos naturales: el sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente, mientras que las energías no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en una cantidad agotable, no se regeneran o lo hacen de una forma muy lenta en relación con la esperanza de vida humana tal (Factor Energía, 2018).

Por ello, se ha realizado un importante esfuerzo por sistematizar los conocimientos que unen los campos de la geografía y de la energía, de forma tal, que se pueda dar respuesta a una doble preocupación: por un lado, aportar conocimiento territorial a la planificación energética y a la integración de las energías renovables y por otro, aportar las herramientas necesarias para incluir ese conocimiento en proyectos activos de integración (Domínguez, 2012).

Es así, como se hace necesario ingresar a la oferta energética con energías renovables competitivas, que permitan consolidar la relación causal entre: energía, medio ambiente, y desarrollo económico, partiendo del papel de las fuentes renovables dentro del sistema energético y su importancia frente a su propia crisis, vitales en la consolidación de un derecho energético ambiental, incorporando energías limpias que compitan frente a los combustibles fósiles, a partir de la facultad regulativa estatal como exención pública (Pereira, 2015).

2.2.6. Energía solar y energía eólica

El gobierno de Colombia, por medio del Senado de la República, estableció la LEY 1715 de 2014, en la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. En su artículo 1 indica como objeto:

Promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda (Ley 1715 de 2014, 2020).

Si bien, dicha ley fue modificada el 22 de noviembre de 2019, hace referencia a fuentes renovables como la energía solar, la cual es obtenida a través de placas solares que absorben la radiación solar transformándola en electricidad, y que puede ser almacenada o volcada a la red eléctrica. También existe la energía solar termoeléctrica, la cual utiliza la radiación solar para calentar un tipo de líquido y/o fluido, hasta que genere vapor, y acciona una turbina que genera electricidad (Factor Energía, 2018); (Martínez Carrasco, 2022).

Por su parte, en la energía eólica, la generación de electricidad se lleva a cabo con la fuerza del viento, bajo una planeación claramente definida que permita un completo

aprovechamiento, por medio de la localización de posibles sitios con potencial eólico aprovechable. Esta detección se logra con análisis de evidencias ecológicas y la percepción física de corrientes de aire en la zona o región (Enrique García, 2015).

Estos tipos de energía focalizaron un estudio descriptivo de tecnología incorporada en el sector energético que obtuvo información económica, inversión y costos referente a dispositivos eólicos y solares, derivado en variables de estudio como: costos de inversión, costos de dispositivos, capacidad energética y riesgos económicos operativos, como elemento de soporte teórico y conceptual que permitió enriquecer la comprensión del desarrollo regional sostenible (Mejía-Rodríguez et al., 2016).

Por su parte, en España se vive una transformación energética que se caracteriza por un fuerte impulso hacia las fuentes renovables, viviendo una disminución gradual en el uso de combustibles fósiles, la adopción de tecnologías más limpias, como los paneles solares en diversos lugares, el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía y la integración de vehículos eléctricos. Este panorama conlleva a cambiar los hábitos de consumo energético para lograr objetivos como reducir las emisiones de CO₂ y crear un entorno más amigable con el medioambiente (Domínguez, 2012; Factor Energía, 2018).

Dicho entorno sostenible, se debe realizar basados en un adecuado modelo de gestión estratégico, financiero y de implementación de la estrategia de gestión de nuevas tecnologías en los últimos 10 años, con tecnología cuya base fundamental es la alineación entre la gestión de tecnología y la estrategia sectorial o institucional y proyectos sociales (Ministerio TIC de Colombia, 2014).

Es importante a su vez, establecer los desarrollos regulatorios, normativo y de planeación establecidos, los cuales deben cumplirse en un tiempo estimado preciso (alrededor de 3 años), al tiempo que se avance en procesos de aprendizaje por parte de los agentes encargados de decisiones políticas, por ejemplo, el plan integral propuesto para la explotación del potencial eólico de La Guajira Colombiana, a finalizarse en el año 2020 (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2015).

Estos datos son claves para focalizar mediante un estudio descriptivo la tecnología incorporada en el sector energético que permita la obtención de información económica, inversión y costos referente a la funcionalidad de dispositivos eólicos y solares, conduciendo a cambios de paradigma en el gobierno local, regional y nacional; para revertir la situación de marginalidad y pobreza que presenta el sector estudiado, bajo la articulación interinstitucional de los entes gubernamentales (Carroz, 2005).

2.2.7. Gestión estratégica y cuadro de mando integral

La gestión estratégica ofrece una serie de beneficios, como la habilidad de identificar, priorizar y aprovechar nuevas oportunidades, esto implica diseñar e implementar métodos que ayuden a lograr una ventaja competitiva sostenible. Es una forma de planificación que puede seguir un enfoque sistemático o surgir de manera más espontánea, y abarca etapas como la evaluación inicial, un análisis detallado, la formulación de estrategias, su ejecución y una evaluación posterior para garantizar su efectividad (Neetwork, 2019).

Un ejemplo, obedece a los productos, mercados e incursiones más recientes en las líneas de negocios, los cuales solo son posibles si las empresas, inversionistas y los diferentes sectores, se entregan a la planificación estratégica, ya que varios gobiernos y organizaciones internacionales, fomentan la creación de Comunidades Energéticas Sostenibles (CES), como estrategia para mejorar la aceptación pública de las renovables (Romero-Rubio, 2015).

Después de esto, la gestión estratégica permite a las empresas tener una visión objetiva de las actividades que realizan, además de hacer un análisis costo-beneficio para determinar si la empresa es rentable, así como los análisis de economía energética y regulación, mercados de energía, política energética, recursos energéticos y medio ambiente, optimización y uso racional de energía (Jiménez-García et al., 2019).

Es así, como en la actualidad, la gestión estratégica, permite entonces, obtener resultados tangibles de ella. De allí, que los líderes de la estrategia o de la gerencia de gestión estratégica obedecen a una figura encargada de garantizar el logro de los objetivos y de poner en marcha la planificación por medio de las operaciones diarias, que en muchas ocasiones se muestran en los *balanced scorecard* (Strickland, 2012).

La tarea de la gerencia de gestión estratégica es velar por los procesos del *balanced scorecard* o cuadro de mando como principal modelo de gestión estratégica, que permite promover y dirigir la reunión anual de revisión estratégica, haciendo un ejercicio de traducción de información actualizada a mapas y objetivos, dirigir el debate sobre los indicadores y su medición, y orientar a los líderes sobre cómo determinar objetivos e iniciativas que favorezcan el logro de las metas (ISOTools Excellence, 2017)

2.2.8. Planeación por escenarios y prospectivas

La planeación por escenarios se origina en el supuesto que, en últimas instancias, el conocimiento del futuro, no se puede lograr con certeza alguna. Partiendo de este punto de vista, los planeadores de escenarios se concentran en imaginar las múltiples alternativas futuras que se puedan dar, incluso en el tema energético (Ayala & Arias, 2015).

El proceso de creación de escenarios emplea una gama de técnicas para investigar, recoger ideas y escribir historias, en su intento de plasmar en forma narrativa, todos aquellos eventos que definen los linderos de los terrenos competitivos del futuro. La planeación por escenarios se concibe como una metodología estructurada para pensar acerca del entorno en el que las empresas operarán en el futuro y la forma, que, en consecuencia, esas organizaciones tendrán que tomar (Camelo, 2015).

Esta planeación es útil para integrar el conocimiento de un grupo de personas con distintas perspectivas en la generación de estrategias innovadoras, especialmente en

aquellas situaciones donde se requiere de alto grado de participación en la construcción de un nuevo futuro, que incluye como eje principal el desarrollo social, que llevará a una conversación estratégica, con visión y acción colectivamente compartida. Del mismo modo, resalta interrelaciones entre fuerzas y eventos del entorno exterior, que no serían evidentes usando otros métodos de análisis. La toma de decisiones posterior a este proceso será más fácil, cuando la empresa ha cruzado muchos puentes en la elaboración y evaluación de los escenarios (Ayala & Arias, 2015; Amaya, 2018).

2.2.9. Planificación operativa y costos de inversión

En el marco de la tesis doctoral, la planificación operativa es un pilar esencial, ya que ayuda a organizar el plan de trabajo de forma anual y general, permitiendo hacer ajustes y reorientaciones según las necesidades que surjan a lo largo del proceso de investigación. Esta planificación detallada se enfoca en aspectos clave como los resultados esperados, las actividades programadas, las personas responsables, los recursos disponibles, los plazos establecidos, los costos involucrados y otros elementos que transforman la estrategia en acciones concretas dentro de los equipos de trabajo. Es una herramienta de gestión que facilita la coordinación eficiente de los recursos humanos, financieros y físicos de la organización, con el objetivo de alcanzar las metas definidas en los planes estratégicos y tácticos (Armijo, 2018).

El principal objetivo es proporcionar, al personal de las organizaciones, una visión clara de tareas y responsabilidades, congruentes con las metas y objetivos contenidos en el plan estratégico. Se concentra en los servicios y productos de una compañía o proyecto, tales como: producción, equipos, personal, inventarios y procesos. La finalidad es desplegar planes con el objeto de desarrollar proyecciones financieras y maximizar la participación de la empresa en el mercado (Sy Corvo, 2018).

A su vez, los costos de inversión corresponden a aquellos ocasionados en la adquisición de los activos necesarios para el funcionamiento de un proyecto, que van desde la

creación del proyecto hasta el inicio de la producción. Comprenden los costos siguientes según del tipo de proyecto: estudios de factibilidad y definitivos, planos y licencias, terrenos, edificios, instalaciones fijas, bienes de capital, mobiliario, entre otros, que hacen posible el inicio de la etapa operativa del proyecto (Landaure, 2016).

2.2.10. Estudio técnico y estudio de mercado

El estudio técnico tiene como objetivo principal evaluar si es viable fabricar un producto u ofrecer un servicio, basándose en los objetivos establecidos en el proyecto. Su meta principal es determinar si se puede producir y comercializar ese bien o servicio con los niveles de calidad, cantidad y costo que se requieren. Para lograr esto, es crucial identificar las tecnologías disponibles, así como los equipos, maquinarias, insumos, materias primas, procesos productivos y el personal necesario. Este análisis técnico debe estar estrechamente relacionado con el estudio de mercado, ya que la producción debe orientarse a satisfacer la demanda que se ha identificado previamente. Además, se conecta con la estructura financiera del proyecto, que incluye la estimación de inversiones, costos e ingresos proyectados (Meza Orozco, 2017).

El estudio de mercado es una etapa clave en la creación de proyectos, ya que permite examinar la demanda, la oferta y los precios de los productos o servicios que se desean ofrecer. Este análisis implica procedimientos complejos y se considera la fase más crítica del proceso, porque los resultados que obtenemos aquí son los que determinan si el proyecto es viable o no. Si no se logra identificar una demanda real o una oportunidad concreta de comercialización, no tendría sentido seguir adelante con los estudios técnicos, administrativos o financieros. Por lo tanto, el estudio de mercado se convierte en la base para tomar decisiones estratégicas en el desarrollo del proyecto (Meza Orozco, 2017).

La importancia del estudio está en que recoge toda la información sobre los productos o servicios que suministrará el proyecto, aporta información valiosa para la decisión final

de invertir o no y que en algunos casos infiere un estudio crítico, con un enfoque socioeconómico y sostenible de la evaluación actual de la inversión en energías renovables, permitiendo así enmarcar la evaluación de la inversión en este sector, aportando conocimientos para desarrollar un futuro procedimiento evaluativo (Martín Barroso & Leyva Ferreiro, 2017).

2.2.11. Inversiones y beneficios del proyecto

Las inversiones y beneficios que se consideran en un proyecto son fundamentales para responder a preguntas clave, como: ¿Cuál es el monto y tipo de inversión que se necesita para que el proyecto empiece a operar? Para llevar a cabo una evaluación adecuada, los activos requeridos se agrupan en tres categorías principales: activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo. Los activos fijos son bienes tangibles que se han adquirido, construido o que están en proceso de construcción, y que se utilizarán de forma permanente en la producción de bienes y servicios, en actividades administrativas o para arrendamiento. Estos activos no se compran con la intención de comercializarlos en el curso normal del negocio y, por lo general, tienen una vida útil que supera el año. Su costo incluye no solo el precio de compra, sino también todos los gastos necesarios para ponerlos en funcionamiento, como impuestos, transporte, seguros e instalación (Meza Orozco, 2017).

En el contexto de la evaluación financiera de proyectos, los activos fijos se dividen en dos categorías principales: los depreciables y los no depreciables. Los activos fijos no depreciables son aquellos que tienen una vida útil indefinida o que, al momento de hacer el balance general, todavía están en construcción o montaje. Algunos ejemplos de esto son los terrenos, las edificaciones en proceso, la maquinaria que se está instalando y los equipos que están en tránsito. Por otro lado, los activos depreciables son aquellos que, con el tiempo, van perdiendo valor debido al uso, al desgaste natural, a la obsolescencia tecnológica o a los cambios en la demanda de bienes y servicios. Entre estos se incluyen

equipos, construcciones, edificaciones, dispositivos de cómputo y vehículos de transporte (Meza Orozco, 2017).

Por último, los activos fijos agotables, se representan por recursos naturales controlados por proyecto, cuya cantidad y valor disminuyen debido a la extracción o remoción del producto. Estos Activos conllevan a analizar el concepto de la depreciación, identificando la mejor estimación del fenómeno, que permite adaptarse a la realidad latinoamericana y orientar las políticas públicas al incremento de mayor producción energética por un bien social (Dalmazzo-Bermejo et al., 2017).

2.3. Marco Conceptual.

Para el diseño de un modelo de gestión ágil que responda a los desafíos de los proyectos de energías renovables, es necesario establecer con claridad los conceptos fundamentales que sustentan esta investigación. Este marco conceptual define los pilares teóricos que van desde la gestión de proyectos tradicional hasta el paradigma ágil, enmarcando todo dentro de los principios de sostenibilidad y eficiencia.

Es así, como en el marco de la gestión de proyectos en el contexto energético, se entiende que un proyecto obedece al esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (Project Management Institute, 2021). En el sector de las energías renovables, esta definición se materializa en la planificación, diseño, construcción y puesta en marcha de infraestructuras como parques solares o eólicos, y que, en el ámbito de la inversión, se describe como un plan al que se le asigna capital e insumos para producir un bien o servicio útil para la sociedad (Meza Orozco, 2017). Sin embargo, estos proyectos se caracterizan por operar en un entorno de alta incertidumbre, marcado por tres factores clave.

La primera de ella es la incertidumbre tecnológica, que tal como lo indica Fábregas et al. (2020), gracias a la rápida evolución de las tecnologías, paneles solares, aerogeneradores

y almacenamiento, exige una gestión que pueda adaptarse a innovaciones y optimizaciones durante el ciclo de vida del proyecto o la integración con redes inteligentes (Ponce, 2019). Del mismo modo, para incertidumbre regulatoria, y tal como se detalló en el marco legal y normativo, las políticas energéticas, los mecanismos de licenciamiento ambiental y los procesos de consulta previa son dinámicos y no siempre predecibles (Gómez, 2011), afectando directamente los cronogramas y la viabilidad (Pereira, 2015), y por último, la incertidumbre socioeconómica, que se relaciona con la aceptación de las comunidades, la volatilidad de los costos de los equipos y la financiación del proyecto, que son variables que requieren un monitoreo y una adaptación constantes. Esta realidad desafía a los modelos de gestión predictivos o en cascada o *waterfall*, que se basan en una planificación exhaustiva y rígida al inicio, y abre la puerta a enfoques más adaptativos (Shenhar & Dvir, 2007).

Por tanto, es importante revisar la sostenibilidad en los proyectos de energías renovables como eje rector de estos proyectos, dado que trasciende la simple generación de energía limpia, por lo que, para esta tesis e investigación, se adopta el enfoque de la triple cuenta de resultados o triple bottom line, que integra tres dimensiones interconectadas. La primera de ella es la sostenibilidad ambiental, que se refiere al impacto directo del proyecto en los ecosistemas, la gestión de residuos y el cumplimiento de la normativa ambiental como las normas ISO 14001, cuyo objetivo es minimizar la huella ecológica de la infraestructura. La segunda es la sostenibilidad social, que implica la creación de valor para la sociedad, y que, en el contexto de las ZNI, traduce en mejorar la calidad de vida, reducir la brecha digital y económica, y garantizar que el proyecto implementado se desarrolle con el consentimiento y participación de las comunidades locales (Superservicios, 2018; SSPD, 2019). Por último, y no menos importante está la sostenibilidad económica, la cual asegura la viabilidad financiera del proyecto a largo plazo, no solo para los inversores, sino también garantizando que la energía sea asequible para los usuarios finales, lo que incluye la optimización de costos de inversión, operación y mantenimiento. Por tanto, un modelo de gestión eficiente debe balancear y optimizar los resultados en estas tres dimensiones de forma continua (Martens & Carvalho, 2017).

Lo anterior, conlleva al análisis del paradigma de la gestión ágil de proyectos, que, aparece frente a la incertidumbre y la necesidad de una gestión sostenible, y que más que una metodología, la agilidad es una mentalidad o *mindset*, que prioriza la entrega de valor temprana, la colaboración con el cliente o *stakeholders* y la adaptación al cambio sobre el seguimiento estricto de un plan, teniendo en cuenta que se fundamenta en valores y principios que promueven ciclos de trabajo cortos, inspección y adaptación constantes.

Para la instrumentalización de este paradigma, esta tesis se enfocó en dos de los marcos ágiles más reconocidos, Scrum y Kanban. Para el Scrum, el cual se conoce como un marco de trabajo para gestionar proyectos complejos, y que su enfoque es iterativo e incremental, se basa en ciclos fijos llamados *sprint*, los cuales permiten construir y entregar partes funcionales del proyecto de manera regular y periódica. Es ideal para gestionar el desarrollo y la construcción de la infraestructura de proyectos de energías renovables, permitiendo ajustes basados en el *feedback* de los ingenieros, constructores y otros *stakeholders*. Su estructura de roles tales como *product owner*, scrum máster, equipo de desarrollo, eventos e instrumentos, entre otros, proporcionan un orden claro dentro de la flexibilidad (Schwaber & Sutherland, 2020).

Paralelamente, Kanban, obedece a un método para gestionar y mejorar el flujo de trabajo, y que, a diferencia de los *sprints* de Scrum, Kanban se enfoca en la visualización del trabajo, la limitación del trabajo en progreso, *Work in Progress* – WIP, y la optimización del flujo continuo. Es excepcionalmente útil para gestionar procesos que no son de desarrollo, como la obtención de permisos, la gestión de la cadena de suministro o la resolución de requerimientos de la comunidad, donde las tareas llegan de forma continua y no en bloques planificados (Anderson, 2010).

Por tanto, en pro del diseño de un modelo híbrido, que garantice además una integración para la optimización y eficiencia, esta tesis postula que ni Scrum y Kanban, de forma aislada, son suficientes para abarcar la totalidad de un proyecto de energía renovable. La verdadera optimización y eficiencia se alcanzan a través de un modelo de gestión

híbrido, por tanto, este concepto se refiere a la integración estratégica de ambos marcos, pues se usa Scrum para las fases de construcción e implementación tecnológica, donde el trabajo puede ser dividido en paquetes funcionales y entregado en *sprints*, como por ejemplo la instalación de una sección de paneles solares o incluso la configuración del sistema de monitoreo). Por su parte, usar Kanban permite gestionar los flujos de trabajo continuos y variables, como los procesos regulatorios, la comunicación con stakeholders y la resolución de impedimentos que surgen de manera imprevista (PMI & Agile Alliance, 2017; Conforto et al., 2014).

Este modelo híbrido permite que el proyecto mantenga un ritmo de desarrollo predecible, ya que Scrum gestiona eficientemente la incertidumbre y Kanban las interrupciones del entorno, lo que conlleva al resultado de un sistema de gestión robusto, flexible y alineado con el objetivo final, es decir, la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de los proyectos.

2.4. Marco Contextual.

En este apartado, se presenta el contexto global, nacional y sectorial que enmarca esta investigación doctoral. La necesidad de contar con un modelo de gestión ágil y sostenible para proyectos de energías renovables no surge de la nada, sino que es una respuesta a la confluencia de exigencias climáticas, cambios económicos y retos tecnológicos que caracterizan el panorama energético actual. Se toman como referencia las experiencias más recientes y las aportaciones en el ámbito de la investigación doctoral, así como el objeto de estudio en este contexto y los resultados del análisis documental.

2.4.1. El Contexto energético global: la transición inaplazable

En el contexto actual, la principal fuerza que está impulsando la transformación energética global es la necesidad urgente de abordar la crisis climática, un desafío que se formalizó con el Acuerdo de París. Este acuerdo, que fue adoptado por la comunidad internacional en 2015, tiene como meta limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 °C en comparación con los niveles preindustriales, con el objetivo adicional de no superar los 1.5 °C (Naciones Unidas, 2015). Este compromiso ha provocado un cambio fundamental en la forma en que se entiende y se gestiona la energía a nivel mundial, marcando el comienzo de una transición significativa desde sistemas energéticos basados en combustibles fósiles hacia modelos que se sustentan en fuentes renovables.

Este proceso de transición no solo responde a necesidades ambientales, sino que también está impulsado por factores económicos y tecnológicos. En los últimos años, el crecimiento de las energías renovables ha sido impresionante. Según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la capacidad instalada de generación eléctrica a partir de fuentes renovables alcanzó los 3,870 gigavatios (GW) a finales de 2023, siendo la energía solar y la eólica las tecnologías más destacadas en este avance (IRENA, 2024). Este fenómeno no solo refleja una respuesta política a los compromisos climáticos, sino también una evolución del mercado energético hacia soluciones más competitivas y sostenibles. Además, la notable disminución en el costo nivelado de energía (LCOE) de tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica terrestre ha sido crucial.

En la última década, estas fuentes de energía se han convertido en las opciones más asequibles para la nueva generación eléctrica en la mayoría de los países, incluso superando a las tecnologías tradicionales en cuanto a eficiencia y rentabilidad (Lazard, 2024). Esta competitividad económica, junto con la necesidad de fortalecer la seguridad energética y la soberanía de las naciones frente a la inestabilidad de los mercados de combustibles fósiles, ha consolidado a las energías renovables como un pilar clave para

el desarrollo sostenible. En este contexto, la tesis doctoral se presenta como una aportación académica que busca entender, analizar y proponer soluciones técnicas y operativas que aborden los retos de esta transición energética, reconociendo su complejidad, sus múltiples implicaciones y su potencial transformador para las sociedades actuales.

2.4.2. El Contexto energético en Colombia: oportunidades y desafíos

En Colombia, el panorama energético actual es realmente único y lleno de posibilidades pues, históricamente, la matriz eléctrica del país ha estado muy ligada a la hidroelectricidad, que representa cerca del 70% de la capacidad instalada (UPME, 2023). Aunque esta fuente es renovable, también la hace vulnerable a fenómenos climáticos como "El Niño", que puede causar sequías y poner en riesgo la seguridad del suministro eléctrico.

Para enfrentar este desafío y cumplir con sus compromisos climáticos, Colombia ha comenzado a diversificar sus fuentes de energía hacia opciones no convencionales. El potencial es enorme y hay grandes oportunidades de mejora, tanto, que en departamentos como La Guajira y Bolívar cuentan con recursos eólicos y solares de clase mundial, con velocidades de viento promedio superiores a 9 m/s y niveles de radiación solar entre los más altos del planeta (UPME, 2023). Sin embargo, aprovechar este potencial no es sencillo y enfrenta varios desafíos. Entre ellos están los conflictos socio-territoriales son un gran obstáculo, ya que muchos proyectos se desarrollan en áreas donde viven comunidades étnicas, lo que requiere procesos de consulta previa que pueden ser complicados y llevar tiempo. Obtener la "licencia social para operar" es tan importante como la licencia ambiental. Además, la infraestructura de red no es la más adecuada. La red de transmisión actual no puede manejar la energía generada en las zonas de alto potencial, lo que significa que se necesitan inversiones masivas y una planificación coordinada.

Por último, la incertidumbre regulatoria y logística está relacionada con los cambios en las políticas y la complejidad de las cadenas de suministro globales para equipos como aerogeneradores y paneles solares, lo que introduce variables que los modelos de gestión tradicionales tienen dificultades para manejar de manera eficiente.

2.4.3. El Contexto tecnológico y de gestión de proyectos

El sector de las energías renovables está en medio de una rápida ola de innovación tecnológica. Los avances en la eficiencia de los paneles solares, el aumento en la capacidad de las turbinas eólicas y la mejora de las soluciones de almacenamiento energético están en constante evolución. Esta velocidad de cambio crea un entorno que es altamente volátil, complejo e incierto, donde las especificaciones técnicas de un proyecto pueden cambiar drásticamente entre la fase de planificación y la ejecución. Como resultado, los modelos tradicionales de gestión de proyectos, que se basan en enfoques predictivos y lineales, tienen serias dificultades para adaptarse rápidamente a este contexto en constante cambio.

Esta situación representa un gran desafío para quienes diseñan, implementan y evalúan proyectos en el ámbito de las energías renovables. La necesidad de adaptarse rápidamente a los avances tecnológicos, de responder a los nuevos desafíos sociales y de ofrecer valor de manera continua exige un enfoque de gestión que sea inherentemente flexible, iterativo y centrado en el valor. En este sentido, la gestión ágil de proyectos se presenta como una alternativa estratégica, capaz de integrar la incertidumbre como parte del proceso, fomentar la colaboración entre equipos multidisciplinarios y mantener la confianza de los inversores a través de entregas incrementales y medibles.

Desde la perspectiva de esta tesis doctoral, este enfoque no solo es una herramienta metodológica, sino también una respuesta ética y operativa a los retos del desarrollo sostenible. Adoptar modelos de gestión ágiles en proyectos de energías renovables implica reconocer la complejidad del entorno, valorar la adaptabilidad como una

competencia clave y comprometerse a generar un impacto positivo en términos ambientales, sociales y económicos. Por lo tanto, la tesis busca explorar de qué manera estos modelos pueden ser utilizados con éxito en escenarios reales, apoyando la creación de una transición energética que sea justa, eficiente y capaz de resistir desafíos.

2.5. Marco Legal y Normativo.

El marco legal y normativo para la tesis doctoral, no se puede constituir como un simple conjunto de reglas a seguir, sino que debe actuar como un agente que moldea e impulsa la adopción de un modelo de gestión ágil para los proyectos de energías renovables en las ZNI de Colombia. Su influencia va directamente relacionada con la agilidad y la eficiencia, más allá de una simple enumeración, creando un entorno de alta incertidumbre y complejidad que hace que los enfoques de gestión predictivos y tradicionales sean frágiles y poco eficientes. En este contexto, un modelo ágil no es solo una opción, sino una necesidad estratégica para poner en rumbo las regulaciones, maximizar los beneficios y garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Todo proyecto de energía renovable opera dentro de una compleja red de leyes, regulaciones y estándares que dictan su viabilidad, diseño y ejecución, que, en el caso de la tesis doctoral, definen las reglas del juego y establece las restricciones y obligaciones que el modelo de gestión propuesto debe navegar e integrar. De esta forma, el marco legal y normativo como catalizador de la agilidad y sostenibilidad de proyectos del sector, se enmarca en un conjunto de normativas y estándares que crean un escenario dinámico, demandando la flexibilidad y capacidad de adaptación inherentes a las metodologías ágiles. Por tanto, la incertidumbre regulatoria y social hace énfasis en ser un componente más crítico, especialmente el mecanismo de consulta previa, dicho proceso no tiene un cronograma fijo ni un resultado predecible ya que un plan de proyecto tradicional que define todo el alcance desde el inicio se volvería obsoleto e inviable ante los cambios que pueden surgir de estas consultas. Un enfoque ágil, en cambio, permite integrar estos procesos como parte de iteraciones o *sprints*, lo cual,

permite que el proyecto pueda avanzar en áreas seguras mientras se gestionan las consultas en paralelo, adaptando el diseño y la planificación en ciclos cortos según la retroalimentación, los acuerdos con las comunidades y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, como entidad encargada de evaluar y emitir las licencias ambientales para proyectos de gran escala (Decreto 1320 de 1998 y la directiva presidencial 10 de 2013) permitiendo así una adaptabilidad crucial para evitar parálisis y sobrecostos.

A nivel de dinamismo de incentivos y políticas, la Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, es una pieza clave para la regulación de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER en Colombia, estableciendo importantes incentivos tributarios y arancelarios, como la deducción en el impuesto sobre la renta, la exclusión del IVA, la exención de aranceles y la depreciación acelerada de activos (Congreso de Colombia, 2014). Del mismo modo, los planes como el PEN establecen incentivos y metas que pueden cambiar con el tiempo o tener ventanas de oportunidad limitadas. Para capitalizar eficientemente los beneficios fiscales y arancelarios, los proyectos deben ser rápidos y eficientes en su ejecución, por tanto, la agilidad, con su enfoque en la entrega de valor temprana y continua, permite a los desarrolladores y directores de proyectos moverse más rápido desde la planificación hasta la operación, asegurando así los beneficios y adaptándose a posibles cambios en las políticas energéticas del gobierno.

Así pues, a nivel de un marco internacional y teniendo en cuenta las metas de alto nivel y evolutivas, se encuentra el Acuerdo de París y los ODS, que en el marco de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas establece 17 ODS. Esta tesis doctoral se alinea directamente con varios de ellos, principalmente el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), pero también impacta en el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima). Lo anterior no prescribe un método único, sino metas ambiciosas como las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) en Colombia, lo cual requiere

innovación y exploración. Un modelo ágil de gestión de proyectos en energías renovables fomenta la experimentación y el aprendizaje continuo, permitiendo que el proyecto pruebe diferentes soluciones tecnológicas o de implementación para encontrar la forma más efectiva de contribuir a estas metas, en lugar de seguir un plan rígido que podría no ser el óptimo, y que obedecen a planes de acción climática para reducir emisiones. Por supuesto, los proyectos de energías renovables son el principal vehículo para cumplir con estas metas (Naciones Unidas, 2015).

A nivel de planes y políticas públicas, así como el dinamismo de incentivos y políticas, los documentos como el Plan Energético Nacional (PEN) y las hojas de ruta de la Misión de Transformación Energética establecen la visión a largo plazo del gobierno y las metas específicas de incorporación de renovables, proveyendo un marco estratégico para los desarrolladores de proyectos (Ministerio de Minas y Energía, 2025). Del mismo modo, la Ley 1715 de 2014 establece incentivos y metas que pueden cambiar con el tiempo o tener ventanas de oportunidad limitadas. Para capitalizar eficientemente los beneficios fiscales y arancelarios, los proyectos deben ser rápidos y eficientes en su ejecución. La agilidad en los proyectos, con su enfoque en la entrega de valor temprana y continua, permite a los desarrolladores moverse más rápido desde la planificación hasta la operación, asegurando así los beneficios y adaptándose a posibles cambios en las políticas energéticas del gobierno.

En términos del impacto del marco en la eficiencia de los proyectos, la agilidad, impulsada por este marco, se traduce directamente en una mayor eficiencia operativa, financiera y social, es decir, se entiende que la mitigación proactiva de riesgos no se trata solo de velocidad, sino de evitar errores costosos. Al integrar los requisitos de las normas ISO 14001 ambientales e ISO 26000 sociales, desde las primeras etapas y en cada iteración, un modelo ágil detecta problemas de manera temprana, por tanto, es más eficiente resolver un posible conflicto socioambiental en una fase de diseño inicial que cuando el proyecto ya está en construcción y enfrenta bloqueos o multas.

Paralelamente, en términos de la calidad y cumplimiento se cuenta con estándares como ISO 9001 para la calidad y las guías del PMBOK® que ya son más flexibles en términos de la agilidad, por tanto, dejan de ser una carga burocrática para convertirse en parte de la definición de cada ciclo de trabajo, haciendo que en lugar de una gran auditoría de calidad al final, la calidad se asegura de forma continua, garantizando que cada componente del proyecto cumple con las especificaciones. Esto reduce drásticamente el desperdicio y la necesidad de costosos rediseños.

Se debe tener en cuenta que el objetivo final de cualquier proyecto energético es generar energía, y que, al trabajar de manera iterativa, un modelo ágil puede poner en funcionamiento, por ejemplo, una sección de un parque solar o eólico antes de que el proyecto esté 100% completado. Esto permite comenzar a generar ingresos y cumplir con las metas del PEN de forma más rápida, mejorando la eficiencia financiera y demostrando progreso tangible a los *stakeholders*.

CAPÍTULO III. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.

Este capítulo presenta el enfoque metodológico adoptado para el desarrollo de la investigación doctoral, así como los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo propuesto. Se parte de una estructura metodológica rigurosa, sustentada en principios de investigación cuantitativa, con el objetivo de analizar la relación entre la implementación de prácticas ágiles y la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de proyectos de energías renovables.

La selección del diseño no experimental, de tipo correlacional y transeccional, responde a la necesidad de observar fenómenos en su contexto natural, permitiendo una aproximación objetiva y contextualizada. Asimismo, se detallan los instrumentos de recolección de datos, el procedimiento de análisis estadístico y la interpretación de los hallazgos, los cuales aportan evidencia empírica para validar el modelo de gestión ágil propuesto. Este capítulo constituye un eje central en la articulación entre la teoría y la práctica, y proporciona una base sólida para la formulación de conclusiones y recomendaciones estratégicas en el ámbito de la ingeniería de proyectos sostenibles.

3.1. Cuadro Operacionalización de Variables.

Conforme pasan los años, la idea de administración y dirección de proyectos ha tomado un fuerte auge en temas relacionados con acciones en la Eficiencia Energética, por tanto, se proyectó y se creó el cuadro de operacionalización de variables, que se centra en la tesis doctoral que relaciona un modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025, el cual se despliega en 3 objetivos específicos cuya operacionalización se muestra en las variables de estudio, así como las dimensiones e indicadores de la Tabla 1.

Tabla 1.

Operacionalización de variables del proyecto de investigación.

Operacionalización de Variables						
Tema: Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025						
Pregunta de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo optimizar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de proyectos de energías renovables solares y eólicas, usando un modelo de gestión ágil, que integre las metodologías Scrum y Kanban para aplicarlas al contexto de las zonas no interconectadas de Colombia en el periodo 2025?	Diseñar un modelo de gestión ágil, mediante la integración de las metodologías Scrum y Kanban, para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables solares y eólicas en las zonas no interconectadas de Colombia en el periodo 2025	Identificar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares, para la descripción de sus ventajas energéticas en la captación eficiente de energía	La implementación de un modelo de gestión ágil, que integre metodologías como Scrum y Kanban, junto con tecnologías de generación renovable, mejora significativamente la gestión eficiente de proyectos de energías renovables en el sector energético, al optimizar recursos (tiempo, costo, calidad), promover la sostenibilidad (ambiental, económica y social), e incrementar los resultados del proyecto (impacto, viabilidad y replicabilidad), especialmente cuando se incorporan adecuadamente aspectos administrativos, financieros y sociales en su planificación	Variables Independiente VI: Modelo de gestión ágil (integrando Scrum y Kanban) Tecnologías de generación renovable	Gestión técnica y administrativa Gestión financiera Gestión social Eficiencia energética Gestión de recursos Rendimiento del proyecto Sostenibilidad ambiental Sostenibilidad económica y social Planificación de proyectos Ejecución y control de proyectos Cierre de los proyectos	Nivel de integración de metodologías ágiles (Scrum y Kanban) Eficiencia en la planificación y ejecución técnica Calidad de la integración de dispositivos eólicos y solares Flujo de trabajo y procesos de gestión Optimización de costos Impacto en el desarrollo socioeconómico Asignación eficiente de recursos (materiales, humanos, tecnológicos) Calidad de la ejecución de proyectos Impacto en la biodiversidad Detalle de los cronogramas Identificación y gestión de riesgos Finalización exitosa del proyecto
		Analizar la tecnología incorporada en el sector energético para la obtención de información económica, inversión y costos referente a la funcionalidad de dispositivos eólicos y solares		Variables Dependientes VD: Gestión eficiente de proyectos de energías renovables, teniendo en cuenta: Optimización de recursos en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables (tiempo, costo, calidad)		
		Elaborar un modelo de gestión ágil (técnico, administrativo, financiero y social) para proyectos de energías renovables, integrando las metodologías Scrum y Kanban		Sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables (ambiental, económica y social) Resultados del proyecto (impacto, viabilidad, replicabilidad)		

Nota. Esta tabla muestra cómo se operacionalizan las variables del modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables.

3.2. Diseño metodológico.

En la actualidad, la cobertura eléctrica a nivel nacional ha alcanzado un promedio cercano al 96%, el déficit de acceso se enfoca en 1.371.394 viviendas sin servicio eléctrico a partir de las proyecciones de 2023 utilizadas para el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica (PIEC) (UPME, 2025). Estos hogares se encuentran mayoritariamente en las ZNI y áreas rurales dispersas. El desafío de la pobreza energética, una medida más amplia que incluye la mala calidad del servicio y el uso de combustibles contaminantes para cocinar, afecta a una proporción significativamente mayor de la población, con una incidencia acumulada para los hogares que asciende al 22,71% (Ministerio de Minas y Energía, 2024). Los departamentos con mayor incidencia en este tipo de vulnerabilidad energética son principalmente Vichada, Vaupés, Guainía, Bolívar y La Guajira (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Por lo anterior, este apartado, identifica las etapas a seguir para el logro de los objetivos establecidos, para el diseño de un modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables, indicando la finalidad en cada una de ellas por medio de la descripción de los pasos, etapas, fases e incluso de las actividades que se llevaron a cabo para dar solución al problema de investigación y la gestión. Se estableció entonces, un orden claro y ordenado desde la matriz de congruencia hasta el trabajo de campo requerido, pasando por ítems importantes como: diseño metodológico, el enfoque de recolección de datos, los procedimientos de instrumentación e incluso la determinación de la muestra, de acuerdo con el tipo de investigación que fue seleccionada para la identificación y solución del problema.

A partir de una construcción y articulación conjunta entre los ítems mencionados, se presentó una solución eficiente en los proyectos para la implementación de dispositivos captadores de energías renovables, solar y eólica, teniendo en cuenta los datos consultados, la literatura del marco teórico, los objetivos planteados y el tema central

estudiado, los cuales permitirán una metodología de investigación adecuada al modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025.

La naturaleza Analítica y Sistemática del enfoque metodológico permitió la articulación de una estrategia de investigación robusta, facilitando la gestión eficiente de los datos, cuya aproximación es indispensable para el análisis de sistemas complejos, como es el caso del sector energético. Al emplear el modelo analítico, se estructuró un proceso que se desagrega en cuatro etapas esenciales y secuenciales, diseñadas para garantizar la coherencia entre el problema de análisis, la teoría subyacente y la realidad empírica del campo de estudio. Es así, como los pasos esenciales definidos al operacionalizar el modelo analítico, considerando la especificidad del problema y la delimitación del sector energético de la tesis doctoral, fueron los siguientes:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Examen crítico y descomposición del fenómeno.
4. La enumeración de las partes y clasificación.

Para la observación, se llevó a cabo una investigación analítica para examinar a profundidad el objeto de estudio de la tesis doctoral, por tanto, se recurrió a la observación directa e indirecta, es decir, se llevaron a cabo revisiones de la literatura existente e investigaciones previas sobre la implementación de las tecnologías en sistemas solar y eólico del sector energético, que permitieron dar el primer paso del método analítico, asociado con la revisión de los datos recopilados en el proyecto de investigación doctoral.

En el caso de la descripción, se recogieron y clasificaron todos los datos importantes obtenidos en la observación. Posterior a ello, fueron utilizados para establecer una descripción acertada sobre el estudio de las ZNI y de las tecnologías necesarias

existentes para la implementación de la energía solar y eólica, de esta forma, se realizó una primera aproximación formal al fenómeno, así como la profundización en el conocimiento sobre este en las siguientes etapas. Del mismo modo, se creó una descripción clara sobre cómo funciona el fenómeno de estudio de la tesis doctoral que relaciona con un modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables.

El desarrollo de la fase de examen crítico y descomposición fenoménica constituyó un pilar fundamental de la metodología, establecido inmediatamente después de la recopilación exhaustiva de la literatura especializada y la información empírica disponible referente al objeto de la tesis doctoral. Por tanto, el objetivo cardinal de esta etapa fue la identificación y la delimitación taxonómica de los elementos constitutivos del fenómeno de estudio. Esto se materializó en la disección de componentes clave, a saber: las ZNI como ámbito geográfico y regulatorio; las tecnologías específicas de generación energética empleadas; y el factor socioeconómico/comunitario actualmente afectado por el déficit o la precariedad del servicio. Este proceso de reducción e investigación se completó luego de la valoración minuciosa de la totalidad de los datos recopilados y la consecuente comprensión profunda de la dinámica del fenómeno observado, que condujo a la culminación exitosa de este análisis para etapa la siguiente que corresponde a la rigurosa conceptualización y diseño del modelo de gestión propuesto.

La etapa final de la descomposición se centró en la enumeración exhaustiva y la clasificación sistemática de los componentes primordiales identificados, estos componentes se derivaron directamente de la intersección entre el sector energético y la problemática específica de las ZNI analizadas en la tesis doctoral. Posteriormente, los elementos fueron rigurosamente clasificados en función de sus atributos y características intrínsecas, ya sean técnicos, regulatorios, sociales o económicos, lo que conlleva a una generación de nuevo conocimiento y modelo de gestión, puesto que este proceso analítico-sistemático culminó en la síntesis de nuevo conocimiento con una clara utilidad, que no solo posee un valor intrínseco para la comunidad académica, pudiendo

ser aprovechado y validado en investigaciones futuras, sino que, crucialmente, sirvió como el fundamento epistemológico y la base empírica para la conceptualización siguiente y el diseño del modelo de gestión propuesto en esta tesis doctoral.

3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis

En relación con el tema de investigación doctoral, correspondiente con el diseño del modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables, se analizaron los enfoques y diseños de la investigación a partir de su fundamentación teórica, con el fin de seleccionar el diseño metodológico más adecuado para abordar los objetivos del estudio. El enfoque de recolección de datos fue cuantitativo, ya que permitió descubrir el por qué y el para qué de la creación del modelo de gestión ágil en el sector energético, por medio de una clara recolección de información a través de la observación y las fuentes primarias y secundarias, centrado en la medición de fenómenos a través del análisis de datos numéricos como el bajo número de horas y calidad del servicio, fuentes convencionales, costos de inversiones y sostenibilidad de los proyectos de energías convencionales y renovables. Así mismo, este enfoque permitió examinar la relación entre variables generalizando los resultados a una población de estudio más amplia, utilizando, además, herramientas como el análisis estadístico y matemáticos, lo que permitió expresar los resultados en gráficos y tablas, que fueron claves para el diseño del modelo.

De ahí que la investigación se orientara a comprender cómo la implementación de metodologías ágiles puede contribuir a mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de proyectos vinculados a energías renovables y, dado que se pretende observar fenómenos en su contexto natural sin manipular variables, se consideró pertinente aplicar un diseño de investigación no experimental, lo cual es justificado en el presente ítem. En consecuencia, para esta tesis doctoral, titulada: Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025, el diseño de

investigación más idóneo fue el Diseño No Experimental, específicamente de tipo correlacional y transeccional o Transversal. La elección del diseño no experimental se basa en cuatro razones claves e importantes, a saber: imposibilidad de manipulación, viabilidad en un entorno real, análisis de relaciones y correlaciones, y, por último, el enfoque descriptivo y explicativo, por lo que, para cada una de ella se tiene:

- Imposibilidad de manipulación: la variable independiente principal, el cual obedece a un modelo de gestión ágil, es una práctica organizacional compleja que no puede ser manipulada de manera controlada o aleatoria en un entorno de laboratorio. Por tanto, no es factible ni ético obligar a un grupo de empresas o equipos de trabajo a adoptar un modelo de gestión específico estrictamente para fines de investigación, ni se pueden crear proyectos de energías renovables en un entorno artificial o idealista.
- Viabilidad en un entorno real: si bien, el diseño no experimental permite estudiar el fenómeno tal como ocurre en la realidad, aquí se puede observar y analizar cómo diferentes empresas del sector de energías renovables gestionan sus proyectos utilizando enfoques ágiles, tradicionales o híbridos y cómo estas prácticas se correlacionan con los indicadores de desempeño, la optimización y sostenibilidad, proporcionando una base empírica más sólida y representativa del mundo real. Así mismo, se puede observar y estudiar el comportamiento del fluido eléctrico convencional en zonas no interconectadas, el consumo eléctrico e incluso la incidencia solar y de vientos en dichas zonas para obtener un sustento clave para la tesis doctoral.
- Análisis de relaciones y correlaciones: se ha analizado en este módulo, que, aunque el diseño “no experimental” no permite establecer una causalidad directa, sí permite identificar correlaciones significativas. Por tanto, en esta tesis se busca demostrar que existe una relación positiva entre la aplicación de un modelo de gestión ágil y un mejor desempeño en términos de eficiencia, optimización y sostenibilidad. Para esto, es suficiente con observar y medir estas variables en su contexto natural.

- Enfoque descriptivo y explicativo: el objetivo de la tesis doctoral es, en parte, describir la situación actual del sector, el suministro de energías convencionales en ZNI y la incidencia solar y eólica en dichas zonas, y, a partir de ahí, justificar la necesidad de un nuevo modelo. El diseño no experimental es ideal para este propósito, ya que permite la recolección de datos sobre las variables de interés sin la necesidad de intervención.

Por tanto, para la tipología del diseño no experimental seleccionado, y de acuerdo con la intencionalidad y temporalidad del estudio, se seleccionó la siguiente tipología:

- Tipología según la intencionalidad: correlacional. La investigación doctoral busca analizar relaciones entre variables como la aplicación de metodologías ágiles, la eficiencia en la gestión de proyectos y la sostenibilidad en energías renovables. No se pretende manipular variables, sino observar cómo se relacionan entre sí en contextos reales. Así pues, el objetivo del trabajo práctico es analizar la relación entre las variables de gestión ágil y la optimización y sostenibilidad de los proyectos. Esta investigación doctoral no solo busca describir las variables de forma aislada, sino también determinar si existe una asociación o correlación entre ellas. Aunque no se pueda establecer una causalidad en el sentido experimental, se busca a través de la tesis doctoral, fundamentar que el uso de la gestión ágil está asociado con un mejor rendimiento, lo que justifica la propuesta del modelo, así pues, se busca entender de qué manera una variable como la gestión influye o se relaciona con las otras como el desempeño.
- Tipología según la temporalidad: transeccional (transversal). En este caso, se recolectarán datos en un solo momento en el tiempo, lo cual es típico en estudios de diagnóstico o evaluación de estado actual, como el análisis de prácticas de gestión en proyectos de energías renovables, suministro de energías convencionales en ZNI y la incidencia solar y eólica en dichas zonas. Es decir, un estudio transversal es el más adecuado para esta investigación doctoral porque la recolección de datos se realizaría en un único momento en el tiempo. Por

tanto, se recopilan información sobre el modelo de gestión utilizado y las métricas de desempeño como el tiempo de ejecución, el costo, el impacto ambiental, de una muestra de proyectos, ya sea que estén finalizados o en curso. Esto permitiría obtener una fotografía de la situación actual del sector, analizando la relación entre las variables en ese preciso momento.

En síntesis y a manera de resumen general, para el desarrollo de la tesis doctoral titulada: Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025, se ha seleccionado el diseño de investigación No Experimental, específicamente de tipo correlacional y transeccional. Este diseño resulta el más adecuado debido a que el estudio se orienta a analizar las relaciones existentes entre variables como la aplicación de metodologías ágiles, la eficiencia en la gestión de proyectos y la sostenibilidad en el ámbito de las energías renovables. No se pretende manipular deliberadamente ninguna variable, sino observar y describir fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, lo cual es característico de los estudios no experimentales.

Desde la perspectiva de la intencionalidad, el diseño es correlacional, ya que busca identificar el grado de asociación entre variables clave sin establecer relaciones causales directas. Esto permite comprender cómo la implementación de enfoques ágiles puede influir en la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.

En cuanto a la temporalidad, el estudio se clasifica como transeccional (transversal), dado que la recolección de datos se realizará en un único momento del tiempo. Esta estrategia es pertinente para obtener una visión diagnóstica del estado actual de la gestión de proyectos de energías renovables en el contexto analizado, el suministro de energías convencionales en ZNI y la incidencia solar y eólica en dichas zonas. En conclusión, el diseño No Experimental, de tipo correlacional y transeccional, se ajusta a los objetivos del estudio, permitiendo una exploración rigurosa y contextualizada de las prácticas de gestión sin necesidad de intervención directa en los procesos evaluados.

3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos

El método racional de análisis utilizado fue el inductivo ya que permitió un razonamiento desde lo más específico y hasta las generalizaciones e incluso las teorías más amplias, para ello, se inició con una serie de observaciones y medidas específicas de las tecnologías utilizadas en proyectos de generación de energía alternativa, para obtener una serie de conclusiones generales. Se basó en la observación y aceptación de ciertas existencias relacionadas con la cantidad de dispositivos necesarios para la generación de energías renovables, como una evidencia en la actualidad, puesto que en el tipo de investigación se realizará bajo un estudio explicativo.

El método racional en mención permitió obtener conocimiento sobre la situación real del país, relacionado con la implementación de la tecnología necesaria y apta para solucionar el problema energético de las ZNI, toda vez que pueden presentarse fenómenos que no son susceptibles de comprobación experimental y que permitirán cuestionar e iterar sobre la situación del país, a partir del método racional, basado en la observación y en la aceptación de ciertas existencias o evidencias.

Por último, el método inductivo es más propio para investigaciones enfocadas en la creación de nuevas teorías, como es el caso de un nuevo modelo de gestión administrativo-financiero-social de proyectos para energías solar y eólica en Colombia, permitiendo así dar respuestas válidas a preguntas significativas y realizar predicciones apropiadas para la solución requerida.

Del mismo modo, para este método, se utilizaron pasos lógicos en la obtención de resultados que permitan la construcción de una explicación general del tema de investigación doctoral, dichos pasos son: la observación, comparación de datos y construcción de una teoría, teniendo en cuenta los requisitos sistemáticos relacionados con la relevancia y la contrastabilidad en la tesis doctoral, y que en relación con el requisito de las explicaciones, fueron contrastadas empíricamente, permitiendo así, la posibilidad de ser confirmadas o refutadas.

El enfoque de recolección de datos fue cuantitativo, ya que permitió descubrir el por qué y el para qué de la creación del modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables en el sector energético, por medio de una clara recolección de información a través de la observación y las fuentes primarias y secundarias. Así pues, los niveles de conocimiento empírico y teórico, técnicas e instrumentos aplicados, se relacionan entre sí, lo que conlleva a analizar de manera inicial los niveles de conocimiento, en el que se aplican dos específicamente, y que se complementan para construir una base sólida tanto conceptual como práctica de la siguiente manera:

- Nivel teórico: este nivel se centra en el saber y se construye a partir de la revisión y análisis de conocimientos existentes. En esta tesis doctoral, este nivel se evidencia o se basa en la fundamentación de los marcos conceptuales a utilizar, entre ellos, se investigarán y analizarán teorías sobre:
 - ✓ Gestión de proyectos: modelos tradicionales (PMBOK) vs. modelos o metodologías ágiles.
 - ✓ Metodologías ágiles: los principios y marcos de trabajo de Scrum para los roles, eventos, artefactos, y Kanban para la visualización del flujo, limitación del trabajo en progreso, etc.
 - ✓ Energías renovables: principios de funcionamiento de la energía eólica y solar, y tecnologías asociadas.
 - ✓ Sostenibilidad: las dimensiones de la sostenibilidad (económica, social, ambiental) aplicadas a proyectos energéticos.
 - ✓ Optimización: modelos y técnicas para mejorar la eficiencia y el rendimiento.

Este conocimiento fundamentó el estado del arte y permitirá identificar las brechas que el modelo propuesto busca llenar, como la falta de integración de aspectos sociales y una planificación financiera ágil en las metodologías actuales.

- Nivel empírico: tal como se ha estudiado, este nivel se enfoca en el hacer y la verificación, a través de la experiencia y la recolección de datos del mundo real, por tanto, en esta investigación, este nivel se manifiesta bajo los siguientes criterios:
 - ✓ Evaluar tecnologías existentes (Objetivo Específico 1): no solo se basarán en lo que dice o se indica a nivel teórico, sino que se analizarán datos concretos sobre el rendimiento, ventajas y desventajas de dispositivos eólicos y solares específicos.
 - ✓ Recopilar datos económicos (Objetivo Específico 2): se llevarán a cabo investigaciones relacionadas con los costos reales de inversión, operación y mantenimiento de proyectos energéticos, basándose en informes de mercado, estudios de caso, datos financieros del sector y entes gubernamentales.
 - ✓ Diseñar y proponer un modelo (Objetivo Específico 3): aunque el diseño es un proceso creativo y teórico, su viabilidad se basa en datos y necesidades empíricas, por tanto, el modelo propuesto responderá a los problemas prácticos identificados en la hipótesis.

En resumen, el nivel teórico proporcionará las herramientas y conceptos, mientras que el nivel empírico permitirá aplicar y contrastar dichas ideas con la realidad para generar una solución tangible y validada, por medio del modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables.

3.2.3. Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos

El procedimiento de instrumentación se centró en la observación sistemática como su eje metodológico principal, cuya aproximación permitió el análisis riguroso de la información extraída tanto de fuentes primarias como secundarias, garantizando la validación cruzada de los datos. La instrumentación incluyó el examen detallado de proyectos energéticos existentes, así como la cuantificación precisa de los dispositivos y

materiales requeridos para la generación de energías renovables. En este proceso, se prioriza el origen, la relevancia y la fiabilidad de cada componente analizado, tal y como se ilustra en la Gráfica 1.

Gráfica 1.

Procedimiento de instrumentación del modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025.



La rigurosidad de esta etapa fue indispensable para la validación y la aplicabilidad del modelo de gestión resultante en el contexto colombiano, puesto que este, no solo ofrece la capacidad de optimizar los procesos, los recursos materiales y la cantidad de dispositivos necesarios para la implementación de energías renovables en diversas entidades del sector público y privado, sino que, además, está diseñado para beneficiar y potenciar los aspectos sociales en las comunidades impactadas por las soluciones energéticas.

Con el ánimo de garantizar la confiabilidad de los datos utilizados en el Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y

sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025 (MAS-ER), se estableció un protocolo riguroso de validación de fuentes y construcción de métricas KPIs basado en 4 criterios específicamente, que constituye el equivalente funcional de la validación de instrumentos en investigaciones transeccionales sustentadas en análisis documental y datos secundarios oficiales, garantizando la validación cruzada de los datos. El primero fue el origen oficial de los datos y trazabilidad, donde se priorizaron fuentes institucionales como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios por medio del Sistema Único de Información (SUI) y Boletines Tarifarios ZNI, así como el IPSE, a través de los informes de telemetría mensual y reportes técnicos del Centro Nacional de Monitoreo, validando así la autenticidad y credibilidad de estas con datos oficial y confiables.

En segunda instancia, se estableció el criterio de actualización y vigencia de los datos, que, para este caso investigativo, solo se consideraron informes publicados hasta el último año 2024 y los datos históricos desde el año 2021 de manera tal que se asegurara relevancia temporal. Como tercer criterio, se estableció la consistencia y validación cruzada, a partir de los datos que fueron contrastados entre diferentes fuentes (SSPD vs. IPSE) y verificados mediante revisión documental sistemática. Como cuarto y último criterio, se realizó y analizó la representatividad de la muestra, en la cual se seleccionaron localidades críticas con datos e información completa sobre consumo, desafíos energéticos, horas de servicio y número de usuarios.

Adicionalmente, se establecieron Métricas Clave de Desempeño KPIs que están alineados con los objetivos estratégicos del estudio, garantizando una medición objetiva verificable y cumpliendo con los estándares internacionales en gestión de proyectos y sostenibilidad. Esta metodología permitió evaluar el modelo desde tres dimensiones esenciales: optimización y eficiencia operativa, sostenibilidad integral, y gestión ágil con capacidad de adaptación. Los KPIs resultantes permiten monitorear el desempeño en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones informadas y mide no solo el progreso técnico, sino también el impacto ambiental, económico y social. Su implementación ha

sido fundamental para validar la confiabilidad y aplicabilidad del modelo de gestión ágil en proyectos de energías renovables en ZNI.

Es importante resaltar que los productos tecnológicos que se han desarrollado en esta investigación doctoral, principalmente los software EMASOFT y AEENERGY (Anexo 1), así como el ecosistema de prototipo industrial VOLTBOT (Anexos 2 al 4), que incluye 10 registros de software y secretos empresariales, no son resultados aislados, sino que, estos avances son el reflejo de la capacidad de diseño de la investigación y el investigador, y fueron pensados como herramientas clave para alcanzar los objetivos específicos. Su diseño y construcción están directamente relacionados con las tareas ágiles (*sprints*) del modelo MAS-ER, en otras palabras, el desarrollo del software EMASOFT para el análisis de costos y AEENERGY para el apoyo en la gestión energética del objetivo específico 2, y el ecosistema o prototipo VOLTBOT para la optimización técnica del objetivo específico 1, se gestionaron utilizando los ciclos iterativos del modelo a medida de su creación.

Así pues, estos productos tecnológicos convierten un anexo en una prueba de cumplimiento instrumental, que actúan como la evidencia tangible y funcional de que se ha logrado el objetivo propuesto de diseñar un modelo de gestión ágil con integración de Scrum y Kanban para la gestión de proyectos de energías renovables como son solar y eólica, aplicables para crear soluciones tecnológicas concretas en el sector de aplicación de la investigación doctoral, fortaleciendo el rigor metodológico y la coherencia entre la teoría y su aplicación práctica.

Al mismo tiempo, las técnicas e instrumentos utilizados se organizaron de acuerdo con los objetivos específicos, como se muestra en la Tabla 2, que incluye matrices comparativas, fichas bibliográficas, análisis de proyectos, diagramas de flujo y plantillas de artefactos del modelo (como el *product backlog* adaptado y el tablero Kanban). Este enfoque garantiza que cada instrumento no solo tenga una función operativa, sino que también sea un componente validado y alineado con la estructura metodológica de la investigación.

Tabla 2.

Técnicas aplicadas a los procedimientos para el desarrollo de los instrumentos de obtención de datos

OBJETIVO	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Objetivo Específico 1	Revisión documental sistemática: para este caso, se realizó la búsqueda, selección y análisis de manera estructurada de la literatura académica y técnica, tales como artículos científicos, patentes, manuales técnicos, entre otros, relacionados con las tecnologías eólicas y solares.	Matriz de comparación tecnológica: se relaciona con el diseño de una tabla diseñada para registrar y comparar sistemáticamente las especificaciones técnicas y energéticas de los dispositivos.
	Análisis comparativo: se utilizó para contrastar las características, ventajas y desventajas de diferentes tecnologías y métodos de implementación bajo criterios predefinidos como: eficiencia energética, costos, vida útil, etc.	Fichas de registro bibliográfico: corresponde a documentos para sistematizar la información relevante de cada fuente consultada, facilitando su posterior análisis. Hojas de datos de fabricantes (<i>Datasheets</i>): es posible obtener documentos técnicos que proporcionan datos empíricos directos sobre el rendimiento y las especificaciones de los equipos.
Objetivo Específico 2	Estudio de caso: en esta instancia, se podrían seleccionar uno o varios proyectos de energía renovable existentes para analizar en profundidad los aspectos económicos, tales como: inversión inicial, costos operativos y retorno de la inversión.	Análisis de proyectos: corresponde a evaluar y/o realizar análisis estructurado con las variables económicas a investigar en cada caso de estudio.
	Análisis documental: si es pertinente, se revisarán informes, estudios de mercado, reportes sectoriales y políticas públicas para extraer datos económicos relevantes.	Bases de datos: revisión de plataformas o bases de datos financieras para obtener información económica estandarizada.
Objetivo Específico 3	Diseño de investigación: este obedece a la realización de una metodología enfocada en la creación de una solución, es decir un modelo de gestión, un problema práctico, que siguen un proceso riguroso de diseño y construcción.	Diagramas de flujo y esquemas del modelo: Representaciones gráficas que describen la estructura y el funcionamiento del modelo de gestión, integrando Scrum y Kanban.
	Modelado de procesos: para este caso, podrían utilizarse lenguajes de modelado apropiados para representar visualmente los flujos de trabajo, roles y actividades del modelo de gestión ágil propuesto	Plantillas de artefactos: corresponde a la creación de plantillas para los artefactos del modelo, como el <i>product backlog</i> adaptado a proyectos energéticos o el tablero Kanban

Si bien, la estructura de esta tesis doctoral se articula a través de la matriz de congruencia que asegura la perfecta alineación entre la pregunta de investigación, los objetivos, la hipótesis y la metodología, combina, además, dos niveles de conocimiento, es decir, el teórico y empírico. El teórico, se basa en la revisión de la literatura sobre metodologías ágiles, gestión de proyectos y sostenibilidad, mientras que el empírico está centrado en el análisis de datos reales sobre tecnologías energéticas y sus costos, culminando en el diseño de una solución práctica, es decir el modelo de gestión ágil. Para lograrlo, se utilizan técnicas como la revisión documental, el análisis comparativo,

el estudio de casos y el diseño de un modelo. Este enfoque garantiza el rigor académico y la relevancia práctica de la propuesta, asegurando que el modelo de gestión ágil desarrollado sea una solución robusta y bien fundamentada para el sector de las energías renovables.

3.2.4. Determinación de la muestra y su criterio de selección

El universo de partida para la investigación se delimita a las ZNI de la región caribe colombiana, y a partir de este universo, la muestra se establece en el departamento de Bolívar, centrándose en las poblaciones insulares de Santa Cruz del Islote, Isla Múcura e Isla Fuerte. El criterio de estas localidades obedece a su valor como referente estratégico y caso de estudio crítico para la gestión energética en las ZNI. Los criterios que justifican esta elección se basan en: la representatividad regional y desafío de conexión, ya que el departamento de Bolívar es clave en la región caribe y presenta una alta dispersión de ZNI. Estas islas, en particular, concentran desafíos logísticos, ambientales y de ingeniería que el gobierno nacional ha intentado mitigar con proyectos de energías renovables no convencionales (FNCER).

Particularmente, otro criterio que justifica esta elección es la disponibilidad de datos cuantificables o de telemetría, en el cual, la muestra está directamente soportada por la información detallada y sistemática que proveen las entidades de vigilancia y monitoreo. El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE), a través de su Centro Nacional de Monitoreo (CNM), ofrece datos de telemetría que permiten cuantificar con precisión variables críticas para el modelo de gestión, como el consumo de energía, las horas de servicio y las interrupciones.

La información que respalda la selección de la muestra proviene de fuentes oficiales y actualizadas, específicamente del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y de los informes técnicos

elaborados por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE). Entre estos, destaca el Informe de Telemetría Mensual correspondiente a marzo de 2024 (IPSE, 2024), que documenta con precisión los datos de energía mensual (kWh) y el promedio diario de prestación del servicio en las tres islas objeto de estudio. Esta evidencia técnica permite validar la muestra seleccionada, ya que se basa en datos operativos recientes, específicos y directamente relacionados con el contexto del proyecto.

Adicionalmente, el marco de costos y la situación general del servicio en las ZNI se basa en el Boletín Tarifario de Energía ZNI de la SSPD, que fue actualizado en el primer trimestre de 2024 (SSPD, 2024). Por lo tanto, la muestra se centra en localidades que cuentan con datos oficiales muy detallados, donde el consumo de energía y la calidad del servicio se miden de manera rigurosa. Esto facilita la planificación y el modelo de gestión que se desarrollará en la tesis doctoral. Así que, los datos específicos sobre el consumo, las horas de energía y el número de usuarios se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Consumo, horas de energía y número de usuarios de centros poblados de estudio (Superservicios, 2024).

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	DATOS ENERGÍA	ID CATEGORIA	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	PROMEDIO DE HORAS DE SERVICIO DIARIO	OPERADOR	USUARIOS
BOLÍVAR	CARTAGENA	ISLA FUERTE	Telemetría	Corregimiento	62153	28269	10 horas 14 minutos	COOPERATIVA COMUNITARIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ISLA FUERTE - COOSERPUDI	89
BOLÍVAR	CARTAGENA	ISLA MUCURA	Telemetría	Centro Poblado	6777	2976	12 horas 06 minutos	COOPERATIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS - ISFROCOOP	63
BOLÍVAR	CARTAGENA	SANTA CRUZ DEL ISLOTE	Telemetría	Localidad Menor	14435	7031	11 horas 30 minutos	COOPERATIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS - ISFROCOOP	148

3.3. Trabajo de campo.

El trabajo de campo es la etapa clave en la investigación doctoral, donde se pone en práctica el enfoque metodológico que se definió anteriormente, con el fin de obtener y

analizar los datos de manera sistemática. En esta sección, se describe el proceso riguroso que se siguió para pasar de la planificación teórica a la recolección de evidencia empírica, garantizando así la trazabilidad y la validez de los hallazgos. Se ofrece una guía detallada de las acciones realizadas, conectando las actividades de trabajo con los instrumentos de recolección, los responsables y los recursos utilizados. El propósito de este apartado es hacer transparente el proceso a través del cual se recopiló la información esencial que alimenta el análisis y, en última instancia, valida el modelo de gestión ágil propuesto para la optimización y sostenibilidad en esta tesis.

3.3.1. Aplicación de los instrumentos.

La recolección de datos se llevó a cabo de manera metódica, utilizando herramientas diseñadas específicamente para cada objetivo, tal como se detalla en la Tabla 2. Este proceso fue más que una simple recopilación; fue una investigación estructurada destinada a obtener información precisa y relevante. Así, para el primer objetivo específico: identificar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares, y describir sus ventajas energéticas en la captación eficiente de energía, se realizó una revisión documental sistemática. Se emplearon fichas de registro bibliográfico para organizar y sintetizar la información de artículos científicos, tesis doctorales, patentes, entre otros. Además, las hojas de datos de los fabricantes fueron esenciales para extraer las especificaciones técnicas de los dispositivos eólicos y solares. La información recopilada se organizó en una matriz de comparación tecnológica, lo que permitió analizar y contrastar variables como eficiencia, vida útil y costos, lo cual fue clave para identificar las ventajas energéticas de cada tecnología en el contexto de las ZNI.

En relación con el objetivo específico 2, que se ocupa del análisis de la tecnología en el sector energético para recopilar información económica, inversiones y costos sobre el funcionamiento de dispositivos eólicos y solares, el enfoque principal fue el análisis documental de fuentes secundarias altamente confiables. Se consultaron de manera sistemática bases de datos del sector, como los informes del IPSE y el Sistema Único de

Información (SUI) de la Superservicios. A través de un protocolo de análisis de proyectos, se extrajo y organizó información económica clave, incluyendo inversiones, costos operativos y tarifas, de los casos de estudio seleccionados en el departamento de Bolívar, específicamente en las localidades de Isla Fuerte, Isla Múcura y Santa Cruz del Islote. Esto permitió crear un panorama económico detallado y basado en evidencia empírica.

Para alcanzar el objetivo específico 3, se busca desarrollar un modelo de gestión ágil que contemple los aspectos técnico, administrativo, financiero y social en proyectos de energías renovables, integrando las metodologías Scrum y Kanban. La técnica de diseño de investigación se concretó mediante el uso de herramientas e instrumentos de modelado de procesos, para así crear diagramas de flujo que ilustran visualmente cómo interactúan Scrum y Kanban en el contexto de un proyecto de energía renovable. Además, se elaboraron plantillas específicas, como un *product backlog* adaptado para incluir hitos de sostenibilidad y un tablero Kanban que muestra el flujo de trabajo desde la planificación técnica hasta la gestión social, asegurando que el modelo propuesto sea práctico y aplicable.

Finalmente, la aplicación rigurosa y cuidadosa del protocolo de cuatro criterios para validar fuentes se convirtió en un mecanismo clave para asegurar la metodología, desempeñando un papel similar al de una prueba piloto en investigaciones de diseño no experimental. Este proceso garantiza, tanto la validez interna, como la relevancia de los datos secundarios utilizados en el análisis empírico del problema, eliminando cualquier duda sobre el cumplimiento del requisito de validación en este tipo de diseño transeccional basado en análisis documental. Así, se asegura que la información procesada cumple con altos estándares de calidad científica y que los resultados del análisis son consistentes y confiables, fortaleciendo la coherencia entre la evidencia empírica y el rigor metodológico del modelo MAS-ER.

3.3.2. *Procesamiento de la información.*

Una vez concluida la fase de recolección, se inició el procesamiento de la información, una etapa crucial para transformar los datos rudimentarios o brutos en conocimiento significativo, dicho proceso se alineó con el enfoque cuantitativo y el diseño correlacional y transeccional de la tesis doctoral.

El procedimiento se desarrolló en tres fases lógicas, tal y como sigue:

- Organización y depuración de datos: la información recopilada de las diversas fuentes como fichas, matrices, bases de datos, entre otras, fue centralizada y estandarizada. Se realizó una depuración para verificar la consistencia y la integridad de los datos, especialmente los numéricos provenientes de los informes de telemetría del IPSE y la SSPD, asegurando la fiabilidad de la base de datos final.
- Análisis descriptivo y correlacional: se realizó un análisis descriptivo de las variables clave operacionalizadas en la Tabla 1, como los costos de inversión, la eficiencia energética de las tecnologías y las horas de servicio en las localidades de la muestra. Posteriormente, y en línea con el diseño correlacional, se exploraron las relaciones entre las variables de gestión que fueron extraídas del análisis documental de proyectos y los indicadores de desempeño para la optimización de recursos y sostenibilidad, con el fin de identificar patrones y asociaciones significativas que justificaran la estructura del modelo ágil propuesto.
- Síntesis e integración para el diseño del modelo: finalmente, los resultados del análisis cuantitativo se integraron con los hallazgos derivados de la revisión documental y el modelado de procesos. Esta síntesis permitió triangular la información y asegurar que el modelo de gestión ágil no solo estuviera fundamentado en la teoría, sino también validado por la evidencia empírica extraída del contexto real de las ZNI de Colombia, por tanto, los hallazgos de

este procesamiento son la base de los resultados que se presentan en el siguiente capítulo.

Por tanto, el procesamiento de la información, que se alinea con el enfoque cuantitativo y el diseño correlacional y transeccional de la tesis, se convierte en una etapa clave que transformó los datos brutos en conocimiento científico de alto valor. A través de la organización, depuración y análisis descriptivo y correlacional, la investigación logró identificar patrones y relaciones significativas entre las variables operacionales, que son esenciales para justificar la estructura del modelo ágil propuesto. Finalmente, la síntesis metodológica permitió conectar la evidencia empírica obtenida del contexto real de las ZNI con los hallazgos teóricos del modelado de procesos, asegurando que el modelo MAS-ER no solo esté bien fundamentado en la teoría, sino que también ha sido validado en un contexto operativo.

3.4. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.

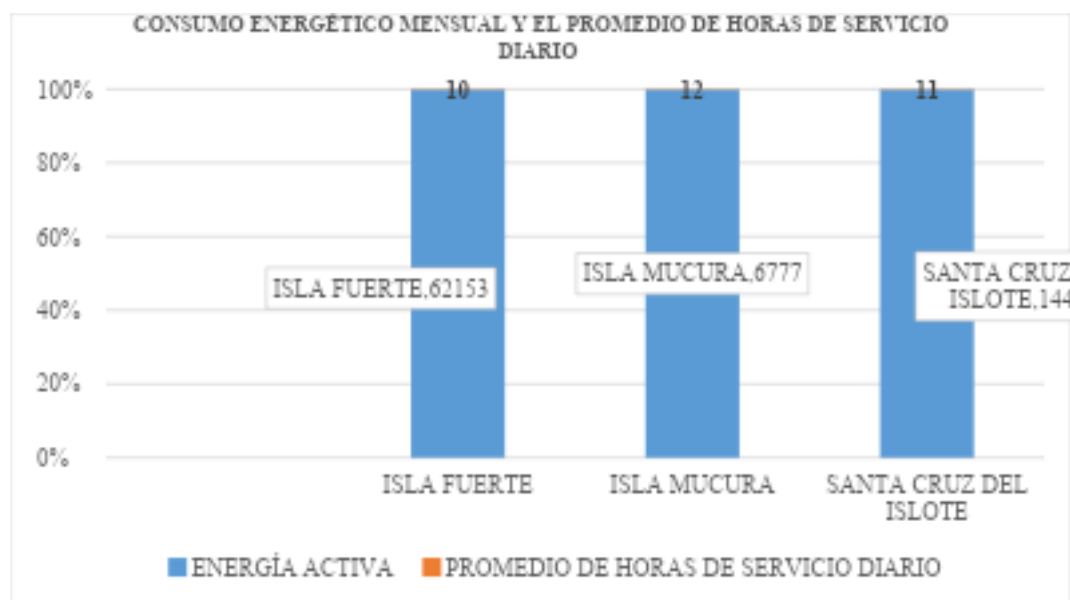
En este apartado se presentan los resultados derivados de la aplicación de los instrumentos y el procesamiento de la información. Los datos se han organizado y visualizado para facilitar su interpretación y revelar las tendencias y regularidades que emergen del estudio en las ZNI de la muestra seleccionada.

3.4.1. Caracterización del déficit energético en la muestra de estudio

El análisis de los datos obtenidos de fuentes oficiales como el Instituto de Planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) permite cuantificar la precariedad del servicio eléctrico en las localidades insulares de Bolívar. La Gráfica 2 resume la relación entre el consumo energético mensual y el promedio de horas de servicio diario para cada comunidad.

Gráfica 2.

Comparativa de consumo (kWh) vs. Horas de servicio diario (Marzo 2024)



Como se puede observar, el gráfico de barras comparativo muestra tres localidades: Isla Fuerte, Isla Múcura y Santa Cruz del Isote, y para cada localidad, dos secciones son visibles, es decir, una representa la energía activa mensual (kWh) y la otra el promedio de horas de servicio diario. Isla Fuerte, presenta el mayor consumo con 62,153 kWh, pero una de las coberturas más bajas con solo 10 horas y 14 minutos de servicio diario. Por su parte, Isla Múcura, muestra el menor consumo (6,777 kWh), pero la mayor cobertura horaria, alcanzando 12 horas y 6 minutos. Y, por último, Santa Cruz del Isote, a pesar de tener la mayor cantidad de usuarios (148), su consumo es de 14,435 kWh con un promedio de 11 horas y 30 minutos de servicio. De ahí, que la primera regularidad que surge es la desconexión entre el número de usuarios, la demanda energética y la calidad del servicio, sabiendo que, a pesar de ser proyectos monitoreados por telemetría, ninguna de las comunidades alcanza un servicio continuo de 24 horas, con promedios que apenas cubren el 50% del día. Esto evidencia una ineficiencia operativa sistémica en la gestión y mantenimiento de las soluciones energéticas implementadas.

Del mismo modo, para los resultados obtenidos en la consecución y cumplimiento de los objetivos específicos, se aplicó la metodología planteada y el método racional de

análisis, inductivo, con el fin de analizar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares en la captación energética a partir de la indagación primaria del proceso de investigación para la identificación de las ventajas energéticas en dichas tecnologías. A partir de las fuentes secundarias y los informes suministrados por el Ministerio de Energía de Colombia, se consolidaron los datos del estado de la prestación del servicio de energía en ZNI, específicamente en Bolívar, Archipiélago de San Andrés y Providencia, La Guajira y Magdalena.

Estos se basan en el estado de la prestación del servicio de energía e indican el estado de la prestación del servicio de energía en ZNI, para las localidades que hoy cuentan con este sistema de seguimiento tal como se indicó en la determinación de la muestra, y como dato de partida, la implementación o el universo de partida corresponde a las zonas no interconectadas de la zona norte de Colombia. A partir de este universo, se estableció la muestra como un departamento de ella, más específico, Bolívar, que, debido a su estratégica ubicación en el país, su demografía, la dimensión, así como la estructura y la evolución a lo largo de los años, las múltiples ZNI que presenta y el esfuerzo del gobierno nacional para mitigar los problemas de conexión de fuente de energía, se convierten en un referente claro y preciso como muestra. De esta forma, la muestra se basó en los niveles de consumo energético registrados en diferentes poblaciones del departamento de Bolívar, los cuales están estrechamente relacionados con la densidad poblacional de esas zonas. Esta población será la principal beneficiaria de la planificación y del modelo de gestión que se propone desarrollar (ver Tabla 4).

Tabla 4.

Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas adscritas al municipio de Cartagena de Indias del departamento de Bolívar.

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	01	57.124,	25.836,	280,52	Viernes	2024 ene 05 07:00:00 PM	9,44
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	01	7.245,	2.832,	23,97	Domingo	2024 ene 07 05:30:00 AM	12,
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	01	2.051,	740,	41,06	Lunes	2024 ene 29 10:15:00 PM	1,51

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	02	63.517,	30.203,	225,98	Sábado	2024 feb 17 10:45:00 PM	12,36
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	02	5.309,	2.189,	22,37	Lunes	2024 feb 19 09:30:00 PM	10,51
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	02	12.401,	4.377,	45,18	Domingo	2024 feb 18 11:00:00 PM	11,19
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	03	62.153,	30.531,	259,98	Sábado	2024 mar 23 10:30:00 PM	10,14
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	03	6.777,	2.624,	23,36	Miércoles	2024 mar 27 12:45:00 AM	12,06
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	03	14.435,	4.758,	48,58	Miércoles	2024 mar 27 11:00:00 PM	11,3
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	04	54.985,	26.475,	232,88	Miércoles	2024 abr 03 09:45:00 PM	9,26
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	04	5.570,	2.018,	22,27	Jueves	2024 abr 04 10:00:00 PM	10,11
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	05	64.368,	30.561,	247,59	Sábado	2024 may 18 10:00:00 PM	10,9
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	05	13.543,	4.513,	52,58	Jueves	2024 may 16 09:00:00 PM	10,2
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	06	60.724,	28.336,	265,63	Domingo	2024 jun 30 08:00:00 PM	9,4
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	06	12.040,	3.944,	53,41	Viernes	2024 jun 21 10:30:00 PM	9,24
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	07	28.683,	13.831,	264,06	Lunes	2024 jul 01 12:30:00 AM	4,22
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	07	13.868,	4.464,	54,18	Viernes	2024 jul 12 10:15:00 PM	10,15
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	09	31.801,	14.619,	253,5	Sábado	2024 sep 14 10:15:00 PM	5,35
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	09	0,	0,	0,	Domingo	2024 sep 01 12:00:00 AM	0,
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	09	13.441,	3.944,	51,2	Martes	2024 sep 24 09:15:00 PM	11,12
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	10	60.909,	27.005,	261,48	Sábado	2024 oct 12 09:45:00 PM	9,75
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	10	0,	0,	0,	Martes	2024 oct 01 12:00:00 AM	0,
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	10	13.769,	3.852,	54,08	Viernes	2024 oct 25 10:30:00 PM	10,57
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	11	51.103,	23.051,	242,44	Sábado	2024 nov 09 09:45:00 PM	8,61
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	11	4.481,	1.628,	18,82	Viernes	2024 nov 29 11:30:00 PM	9,86

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	11	4.427,	1.201,	50,11	Martes	2024 nov 05 10:15:00 PM	3,73
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	12	33.251,	14.660,	254,33	Sábado	2024 dic 28 10:00:00 PM	5,07
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2024	12	6.690,	2.262,	22,18	Lunes	2024 dic 30 11:00:00 PM	12,05
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	01	37.775,	22.357,	230,05	Miércoles	2023 ene 04 10:30:00 PM	6,49
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	01	6.927,	2.640,	20,83	Domingo	2023 ene 08 12:00:00 AM	15,
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	01	7.041,	2.223,	38,98	Martes	2023 ene 10 08:30:00 PM	7,56
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	02	46.350,	28.186,	182,16	Viernes	2023 feb 17 10:30:00 PM	10,2
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	02	5.151,	2.024,	18,37	Viernes	2023 feb 10 09:30:00 PM	13,13
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	02	7.764,	2.349,	32,45	Jueves	2023 feb 16 07:45:00 PM	11,03
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	03	62.498,	37.175,	190,64	Domingo	2023 mar 19 10:30:00 PM	13,34
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	03	6.068,	2.414,	18,75	Jueves	2023 mar 16 12:45:00 AM	14,15
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	03	5.810,	1.960,	17,76	Domingo	2023 mar 05 08:30:00 PM	13,45
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	04	65.449,	38.614,	220,49	Jueves	2023 abr 06 11:45:00 PM	13,39
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	04	4.954,	1.982,	19,71	Viernes	2023 abr 07 11:15:00 PM	11,2
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	04	6.741,	2.627,	20,13	Lunes	2023 abr 24 10:00:00 PM	13,58
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	05	55.498,	33.985,	217,5	Sábado	2023 may 20 10:15:00 PM	11,35
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	05	5.344,	2.244,	23,36	Miércoles	2023 may 03 04:30:00 AM	12,14
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	05	5.241,	1.619,	18,37	Martes	2023 may 30 08:00:00 PM	11,51
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	06	59.453,	34.659,	224,06	Domingo	2023 jun 18 08:45:00 PM	11,3
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	06	6.722,	2.757,	21,7	Viernes	2023 jun 23 11:00:00 PM	14,08
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	06	3.644,	1.139,	18,56	Jueves	2023 jun 29 08:45:00 PM	8,05
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	07	35.668,	20.472,	237,53	Sábado	2023 jul 01 08:00:00 PM	7,03

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	07	7.284,	2.921,	23,14	Miércoles	2023 jul 05 10:30:00 PM	13,44
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	07	5.536,	1.715,	18,53	Martes	2023 jul 11 09:15:00 PM	11,39
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	08	59.332,	34.624,	239,69	Sábado	2023 ago 05 10:15:00 PM	12,
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	08	7.212,	2.912,	23,84	Sábado	2023 ago 19 11:30:00 PM	13,47
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	08	5.284,	1.708,	18,43	Jueves	2023 ago 10 08:30:00 PM	11,35
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	09	73.290,	40.608,	226,64	Viernes	2023 sep 29 10:15:00 PM	16,07
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	09	5.539,	2.199,	22,37	Viernes	2023 sep 08 10:15:00 PM	10,32
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	09	9.602,	3.063,	53,73	Jueves	2023 sep 28 10:00:00 PM	11,03
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	11	65.704,	31.174,	242,02	Domingo	2023 nov 12 02:00:00 AM	11,5
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	11	6.626,	2.557,	27,46	Martes	2023 nov 28 11:00:00 PM	11,33
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	11	448,	133,	40,35	Sábado	2023 nov 11 10:45:00 PM	0,31
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	12	54.967,	25.641,	269,46	Sábado	2023 dic 30 10:30:00 PM	9,04
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	12	6.884,	2.587,	26,21	Sábado	2023 dic 02 12:45:00 AM	10,32
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2023	12	0,	0,	0,	Viernes	2023 dic 01 12:00:00 AM	0,
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	01	20.571,	11.791,	187,32	Sábado	2022 ene 01 11:15:00 PM	5,23
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	01	7.048,	2.701,	20,8	Miércoles	2022 ene 05 02:30:00 PM	16,01
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	01	13.431,	4.523,	33,38	Domingo	2022 ene 09 09:45:00 PM	17,24
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	02	14.980,	8.050,	160,63	Jueves	2022 feb 17 10:15:00 PM	4,4
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	02	6.153,	2.518,	18,21	Miércoles	2022 feb 09 10:15:00 PM	16,18
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	02	11.959,	4.111,	34,21	Jueves	2022 feb 17 10:30:00 PM	16,21
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	03	6.967,	2.812,	19,52	Domingo	2022 mar 20 02:00:00 PM	15,52
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	03	13.014,	4.343,	35,71	Jueves	2022 mar 31 09:45:00 PM	15,

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
ISLA MÚCURA (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	04	6.932,	2.677,	21,86	Sábado	2022 abr 30 01:00:00 AM	14,83
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	04	13.261,	4.326,	39,62	Lunes	2022 abr 11 10:00:00 PM	14,3
ISLA MÚCURA (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	05	7.082,	2.825,	22,34	Martes	2022 may 17 09:45:00 PM	14,62
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	05	13.696,	4.346,	38,78	Martes	2022 may 10 09:45:00 PM	14,18
ISLA FUERTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	06	52.039,	24.778,	179,3	Jueves	2022 jun 23 11:00:00 PM	12,68
ISLA MÚCURA (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	06	6.662,	2.473,	23,7	Jueves	2022 jun 23 10:00:00 PM	13,98
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	06	12.585,	3.947,	38,4	Miércoles	2022 jun 29 09:30:00 PM	13,73
ISLA FUERTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	07	55.920,	26.451,99	200,2	Domingo	2022 jul 03 10:45:00 PM	12,87
ISLA MUCURA (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	07	7.101,	2.763,42	22,85	Sábado	2022 jul 09 11:00:00 PM	14,75
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA - BOLÍVAR)	2022	07	14.090,	4.483,02	40,42	Domingo	2022 jul 17 09:00:00 PM	14,35
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	08	53.258,	25.989,	187,07	Viernes	2022 ago 12 09:30:00 PM	12,02
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	08	7.049,	2.796,	23,94	Domingo	2022 ago 14 11:00:00 PM	14,61
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	08	12.587,	4.121,	40,42	Sábado	2022 ago 20 10:15:00 PM	12,81
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	09	51.451,	28.127,	196,05	Sábado	2022 sep 03 09:30:00 PM	12,09
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	09	12.343,	4.024,	38,98	Miércoles	2022 sep 28 09:45:00 PM	13,09
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	09	6.108,	2.476,	22,14	Lunes	2022 sep 05 09:45:00 PM	13,22
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	10	50.233,	28.933,	201,7	Sábado	2022 oct 15 11:30:00 PM	10,32
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	10	6.568,	2.603,	22,21	Martes	2022 oct 04 09:30:00 PM	13,39
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	10	13.617,	4.410,	38,37	Miércoles	2022 oct 26 10:15:00 PM	13,57
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	11	31.378,	18.198,	199,04	Martes	2022 nov 15 10:15:00 PM	6,3
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	11	5.837,	2.350,	20,26	Sábado	2022 nov 26 10:30:00 PM	12,23
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	11	11.866,	3.793,	40,16	Miércoles	2022 nov 02 10:15:00 PM	12,38

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	12	25.914,	14.554,	225,48	Viernes	2022 dic 30 11:00:00 PM	4,47
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	12	6.661,	2.591,	20,19	Jueves	2022 dic 15 11:45:00 PM	14,24
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2022	12	14.296,	4.585,	39,04	Miércoles	2022 dic 28 08:30:00 PM	15,07
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	01	18.181,	9.623,	135,27	Viernes	2021 ene 01 02:45:00 PM	5,32
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	02	29.571,	15.821,	143,5	Viernes	2021 feb 19 11:45:00 PM	9,35
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	02	15.750,	5.352,	44,9	Jueves	2021 feb 18 09:45:00 PM	17,29
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	03	21.916,	11.767,	168,44	Miércoles	2021 mar 31 11:15:00 PM	6,36
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	03	16.798,	5.857,	50,18	Martes	2021 mar 30 09:15:00 PM	16,04
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	04	17.858,	9.518,	177,26	Sábado	2021 abr 03 12:00:00 AM	5,27
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	04	6.886,	2.794,	20,32	Viernes	2021 abr 02 11:45:00 PM	15,03
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	04	13.114,	4.518,	49,76	Viernes	2021 abr 16 09:30:00 PM	10,52
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	05	15.612,	8.376,	142,5	Domingo	2021 may 16 02:30:00 PM	4,34
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	05	6.065,	2.500,	21,47	Viernes	2021 may 07 01:45:00 PM	14,58
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	05	17.415,	5.974,	48,83	Miércoles	2021 may 05 09:15:00 PM	14,57
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	06	27.979,	15.039,	165,37	Sábado	2021 jun 19 09:00:00 PM	7,22
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	06	6.701,	2.324,	19,87	Lunes	2021 jun 07 02:45:00 PM	15,32
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	06	18.743,	6.651,	46,91	Martes	2021 jun 29 10:15:00 PM	17,42
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	07	28.819,	15.362,	172,02	Sábado	2021 jul 17 10:45:00 PM	7,09
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	07	6.984,	2.342,	21,15	Domingo	2021 jul 04 02:15:00 PM	14,37
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	07	20.586,	7.161,	48,42	Martes	2021 jul 13 10:30:00 PM	18,7
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	08	14.790,	7.712,	137,02	Domingo	2021 ago 01 03:00:00 PM	4,24
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	08	6.170,	2.136,	22,82	Domingo	2021 ago 15 12:30:00 AM	12,27

LOCALIDAD	AÑO SERVICIO	MES SERVICIO	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	POTENCIA MÁXIMA	DÍA DE DEMANDA MÁXIMA	FECHA DE DEMANDA MÁXIMA	PROMEDIO DIARIO EN HORAS
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	08	20.083,	7.311,	47,46	Miércoles	2021 ago 18 10:15:00 PM	17,29
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	09	13.611,	7.311,	140,51	Viernes	2021 sep 17 03:00:00 PM	4,21
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	09	6.464,	2.355,	19,23	Sábado	2021 sep 25 10:15:00 PM	14,8
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	09	19.617,	7.176,	49,06	Jueves	2021 sep 30 09:45:00 PM	17,27
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	10	16.314,	8.875,	134,27	Domingo	2021 oct 31 03:00:00 PM	4,52
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	10	7.190,	2.522,	21,18	Lunes	2021 oct 18 03:15:00 PM	14,3
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	10	20.040,	7.202,	52,03	Jueves	2021 oct 14 09:30:00 PM	16,06
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	11	14.532,	7.927,	135,77	Domingo	2021 nov 14 12:00:00 AM	4,41
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	11	6.776,	2.469,	22,72	Domingo	2021 nov 14 12:15:00 AM	14,13
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	11	19.273,	6.881,	50,66	Martes	2021 nov 09 09:45:00 PM	14,5
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	12	14.819,	8.437,	184,82	Viernes	2021 dic 31 10:00:00 PM	5,03
ISLA MÚCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	12	6.715,	2.639,	20,64	Miércoles	2021 dic 09 12:30:00 AM	15,17
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	2021	12	13.297,	4.463,	34,24	Miércoles	2021 dic 29 10:00:00 PM	16,36

Nota. Este cuadro fue elaborado con base en “Estado de la prestación del servicio de energía en zonas no interconectadas 2022-2025”.

De esta forma, dado el contexto de las ZNI, que por definición son áreas que no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y suelen depender de soluciones energéticas locales, se puede intuir lo siguiente: para las horas de suministro, es muy probable que el número de horas sea limitado o intermitente, por ejemplo, solo durante la noche o unas pocas horas al día, lo cual es común en las ZNI; en términos del estado del servicio se infiere que el estado de la prestación del servicio presenta deficiencias en calidad, estabilidad o cobertura, en comparación con las áreas conectadas al SIN, y por último, para la potencia máxima disponible en estas ZNI es baja o insuficiente para cubrir todas las necesidades de la población de manera continua y simultánea. En síntesis, los datos observar y que serán analizados, son cruciales para entender el nivel

de precariedad o los retos que enfrenta el servicio de energía en esas áreas de Bolívar (ver Tabla 5, Gráfica 3 y Gráfica 4):

Tabla 5.

Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas - Número de horas de suministro de luz diaria.

MUNICIPIO	NÚMERO DE HORAS DE SUMINISTRO DE LUZ DIARIA
ISLA FUERTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	8.59 horas de suministro de luz diaria en 2024
	11.06 horas de suministro de luz diaria en 2023
	8.93 horas de suministro de luz diaria en 2022
	5,61 horas de suministro de luz diaria en 2021
ISLA MUCURA (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	8.32 horas de suministro de luz diaria en 2024
	12,59 horas de suministro de luz diaria en 2023
	14,46 horas de suministro de luz diaria en 2022
	14,44 horas de suministro de luz diaria en 2021
SANTA CRUZ DEL ISLOTE (CARTAGENA DE INDIAS - BOLÍVAR)	8.78 horas de suministro de luz diaria en 2024
	9,02 horas de suministro de luz diaria en 2023
	14,32 horas de suministro de luz diaria en 2022
	16,01 horas de suministro de luz diaria en 2021

Nota. Esta tabla fue elaborada con base en la documentación que relaciona el estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas 2022-2025.

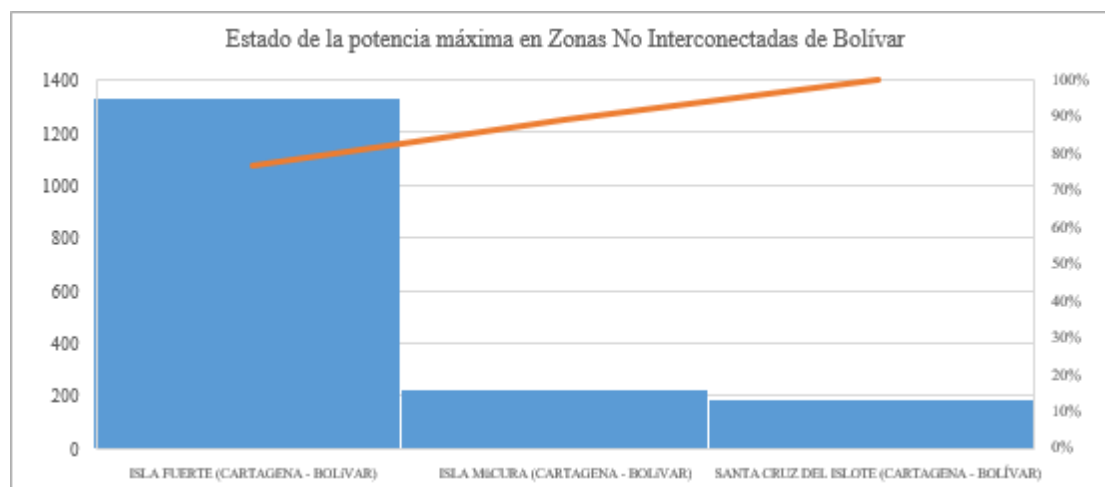
Gráfica 3.

Estado de la prestación del servicio de energía en ZNI de Bolívar



Gráfica 4.

Estado de la potencia máxima en Zonas No Interconectadas de Bolívar



Por tanto, la muestra seleccionada de entre las ZNI del Norte de Colombia corresponde al corregimiento de Isla Fuerte del Departamento de Bolívar. La Tabla 6, muestra el consumo, horas de energía y número de usuarios de el corregimiento en la isla.

Tabla 6.

Consumo, horas de energía y número de usuarios de el corregimiento Isla Fuerte

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	DATOS ENERGÍA	ID CATEGORIA	ENERGÍA ACTIVA	ENERGÍA REACTIVA	PROMEDIO DE HORAS DE SERVICIO DIARIO	OPERADOR	USUARIOS
BOLÍVAR	ISLA FUERTE	Telemetría	Corregimiento	62153	28269	10 horas 14 minutos	COOPERATIVA COMUNITARIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ISLA FUERTE - COOSERPUDI	89

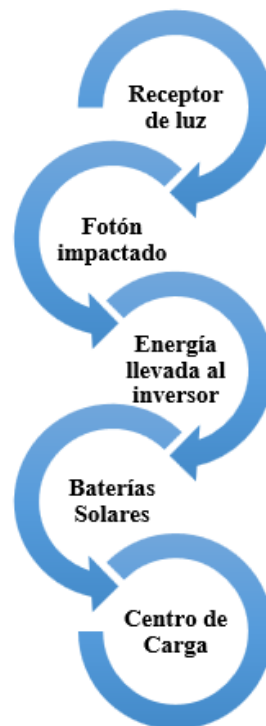
Al considerar la selección de la muestra, la metodología de la investigación adoptó un enfoque que va desde lo específico, en casos empíricos, hacia generalizaciones y la fundamentación de teorías más amplias. En esta fase, se centró en observar y medir el rendimiento de las tecnologías de generación de energía alternativa implementadas en las ZNI seleccionadas. Esto incluyó un análisis detallado de los sistemas de captación de energía, especialmente los dispositivos eólicos y solares fotovoltaicos.

Este análisis técnico lleva a dos conclusiones clave que respaldan la investigación: primero, la evidencia empírica, que se relaciona con la medición directa y proporciona datos claros sobre los requerimientos de capacidad (número y tipo de dispositivos) necesarios para asegurar un servicio sostenible en estas condiciones geográficas y operativas; y segundo, la transición conceptual, que permite examinar las fallas observadas y cómo los éxitos de estas implementaciones concretas pueden servir de base para construir un modelo de gestión sólido. Esto facilita la transferencia de hallazgos empíricos, como las medidas específicas de tecnología, a la formulación de principios de gestión energética aplicables al contexto general de las ZNI.

La investigación utiliza la observación tecnológica como base empírica para elevar el análisis a un nivel superior, buscando validar o refutar teorías sobre planificación, gestión energética descentralizada y las etapas de implementación de energía, como se ilustra en la Gráfica 5.

Gráfica 5.

Etapas en la implementación de energía solar.



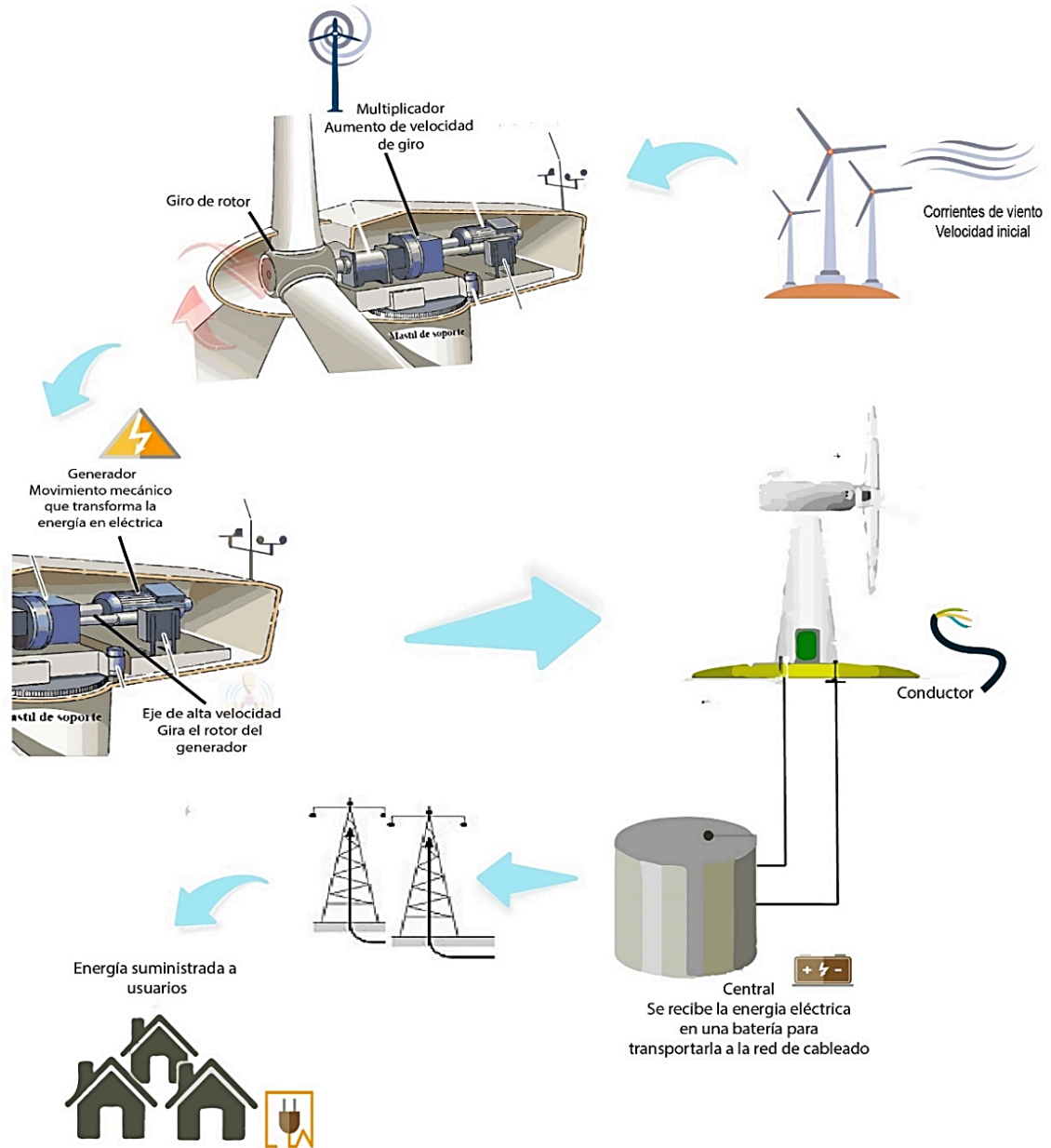
El análisis de las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares en la captación energética se relaciona de la siguiente manera: la energía eólica es considerada una energía renovable que por medio de un generador eléctrico es convertida en electricidad, su principio está basado en el aprovechamiento del viento que produce la energía cinética que se transforma. El proceso básico para obtenerla está definido por un rotor con múltiples aspas conectado perpendicularmente a una torre en su parte superior. La orientación de las aspas es dirigida por las corrientes de viento, el generador está conectado a un eje que transfiere su velocidad de giro de acuerdo con las corrientes al generador para convertirla en energía eléctrica. Cuando se produce el giro del rotor, el accionamiento generado es la sumatoria de las fuerzas del viento inicial que produce el movimiento y el viento que es producido por las aspas.

Con respecto a la tecnología, al realizar un análisis y evaluación de los métodos de implementación de la tecnología en un sistema de generación de energía eólica, se evidencia que consta de un aerogenerador. Este se conforma por un eje principal que se encarga la unión con el rotor, que es a su vez el que realiza la conversión de la energía, una multiplicadora que se comunica con el eje principal para elevar la velocidad con la que gira el rotor, un sistema de control que monitorea todas las funciones de aerogenerador, y mecanismos auxiliares que implican el bloqueo de los componentes externos que lo conforman, de orientación y de lubricación.

Su estructura física está constituida por el cimiento, en el cual se sujeta el aerogenerador, la torre que comunica con el rotor y además es el elemento que sostiene la góndola, el buje une las aspas que se encuentran en el rotor y este dirige la orientación de estas, sensores de temperatura, presión, velocidad y dirección del viento, pararrayos que conduce a la tierra la energía que es producida por las descargas eléctricas, tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama del proceso de generación de Energía Eólica.



La tecnología que se desarrolla para esta aplicación se fundamenta en el uso de los equipos y en la zona donde va a estar ubicado, es decir, en tierra o altamar. En el caso que se vaya a construir en tierra, el desarrollo de esta se basa en el diseño de los generadores con más eficiencia en proceso y longitud de las palas precisas con el fin de aprovechar las corrientes de viento y obtener la energía necesaria.

Las plantas en altamar se construyen conforme a la zona, y la capacidad de MW que ofrece, ya que estas cuentan con vientos que poseen velocidades más altas y existe mayor generación de energía potencial. Las ventajas más significativas de esta tecnología son:

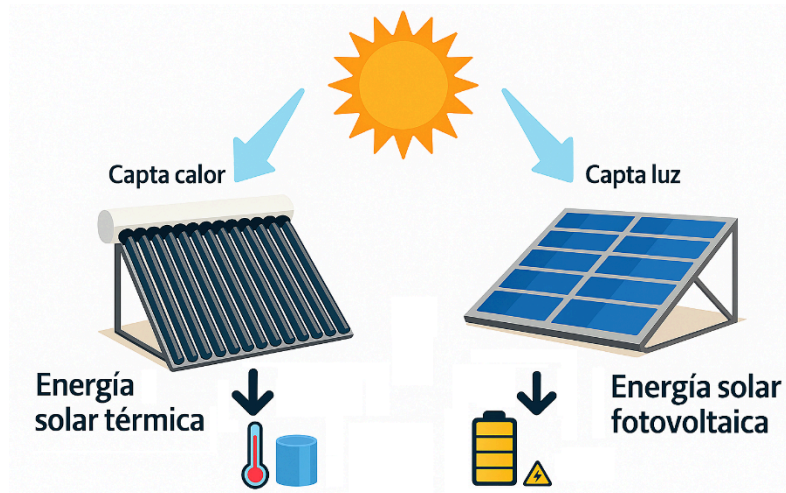
- Es una fuente de energía renovable por lo que se considera inagotable, ya que su fuente principal para la generación de energía eléctrica es el viento.
- Este tipo de energía no contamina, porque no posee un proceso interno en que se produzca combustión que implique la generación de gases tóxicos. La vida útil de las turbinas es extensa lo que influye también en la no contaminación. La generación de ruido es mínima, dependiendo de la velocidad del viento.
- Solo ocupan el 2% de la tierra, dejando el 98% restante para el uso que requiera según la zona de implementación, se considera que existe compatibilidad con otras actividades.
- El costo de producción ha bajado alrededor de un 80% en los últimos años.

Por su parte, al realizar un análisis y evaluación de los métodos de implementación de la tecnología en un sistema para la generación de energía solar, es correcto argumentar que es entendido que la energía solar, es un conjunto que se constituye por longitudes de onda que viajan a la velocidad de la luz 300.000 km/s, longitudes que son formadas por medio de la radiación electromagnética.

La energía solar es considerada como una energía renovable, ya que su fuente de obtención es el sol. El aprovechamiento de este tipo de energía puede ser definido por dos sistemas denominados pasivos y activos. Los sistemas pasivos están definidos como aquellos que no necesitan un dispositivo para obtener la energía solar, generalmente se emplean elementos arquitectónicos para el almacenamiento de esta. Los sistemas activos obtienen la energía solar por medio de un colector que aprovecha esta energía de dos maneras; por conversión térmica para captar el calor suministrado y por conversión eléctrica la cual produce el efecto fotovoltaico lo que genera corriente eléctrica, como se observa en la Figura 2.

Figura 2.

Diagrama energía solar fotovoltaica y energía solar térmica



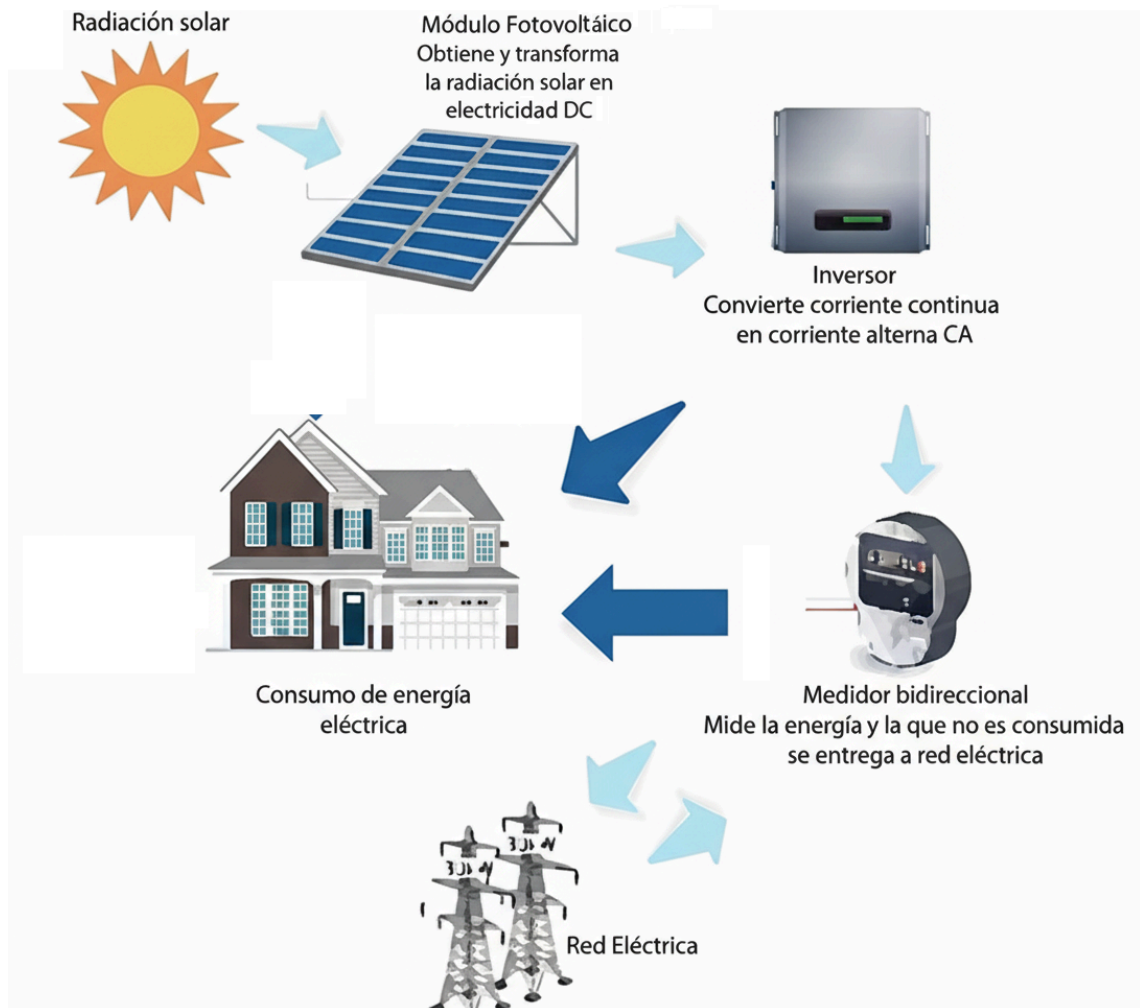
Por su parte, en la energía solar fotovoltaica, la corriente eléctrica generada se produce por medio de paneles solares fotovoltaicos que obtienen la energía a través de la radiación solar. Estos paneles se conforman de células solares de silicio que permiten que la energía captada sea transformada en electricidad. La célula solar usa para esta aplicación un haz de fotones de aproximadamente 6000°K . Existen diferentes tipos de tecnologías que describen las células empleadas, tales como; considerada como la tecnología más utilizada están las células en silicio cristalino y multi cristalino. Su uso implica el recurso de captar como energía solar 0.5 voltios con una corriente de 35 mA por área a una determinada potencia por metro cuadrado brindando una eficiencia del 16% al 20%, otra tecnología es la denominada células de capa delgada, las cuales proveen menor costo en aplicación que en eficiencia sobre el proceso, por último, se encuentran las células unión múltiple, que son utilizadas para la generación de plantas conectadas a la red.

El principio básico para captar esta energía es la obtención directa de la radiación solar por medio de un módulo fotovoltaico, el cual se constituye como un conjunto de celdas fotovoltaicas. La energía suministrada es acumulada, por lo que se produce continuamente. Con el fin de ser regulada, la energía pasa por un regulador de carga que se encarga de evitar las sobrecargas y posibles descargas que tenga el sistema, este envía

la energía generada a la batería en caso de exceso de potencia, la batería almacena esta energía para emplearla cuando sea necesaria (Ver Figura 3).

Figura 3.

Diagrama proceso energía solar fotovoltaica.

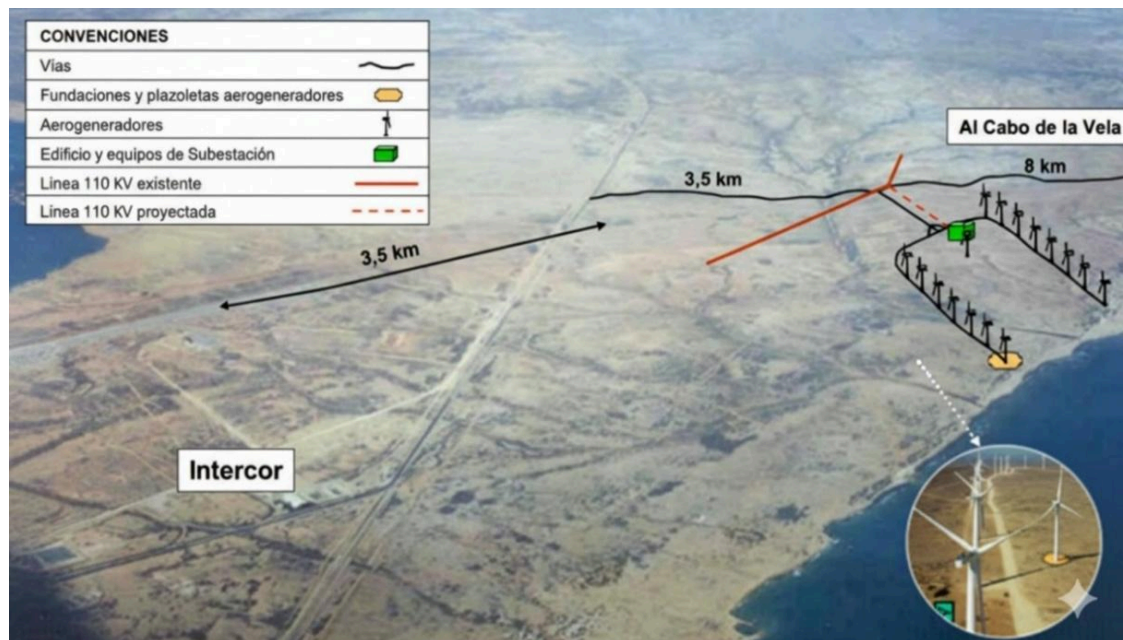


En algunos casos son empleados los inversores de voltaje para cargas de aparatos y equipos en casa, así como también varía el uso de los adaptadores para graduar el voltaje empleado en el sistema total, es decir, el voltaje recibido. Para el cableado eléctrico, existen tablas según el tamaño específico para su uso, de acuerdo con la corriente y potencia generada según diferentes tipos de voltajes.

Las tecnologías para la energía solar están en constante crecimiento y mejorando su composición, lo que se traduce en una mejor calidad de las conversiones necesarias y en cómo interactúan en la red eléctrica local donde se implementan. En los últimos años, hemos visto un aumento en la producción de dispositivos que forman parte de esta estructura, utilizando materiales como el carburo de silicio, lo que permite que el sistema logre una mayor densidad de energía y velocidades de conmutación más altas. Además, al realizar un estudio descriptivo sobre la tecnología en el sector energético, es crucial destacar que la energía eólica y solar en Colombia representa un 78% del consumo de energía derivada del petróleo, dejando solo un 22% para las energías renovables, según datos de la Unidad de Planeación Minero Energética. Por otro lado, Colombia cuenta con el Parque Eólico Jepirachí, como se muestra en la Figura 4, ubicado en la Alta Guajira, que aporta 19.5 MV al sistema interconectado a nivel nacional. Los aerogeneradores de este parque tienen un rotor de 60 metros de diámetro y una torre de 60 metros de altura, con una distancia promedio de 180 metros entre ellos.

Figura 4.

Parque Eólico Jepirachi (La Guajira, Colombia)



La Tabla 7 muestra los parámetros que se tuvieron en cuenta para la construcción del parque eólico Jepirachi.

Tabla 7.*Parámetros del proyecto del Parque Eólico Jepirachi*

Gonzales AS	UNIDAD	VALOR
Velocidad del viento	m/s	9.74
Altura	m/s	50
Distribución de frecuencia	min	20
Dirección del viento	Este – Noreste	-
Potencia instalada	MW	19.5
Producción energética	MWh – año	87267.4
Factor capacidad	-	0.461

Para este proyecto, durante la fase de construcción, se consideraron a los profesionales especializados, los auxiliares, los componentes a implementar, la papelería, el transporte, entre otros aspectos. Al llevar a cabo el estudio técnico necesario para evaluar la viabilidad, se incluyó la gestión ambiental, que abarca los planes de manejo ambiental, el plan de monitoreo y seguimiento, y el plan de contingencias, con un costo total de 1.606.580.000 millones, lo que representa el 3.32% de los costos totales del proyecto. En el caso de la implementación de energía eólica, se proyectó una utilidad de 15 años, con una capacidad de generar 100 MV para el sistema de interconexión en Colombia, y la tasa de descuento para este tipo de proyectos en ese año era de aproximadamente 14,37%. Con base en estos datos, se realizó un estudio del flujo de caja, cuyos resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8.*Flujo de caja de costos de proyectos eólicos*

Tipo de Costos, Capacidad, Equipo	Costo	Unidad
Costos fijos de O&M	\$ 39,55	(USD/Kw-año)
Capacidad Nominal	100	MW
Capacidad aerogenerador	1,5	MW
Costos para una capacidad nominal de 100 MW, cifras en miles		
Obras civiles e instalación	\$ 26.640.000	USD
Equipos mecánicos de distribución e instalación	\$ 132.946.000	USD
Distribución eléctrica e instalación	\$ 28.683.000	USD
Costos indirectos del proyecto	\$ 8.393.000	USD
Costos EPC (Ingeniería, compra y construcción) antes de imprevistos y honorarios	\$ 196.662.000	USD
Contingencias	\$ 12.007.000	USD
Costo Total del proyecto para 100 MW	\$ 208.669.000	USD

A partir del análisis realizado en el 2016, sobre los costos para la generación de energía eléctrica en Colombia, se evaluó la posibilidad de llevar a cabo diferentes proyectos con varios tipos de energías. La información que se obtuvo se presenta en la Tabla 9 y Tabla 10, teniendo en cuenta la propuesta que fue presentada por la UPME en el plan de expansión de 2010 a 2026.

Tabla 9.

Datos y supuestos requeridos para el modelo aplicado

Descripción de supuestos	Datos
Vida Útil del modelo	20 años
Tasa de descuento	5 %
Precio del carbono	6 (USD/ t CO ₂)
Capacidad acumulada C_o	Año base 2012
Capacidad Acumulada total para cada escenario en el año	16.325,7 MW

Tabla 10.

Costos y datos por tipo de energía seleccionada

Descripción	Energía			
	Eólica	Biomasa	Hidráulica	Térmica a Carbón
Costo Unitario de Capital (USD/MW)	2.213.000	8.180.000	1.800.000	917.000
Costo Unitario Fijo (USD/MW)	72.720	127.187,28	1.454,40	26.179,20
Costo O&M Variable (USD/MW)	10	17,49	0,2	3,6
Tasa de aprendizaje %	7	5	5	3
Factor de capacidad	0.25	0.95	0.95	0.87
Tasa de Emisión (t CO ₂ /MW)	144	793	234	1965
Co (MW)	19,5	57	9.185	2.122

La tabla 11, relaciona los costos totales del capital de diferentes tipos de energías para la aplicación de estos con una proyección desde el 2012 a 2031, observándose el aumento progresivo que generan los costos por la inversión inicial, y lo que implica el mantenimiento por unidad de megavatio.

Tabla 11.

Costos asociados en cada escenario por tipo de energía en el periodo 2012-2031

Tipo de energía	Escenario	Costo Capital (USD)	Costo Fijo (USD)	Costo Variable (USD)	Costo Externo (USD)	Costo Total (USD)
Eólica	1	2.059.950	1.204.700	84	29.134	3.293.869
Eólica	2	96.420.200	12.599.100	1.272	439.443	109.460.015
Eólica	3	178.292.000	22.696.600	2.459	849.751	201.853.810
Hidráulica	1	6.682.640	16.766.300	236.279	229.082	23.914.301
Hidráulica	2	440.850.000	163.888.000	2.960.990	2.818.780	610.517.770
Hidráulica	3	6.682.640	16.766.300	236.279	229.082	23.914.301
Térmica	1	322.527.000	92.486.100	1.817	13.431.360	428.446.277
Térmica	2	164.858.000	85.978.000	1.668	12.327.680	263.165.348
Térmica	3	164.858.000	85.978.000	1.668	12.327.680	263.165.348
Biomasa	1	76.435.900	31.247.700	2.656.950	12.095.000	122.435.550
Biomasa	2	0	21.387.500	1.747.420	7.960.980	31.095.900
Biomasa	3	0	21.387.500	1.747.420	7.960.980	31.095.900

A partir de la tabla anterior, se identifican una serie de claves basadas en el contexto del estudio y los patrones de costos, es decir, la Energía Hidráulica presenta el Costo Capital (USD) más alto en el escenario 2 (\$440.850.000), lo cual se alinea con la inversión de capital necesaria para grandes proyectos hidroeléctricos; la energía térmica muestra los costos externos (USD) más elevados, aproximadamente \$12M - \$13M, que típicamente incluyen el costo de las emisiones de carbono y otros impactos ambientales de la generación con combustibles fósiles; mientras que la energía por biomasa se caracteriza por tener un costo capital (USD) de 0 en los escenarios 2 y 3, lo que sugiere que el modelo del estudio asume que no hay construcción de nueva capacidad en esos escenarios para este tipo de energía, o que se trata de costos de cogeneración.

Por otro lado, la UPME determinó por medio de los datos publicados que, para las tecnologías FNCER solar y eólica, se refleja la tendencia global de reducción de costos, siendo significativamente más competitivos en 2024 que los reportados en 2017, tal y como se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12.

Tendencia global de reducción de costos en 2024 en comparación a los reportados en 2017

Tecnología	Promedio [USD/kW] (2017)	Estimación CAPEX Reciente (2024/2025)	Cambio Aproximado
<i>Solar Fotovoltaica</i>	1.107	700 - 1.000	↓ (Aprox. 10% - 37%)
<i>Eólica (Tierra)</i>	1.663	1.200 - 1.600	↓ (Aprox. 4% - 28%)
<i>Hidráulica</i>	2.102	2.000 - 3.500	~ (Mayor variabilidad)
<i>Gas Natural (Térmica)</i>	1.151	800 - 1.200	~ (Mantenimiento o leve caída)
<i>Biomasa</i>	1.381	1.500 - 2.000	~ (Mayor variabilidad)
<i>Carbón</i>	1.870	N/A (Desestimada/Salida)	↓ (Nula nueva inversión)

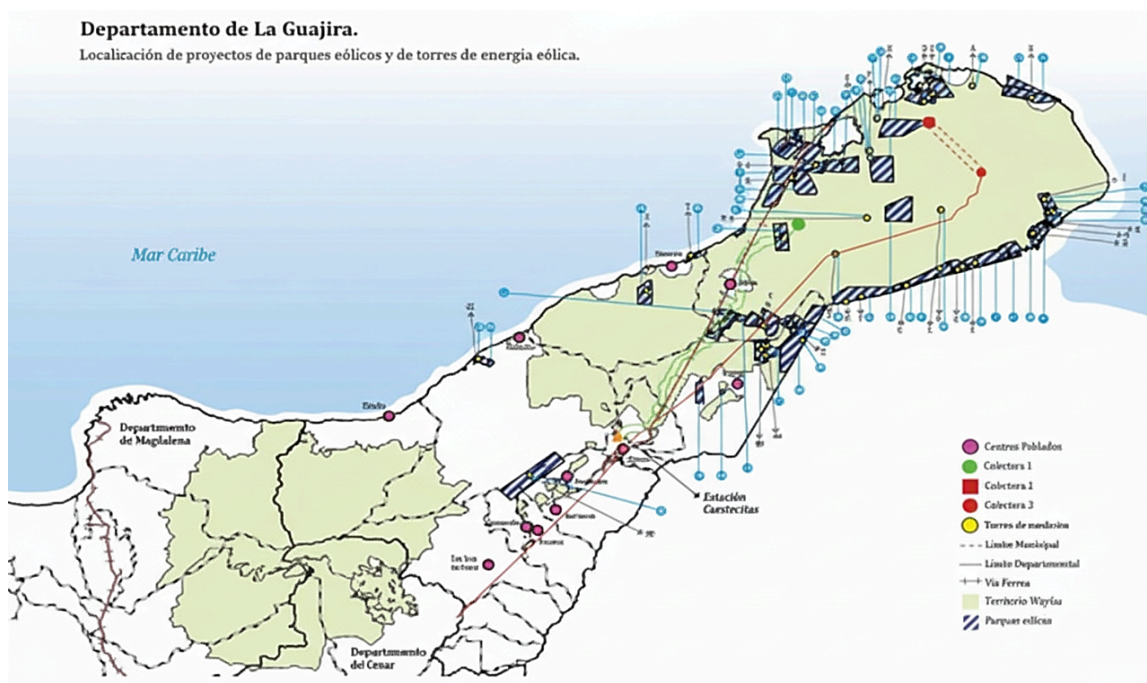
Estos valores en la tabla anterior son indicativos del rango de costo de inversión (CAPEX) utilizado como supuesto para los modelos de planeación de expansión en el sector colombiano, y pueden variar según el tipo de proyecto, es decir, gran escala vs. autogeneración y su ubicación, mostrando así los números necesarios para desarrollar proyectos que impliquen la generación de fuentes de energías renovables y energías no renovables. A partir de ello, es importante resaltar que en Colombia, la UPME, al igual que el Ministerio de Minas y Energía, basa su estrategia en la creciente competitividad de las FNCER, especialmente la solar y la eólica, de ahí, se han proyectado diversas perspectivas con respecto a la implementación de la energía eólica, evidenciando un crecimiento exponencial por la capacidad instalada y los años que han transcurrido desde entonces, mientras que para la energía solar fotovoltaica, desde 2017, ha experimentado la mayor reducción de costos de inversión, situándose en el rango más bajo de CAPEX junto con el gas natural, lo que impulsa su masiva adición al sistema. Esto ha hecho que en los planes de expansión FNCER 2024, los planes de la UPME y SER Colombia, proyectan la adición de aproximadamente 2 GW de energía eólica y 1.4 GW de energía solar fotovoltaica para 2024, con una inversión total estimada cercana a los 2.200 millones de USD en nuevos proyectos para este periodo.

Estas variaciones, se notan y se evidencian aún más desde el año 2019, en el cual, Colombia se encontraba con la formulación de 57 proyectos en diferentes zonas brindando oportunidades para aprovechar esta energía renovable, por medio de parques

eólicos como se puede observar en la Figura 5, siendo las áreas con líneas azules y blancas los posibles parques eólicos en su ubicación. Sin embargo, estos han sido cuidadosamente reestructurados, anulados o suspendidos, ya sea por la problemática asociada a los costos, como a los tiempos y forma de implementación de estos proyectos de energía renovable.

Figura 5.

Zonas que brindan oportunidad para aprovechar la energía eólica



Nota. Adaptado de *Zonas que brindan oportunidad para aprovechar la energía eólica*, de González Posso and Barney (2019, p. 22).

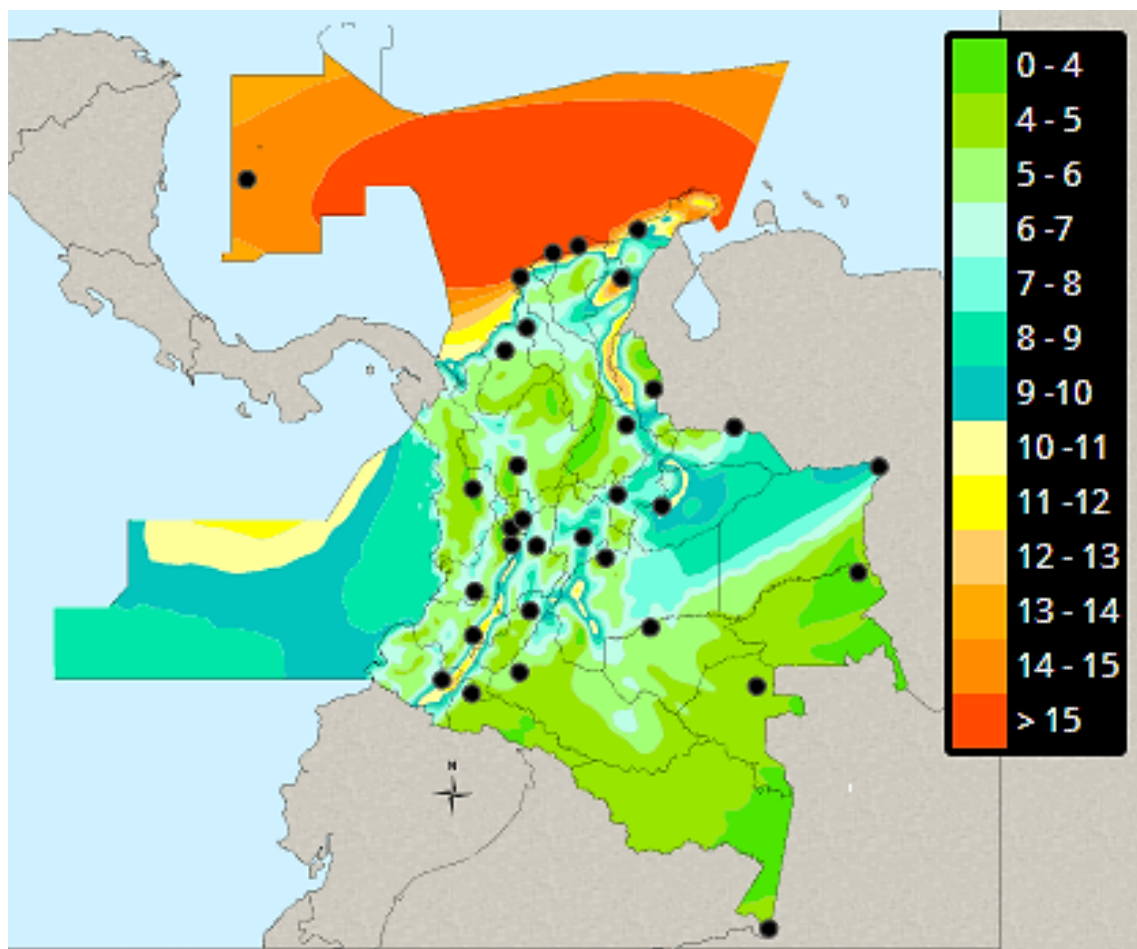
De esta misma forma, en términos de la energía eólica, el IDEAM ofrece anualmente un mapa de la velocidad del viento promedio, ya que es necesario tener el conocimiento de estos valores, y así, evaluar la ubicación en la que el parque eólico sea más eficiente y se pueda aprovechar toda la energía necesaria para aportar al sistema de red nacional.

La Figura 6, muestra el mapa de velocidad promedio del viento del año 2024, que al hacer una comparación con el pasado año 2020, Colombia, solo suplió con energía eólica el 0.1% de la demanda nacional con respecto a la electricidad, aporte que es

realizado por el Parque Eólico Jepírachi, que cuenta con una tecnología de 15 turbinas eólicas con capacidad cada una de 1.3 MW.

Figura 6.

Mapa velocidad del viento promedio anual en Colombia.



Nota. La figura presenta el mapa climático de Colombia que muestra la velocidad promedio del viento a 150 metros de altura.

3.4.2. Análisis de la sostenibilidad del modelo actual

El análisis documental, enfocado en el boletín tarifario de energía ZNI, revela que la precariedad del servicio coexiste con una estructura de costos que representa una carga significativa para comunidades con economías de subsistencia. La Tabla 13 sintetiza los

hallazgos del análisis comparativo entre el potencial de las tecnologías renovables obtenido de la revisión documental y la realidad operativa en las ZNI.

Tabla 13.

Brecha entre potencial tecnológico y desempeño real del proyecto

Criterio de Análisis	Potencial Teórico (Revisión Documental)	Desempeño Observado en la Muestra (Datos IPSE/SSPD)
<i>Eficiencia Energética</i>	Las tecnologías solar y eólica permiten una generación continua y predecible, con alta eficiencia y bajos costos operativos a largo plazo	El servicio es intermitente, con un promedio diario de 10 a 12 horas, lo que sugiere problemas en la gestión de la generación, almacenamiento o distribución
<i>Sostenibilidad Económica</i>	Los proyectos de energías renovables pueden reducir drásticamente el costo de la energía y fomentar el desarrollo económico local.	Las tarifas en ZNI son elevadas y la falta de energía limita las oportunidades productivas, perpetuando ciclos de pobreza energética
<i>Sostenibilidad Social</i>	La energía fiable mejora la calidad de vida, la educación y la seguridad de las comunidades	El servicio deficiente genera insatisfacción y limita el desarrollo social, a pesar de la existencia de infraestructura
<i>Criterio de Análisis</i>	Potencial Teórico (Revisión documental)	Desempeño Observado en la Muestra (Datos IPSE/SSPD)

Los datos muestran una brecha significativa entre el potencial teórico de las energías renovables y su impacto real en el contexto estudiado. Esto sugiere que el problema no radica únicamente en la tecnología seleccionada, sino en el modelo de gestión utilizado para planificar, ejecutar y operar estos proyectos. Del mismo modo, la falta de optimización de recursos y de una integración efectiva de las dimensiones social y financiera parece ser un factor determinante en los resultados deficientes.

3.5. Redacción de resultados y discusión

Una vez analizados los datos, esta sección interpreta las tendencias identificadas, las contrasta con el marco teórico de la investigación y discute sus implicaciones para validar la necesidad del modelo de gestión propuesto. De ahí, que las principales tendencias y regularidades se analicen o desprenden dos tendencias manifiestas. La

primera de ellas es la ineficiencia operativa, relacionada con la incapacidad de proveer un servicio eléctrico superior a las 12 horas diarias en proyectos establecidos es un claro indicador de una gestión deficiente.

Esta tendencia sugiere que los modelos de gestión tradicionales, posiblemente de tipo predictivo, carecen de la flexibilidad y capacidad de respuesta necesarias para manejar las complejidades operativas de sistemas energéticos aislados, donde la gestión de riesgos y el mantenimiento proactivo son cruciales; y la segunda es la insostenibilidad del paradigma de gestión, que hace eco en que la combinación de un servicio de baja calidad con un alto costo implícito para el usuario final, indica que el paradigma de gestión actual no es sostenible en sus tres dimensiones: ambiental: al no aprovechar todo el potencial de las fuentes limpias; económica: al no generar un modelo de negocio viable para la comunidad; y social, al no satisfacer una necesidad básica de manera fiable.

Al contrastar con el marco teórico y discusión, los hallazgos empíricos dialogan o se entrelazan directamente con el marco teórico de la presente tesis doctoral, por tanto, se observa que:

- La ineficiencia observada es consistente con las críticas a los modelos de gestión en cascada cuando se aplican a entornos complejos y cambiantes. La falta de ciclos de retroalimentación cortos, adaptación continua y gestión visual del trabajo, principios centrales de metodologías ágiles como Scrum y Kanban, podría explicar la dificultad para optimizar la operación y el mantenimiento en tiempo real.
- La brecha entre el potencial tecnológico y la realidad del proyecto subraya la hipótesis central de esta investigación, es decir, la tecnología es una condición necesaria pero no suficiente. El análisis confirma que sin un modelo de gestión que integre las dimensiones técnica, administrativa, financiera y social desde su concepción, los proyectos corren el riesgo de convertirse en infraestructuras subutilizadas.

- La investigación de Al-Shamlan (2022) validó la aplicabilidad de principios ágiles en la gobernanza de proyectos de ingeniería, pero sin vincularlos a la sostenibilidad, mientras que los resultados de este trabajo de campo demuestran precisamente la necesidad de dar ese paso, es decir, la falta de una gobernanza adaptativa en las ZNI estudiadas se traduce directamente en un déficit de sostenibilidad. De igual forma, mientras Weber (2021) abordó la sostenibilidad a nivel estratégico, los datos aquí presentados evidencian que, sin un marco táctico y operativo para la ejecución, esas estrategias no logran materializarse en beneficios tangibles para la comunidad.

En síntesis, los datos obtenidos en el contexto territorial de las islas estudiadas en el departamento de Bolívar-Colombia, no solo confirman el estado problemático de la electrificación en las ZNI, sino que también actúan como una validación empírica de la brecha que busca resolver esta tesis. La evidencia apunta a que la causa raíz de los fallos no es tecnológica, sino de gestión. Esto justifica de manera contundente la necesidad de diseñar e implementar un modelo de gestión ágil, enfocado en la optimización y la sostenibilidad, como una solución robusta y contextualizada para transformar la realidad energética de estas comunidades.

Teniendo en cuenta lo discutido anteriormente, así como los análisis de los resultados obtenidos, el proceso final del modelo se fundamentó en la implementación de la metodología Scrum, combinada con el enfoque ágil Kanban. Esto se ilustra en la Figura 7 y Figura 8, aplicándose al modelo de gestión técnica, administrativa y social de proyectos en energía solar y eólica. Luego, para el diseño final del modelo de gestión administrativa que integra Scrum y Kanban en proyectos de generación de energías renovables, se coordinaron las acciones de cada una de estas metodologías.

Figura 7.

Esquema general del modelo ágil Scrum

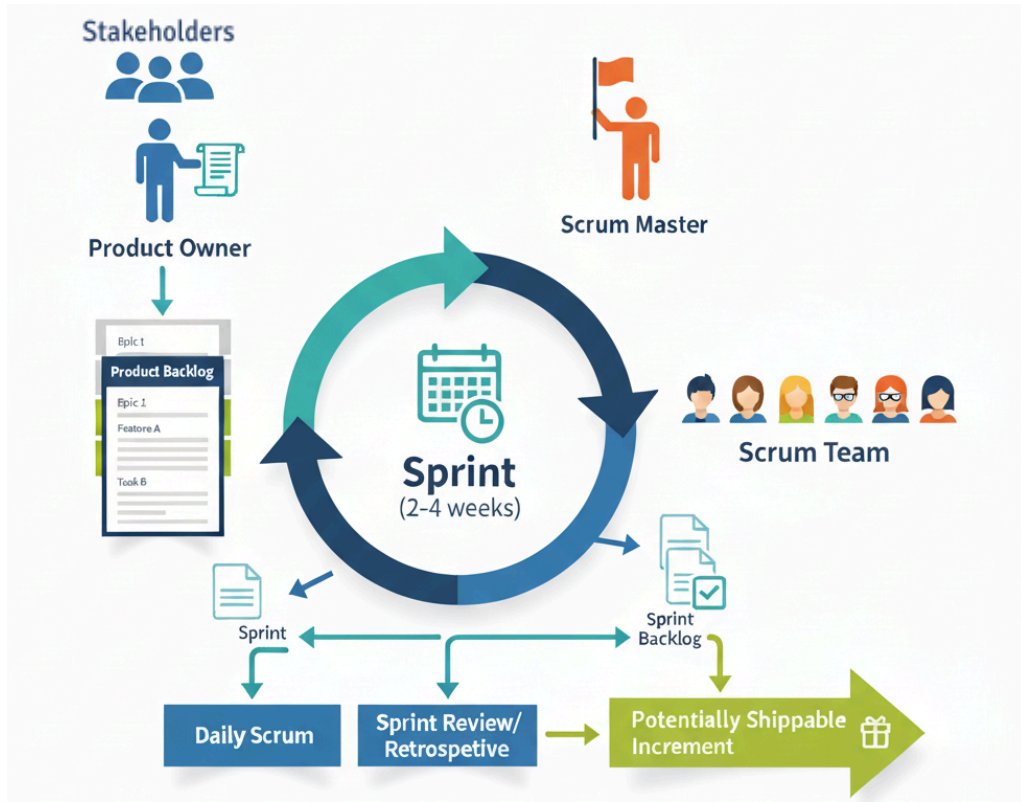
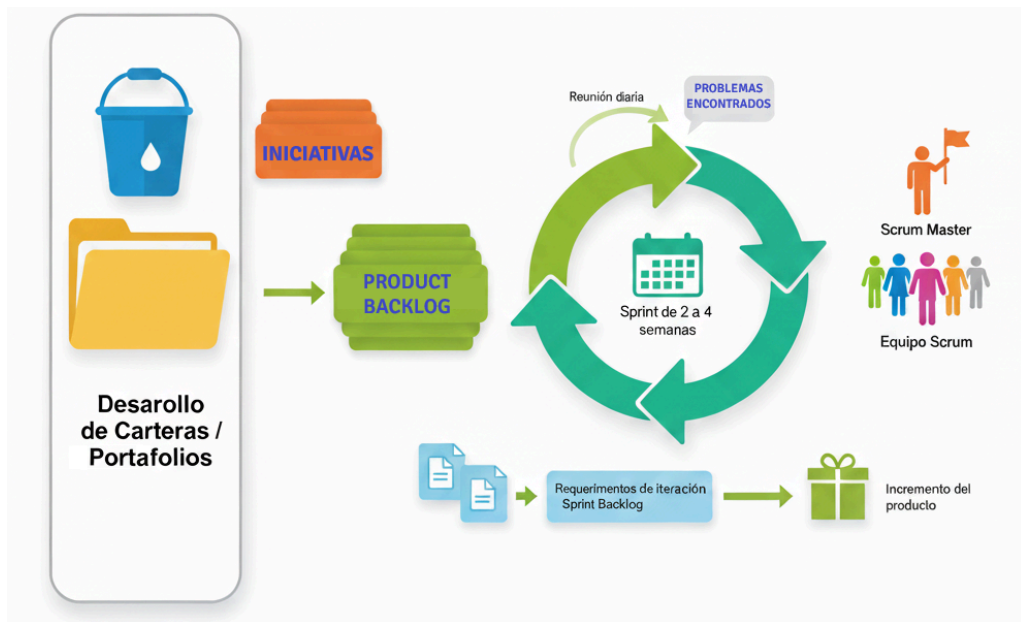


Figura 8.

Modelo para desarrollo de carteras/portafolios Kanban y Scrum



El diseño final del modelo de gestión administrativa para los Sistemas Solares Fotovoltaicos se basa en una integración híbrida de metodologías ágiles, combinando los marcos de trabajo Scrum y Kanban, lo que permite capitalizar la planificación iterativa y la gestión de prioridades de Scrum, ideal para la definición de valor y entregas periódicas, con la visualización del flujo de trabajo y la mejora continua de Kanban, el cual es apropiado para la gestión operativa y el mantenimiento del flujo. La estructura del trabajo se articula en tres grandes grupos de acciones estratégicas, denominados *product backlog*, cada uno con su conjunto de tareas interdependientes, los cuales representan los pilares fundamentales para la implementación, operación y administración eficiente de los proyectos de sistemas solares fotovoltaicos. En la Figura 9 y Figura 10, se muestran, respectivamente, los *product backlog* 1, 2 y 3 del sistema solar fotovoltaico para el modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025 MAS-ER.

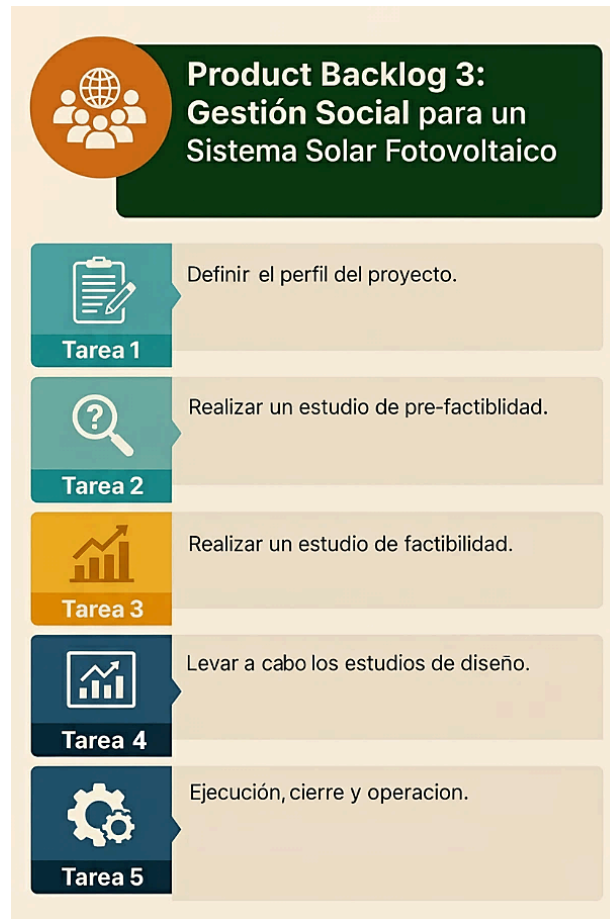
Figura 9.

Product Backlog #1 y #2 del Sistema Solar Fotovoltaico para el modelo MAS-ER



Figura 10.

Product Backlog #3 del Sistema Solar Fotovoltaico para el modelo MAS-ER



Es importante resaltar que, para cada uno de los requerimientos establecidos en los *product backlog* presentados anteriormente, los cuales fueron gestionados utilizando la metodología Scrum, se crearon tareas específicas que facilitan su desarrollo operativo. Estas tareas no se abordaron de forma aislada, en cambio, se organizaron y ejecutaron a través de la metodología ágil Kanban, lo que permitió una gestión visual, flexible y continua del flujo de trabajo, adaptándose a las necesidades reales del equipo y del proyecto. Esta combinación de metodologías no solo responde a la naturaleza dinámica del sistema eólico propuesto, sino que también refuerza el modelo de gestión administrativo que se plantea en esta investigación. En este sentido, se presenta una propuesta que fusiona la estructura iterativa de Scrum con la fluidez visual de Kanban,

creando un enfoque híbrido que facilita la planificación, ejecución y seguimiento de cada componente técnico y administrativo del proyecto.

En las Figuras 11 y 12 se muestran los *product backlog* 1, 2 y 3 correspondientes al sistema eólico dentro del modelo MAS-ER, evidenciando cómo se conectan los requerimientos técnicos con las prácticas ágiles para lograr una implementación eficiente, colaborativa y centrada en la entrega de valor. Esta representación gráfica valida el enfoque metodológico adoptado, así como también permite visualizar el progreso incremental del proyecto, alineado con los principios de agilidad y mejora continua.

Figura 11.

Product Backlog #1 y #2 del Sistema Eólico para el modelo MAS-ER

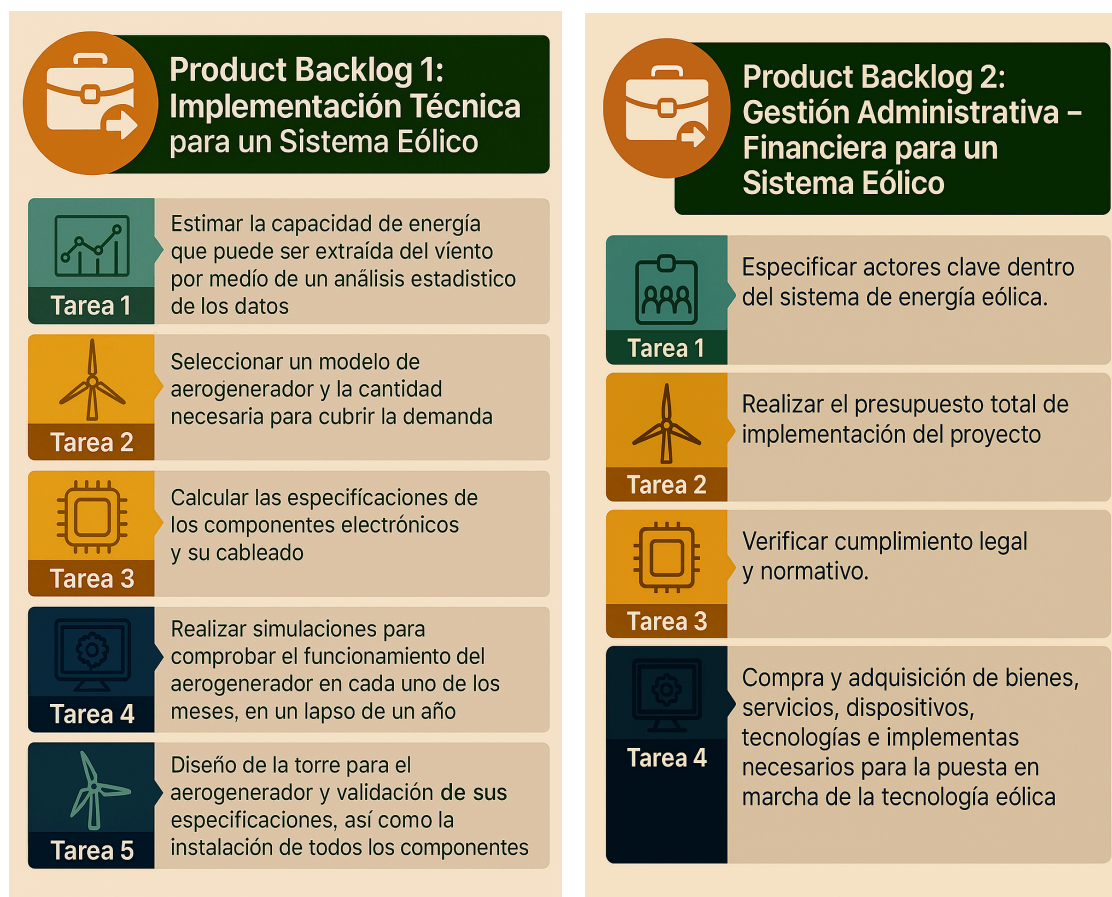


Figura 12.

Product Backlog #3 del Sistema Eólico para el modelo MAS-ER



Para efectos de estructuración adecuada, se presentan en anexo los documentos e instrumentos contruidos para el diseño de un modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables, con la integración de Scrum y Kanban para proyectos de generación de energías renovables. Dichos documentos, muestran el paso a paso, la descripción de las tecnologías, los cálculos matemáticos, los aspectos técnicos, administrativos y sociales que deben ser trabajados y gestionados en los *sprint* de la metodología ágil Scrum, y las tareas y subtareas de cada uno de los requerimientos, los cuales se implementan por medio de la metodología ágil Kanban.

Paralelamente, y con el ánimo de realizar un estudio descriptivo de la tecnología incorporada en el sector energético para la obtención de información económica, inversión y costos referente a la funcionalidad de dispositivos eólicos y solares, y obtener información clave para el desarrollo del modelo de gestión, se diseñó un Software titulado EMASOFT, el cual soporta el cálculo de manera rápida y ágil, la obtención de la línea meta y su ecuación con el fin de usarla para el análisis de la eficiencia energética de una entidad o proyectos del sector energético. El software EMASOFT fue desarrollado con el lenguaje de programación *open source* de *Python* y apoyado en sus diferentes librerías (*numpy, sklearn, math, pandas y matplotlib*). Así mismo se implementó el software AEENERGY, el cual obedece a una herramienta computacional que utiliza la interfaz de Matlab® para el apoyo en la gestión energética, su finalidad es optimizar y lograr mayor eficiencia en los procesos de asesoría a empresas del sector energético o entidades del sector público relacionadas, sin tener necesidad de crear distintos formatos en Excel para cada cliente al que se preste un servicio. Ambos softwares, fueron registrados ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor DNDA del Ministerio del Interior de Colombia, con la finalidad de proteger los derechos de los autores e investigadores (ver Anexo 1).

Del mismo modo, se realizaron e implementaron 10 registros de software, 10 secretos empresariales y un prototipo industrial (ver anexos 2, 3 y 4), en el marco de un proyecto de investigación en el marco de la tesis doctoral, para dar sustento y soporte al modelo diseñado. Estos productos nacen del sistema de posicionamiento fotovoltaico predictivo VOLTBOT que consta de una unidad robótica central encargada del posicionamiento fotovoltaico y un panel de control encargado del monitoreo en tiempo real del robot y la producción fotovoltaica, estos interactúan en conjunto mediante la integración de wifi que dota al sistema de un control remoto o automatismo, a través de la aplicación *Voltbot Monitoring and Control System* ya sea en su versión móvil o de ordenador, en la cual se puede monitorear y configurar el sistema en tiempo real desde cualquier parte del mundo.

Permite la optimización de los procesos convencionales de instalación y aprovechamiento de la energía fotovoltaica ya sea en el ámbito industrial o inclusive en el hogar, también, se plantea el desarrollo de un dispositivo compacto y ligero de tipo *plug and play*, en el cual a través de la interacción de un conjunto de sensores como: módulo GPS, giroscopio, magnetómetro, sensor de corriente, sensor de voltaje, sensor de humedad relativa, sensor de temperatura, sensor de intensidad lumínica, se logren obtener datos cruciales como latitud, longitud, fecha, hora, declinación magnética, acimut geográfico, acimut solar, ángulo de inclinación del panel, humedad relativa, temperatura entre otros necesarios al momento de automatizar el sistema de posicionamiento fotovoltaico.

Este sistema se encarga de calcular de manera óptima la dirección y orientación del robot en relación con la trayectoria del sol y el ángulo de inclinación del panel en un momento específico del día. Por ejemplo, el 30 de mayo de 2024 a las 12:35 P.M., el sistema se ajustó a un rumbo de 180° hacia el sur y un ángulo de inclinación de 87° . Estos valores marcan la posición solar exacta para la ubicación con latitud 11.34567° y longitud -75.45678° . Así, este ejemplo ilustra el modelo de control que se ha implementado, el cual ajusta su posición de forma autónoma según la fecha y la hora, después de calcular la posición del sol.

Se desarrolló un ecosistema completamente interconectado vía wifi capaz de monitorear y controlar el tiempo real las acciones realizadas por el dispositivo, para posicionamiento del sistema se implementaron dos algoritmos de seguimiento encargados de posicionar el robot con respecto a la posición actual medida que sigue a la posición deseada, en este caso el acimut solar y el ángulo óptimo de inclinación del panel para un momento específico. Del mismo modo, se realizaron las respectivas pruebas de rendimiento, calibración de los sensores y validación del dispositivo en busca de garantizar su eficacia en cualquier entorno donde se requiera su instalación.

El sistema se desarrolla con el objetivo de simplificar y optimizar la eficiencia de un sistema o instalación fotovoltaica tras abaratar costes de instalación y constantes tareas

de mantenimiento asociadas a la corrección del ángulo óptimo de inclinación del panel, en busca de un funcionamiento óptimo eficiente e inteligente del sistema en todo momento. Es por ellos, que el sistema/prototipo y los softwares sirven de apoyo a las empresas que implementen el Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025, y que se llevó a cabo en esta tesis doctoral. De esta forma, los softwares implementados se relacionan en la Tabla 14:

Tabla 14.

Softwares de apoyo a las empresas que implementen el modelo de gestión ágil para la optimización y sostenibilidad en la gestión eficiente de proyectos de energías renovables

NÚMERO DE REGISTRO ANTE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE DERECHOS DE AUTOR DE COLOMBIA - DNDA	NOMBRE DEL SOFTWARE REGISTRADO
13-96-460	VOLTBOT MOVEMENT SOFTWARE
13-96-461	VOLTBOT AMBIENT SENSE SOFTWARE
13-97-165	VOLTBOT SOLAR POSITINING SOFTWARE
13-97-166	VOLTBOT GPS AND CONTROL SOFTWARE
13-97-167	VOLTBOT REAL TIME MONITORING SOFTWARE
13-97-168	VOLTBOT REAL TIME PRODUCTION MONITORING SOFTWARE
13-97-169	VOLTBOT VOLTAGE SENSE SOFTWARE
13-97-170	VOLTBOT FOTOVOLTAIC DIMENSION SOFTWARE
13-97-171	VOLTBOT ORIENTATION SOFTWARE
13-97-172	VOLTBOT FOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM V1.0

Por tanto, tal como se mencionó en la sección 3.2.3, es importante resaltar que los productos tecnológicos desarrollados surgieron de la capacidad de diseño instrumental en la investigación, y están directamente relacionados con las tareas ágiles (*sprints*) del modelo MAS-ER. Esta integración transforma los resultados en evidencia concreta del cumplimiento instrumental de los objetivos propuestos, fortaleciendo así el rigor metodológico y la coherencia entre la teoría y su aplicación práctica.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN

El diagnóstico que se presentó en el capítulo anterior ha puesto de manifiesto una disonancia fundamental y a pesar de que existen tecnologías de energía renovable viables, los proyectos en ZNI no logran cumplir con sus metas de eficiencia y sostenibilidad. Esto se debe a un enfoque de gestión que está desactualizado, que no se adapta a la complejidad del entorno, y las metodologías tradicionales, que son predictivas y lineales por naturaleza, resultan ineficaces para manejar la volatilidad que caracteriza estos contextos.

Para abordar esta situación, este capítulo expone la contribución principal de esta tesis doctoral, una propuesta de transformación que se formaliza en el modelo MAS-ER. No se trata simplemente de un conjunto de buenas prácticas, sino de un marco metodológico integral, diseñado para redefinir cómo se entrega valor en los proyectos energéticos.

El modelo MAS-ER se presenta como un sistema que institucionaliza la adaptabilidad, alinea la ejecución táctica con los objetivos estratégicos de sostenibilidad y optimiza el flujo de valor desde la concepción del proyecto hasta su operación y mejora continua, ofreciendo así una solución estructural a las deficiencias que se han identificado.

4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.

La arquitectura del modelo MAS-ER se basa en tres pilares fundamentales que se entrelazan: la evidencia empírica, la identificación de una brecha teórica en la literatura y la combinación de paradigmas de gestión contemporáneos. Estos elementos responden directamente a los hallazgos de esta investigación, que son los siguientes:

- La fundamentación empírica como respuesta a la evidencia del contexto. Los resultados del Capítulo III no son solo números o estadísticas, sino que reflejan

fallos sistémicos en la gestión de proyectos. Por ejemplo, el promedio de 10-12 horas de servicio en las islas del departamento de Bolívar en Colombia, a pesar de contar con infraestructura de telemetría, muestra claramente una gestión de operaciones y mantenimiento deficiente, una inadecuada gestión de riesgos y una planificación que no se ajusta a las contingencias del entorno. Los modelos predictivos suelen fallar al asumir un alto grado de certeza, algo que no existe en las ZNI. El modelo MAS-ER surge de esta realidad, proponiendo un enfoque empírico donde las decisiones se toman a partir de la inspección y adaptación continua, en lugar de basarse en planes rígidos.

- La fundamentación teórica para abordar la brecha de conocimiento revela que, aunque la dirección de proyectos ha investigado la agilidad y la sostenibilidad como disciplinas que pueden coexistir, no se han integrado en un sistema unificado. Esto se traduce en la existencia de marcos para la sostenibilidad a nivel de portafolio (Weber, 2021) y para la gobernanza adaptativa (Al-Shamlan, 2022), pero ninguno de ellos proporciona un protocolo táctico-operativo que guíe a los equipos en el uso de ciclos iterativos de agilidad para entregar y medir el valor sostenible. El modelo MAS-ER aborda esta necesidad al proponer un ciclo de vida que convierte los objetivos estratégicos de sostenibilidad, establecidos por marcos como los ODS o criterios ESG, en acciones concretas dentro de un *product backlog*, transformando la sostenibilidad en un elemento entregable en lugar de un simple requisito a cumplir.
- La base metodológica del modelo MAS-ER se centra en la fusión de diferentes paradigmas, adaptando y transformando la agilidad en una metodología híbrida diseñada específicamente para el sector energético. Esta estructura se apoya en la combinación de tres elementos clave: primero, la gestión ágil de proyectos se apoya en el marco de trabajo Scrum, que se enfoca en entregar valor a través de iteraciones cortas y bien definidas en el tiempo (*Sprints*), lo que resulta ideal para el desarrollo progresivo de las diversas fases de un proyecto. En segundo lugar, para la optimización de flujo y procesos, se integran los principios de Kanban/Lean, que son esenciales para gestionar un flujo de trabajo continuo, especialmente durante las etapas de operación y mantenimiento. En este sentido,

la visualización del trabajo, la limitación del Trabajo en Progreso (WIP) y la gestión de cuellos de botella son cruciales para mejorar una eficiencia operativa que a menudo es deficiente. Por último, la gestión de la sostenibilidad se implementa a través del concepto práctico de la triple cuenta de resultados o triple bottom line de Elkington (1997), asegurando que cada ciclo de trabajo y decisión de priorización considere explícitamente su impacto económico, social y ambiental. Por tanto, el Modelo MAS-ER se presenta como una contribución esencial al reemplazar el enfoque lineal y predictivo tradicional por un ciclo de vida empírico y adaptativo, que es fundamental para la optimización y sostenibilidad en proyectos de energías renovables, capaz de responder a la complejidad y dinamismo del sector energético.

4.2. Descripción de la propuesta de transformación.

El Modelo MAS-ER es un enfoque de gestión que se adapta y evoluciona, ideal para manejar el ciclo de vida completo de un proyecto de energía renovable, especialmente en situaciones de alta incertidumbre. Este modelo guía a los equipos desde la fase de concepción hasta la operación y la mejora continua de las soluciones energéticas. Funciona a través de un ciclo de vida híbrido, utilizando la estructura de Scrum para las etapas de diseño, construcción y puesta en marcha, organizando el trabajo en *sprint* que va de 2 a 4 semanas. Al mismo tiempo, incorpora un sistema Kanban para gestionar actividades recurrentes y no planificadas, como el mantenimiento correctivo, la gestión de incidencias comunitarias o la adaptación a cambios regulatorios. Los elementos clave del modelo MAS-ER, incluyen:

- Product backlog sostenible (PBS): a diferencia de un *backlog* tradicional, el PBS es una lista priorizada de requisitos que no solo abarca funcionalidades técnicas, como las acciones de los usuarios a nivel técnico, sino también resultados de sostenibilidad. Por ejemplo, puede incluir la implementación de un programa de

capacitación para operarios locales, así como requisitos de optimización para reducir el tiempo de respuesta a fallos en un porcentaje específico.

- Tablero de flujo integrado (*Kanban board*): este es un tablero visual que ilustra todas las etapas del proceso, desde la conceptualización hasta la operación. Permite tener una visión completa del estado del proyecto y facilita la identificación de cuellos de botella en tiempo real.
- Incremento de valor holístico: al final de cada *sprint*, el equipo no solo entrega un componente técnico funcional, sino también un incremento de valor que se evalúa en función de tres pilares: ¿Es económicamente viable? ¿Es socialmente aceptado? ¿Es ambientalmente responsable?

Este ciclo se basa en un enfoque híbrido que combina roles y eventos de Scrum para gestionar el tiempo y los objetivos, junto con principios de Kanban, como la visualización del flujo de trabajo, para mejorar la eficiencia del proceso.

4.3. Objetivos de la propuesta.

4.3.1. Objetivo general de la propuesta

- Proporcionar un marco de gestión que sea estructurado, ágil y adaptable, permitiendo a las organizaciones del sector energético planificar, ejecutar y mantener proyectos de energías renovables, maximizando la eficiencia operativa y generar un impacto positivo en las áreas económica, social y ambiental

4.3.2. Objetivos específicos de la propuesta

- Facilitar un diagnóstico integral y multidimensional que sirva como base para una toma de decisiones informada y una planificación centrada en el valor real para la comunidad y los *stakeholders*.

- Establecer un ciclo de vida de proyecto que se adapte a las circunstancias, permitiendo una gestión proactiva de la incertidumbre, la optimización continua de los recursos y la entrega temprana e incremental de valor funcional y sostenible.
- Incorporar la sostenibilidad como un elemento medible y gestionable dentro del flujo de trabajo del proyecto, asegurando que los resultados sean, no solo técnicamente viables, sino también económicamente justos y socialmente aceptados.

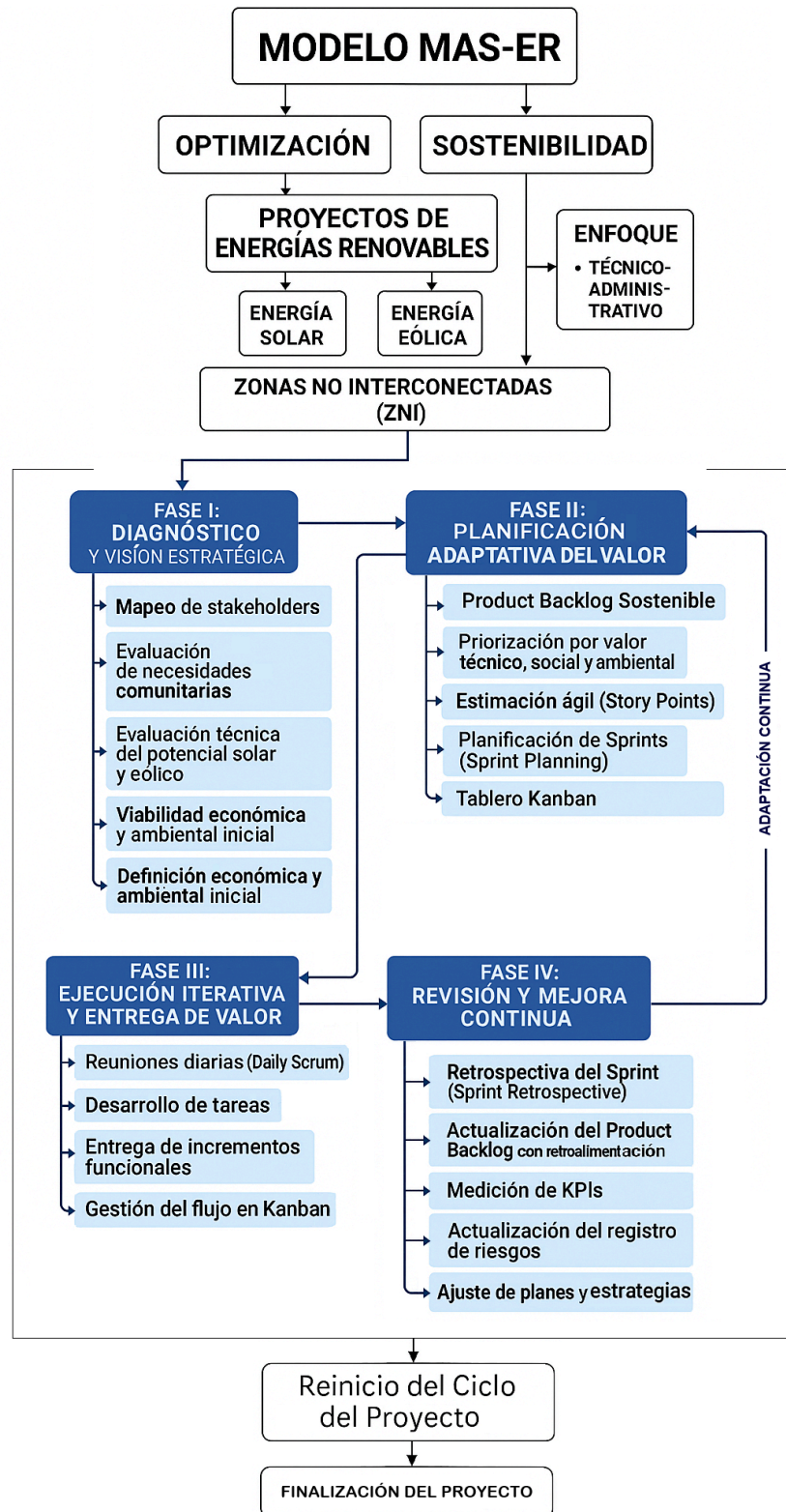
4.4. Actividades, fases y/o etapas.

La Figura 13 muestra cómo está estructurado el Modelo MAS-ER, que organiza el trabajo complejo en una serie de fases secuenciales, lo que permite descomponer procesos amplios y multidimensionales en pasos mucho más manejables. Con este enfoque, se garantiza una planificación ordenada, una ejecución controlada y un seguimiento sistemático, lo que ayuda a reducir riesgos y optimizar los recursos. El modelo consta de cuatro fases principales, cada una diseñada para abordar criterios técnicos, sociales, ambientales y financieros, asegurando que las decisiones se tomen basándose en datos, retroalimentación continua y métricas clave KPIs.

Al mismo tiempo, el modelo integra principios ágiles, como la evolución constante del *product backlog*, la retroalimentación entre fases y el uso del flujo Kanban, esto permite visualizar bloqueos, priorizar tareas y detectar oportunidades de mejora. Cada una de las fases no es un resultado en bloques aislados, sino que forman parte de un ciclo dinámico donde la información fluye hacia la siguiente etapa. Esto asegura que el proyecto se mantenga alineado con los objetivos estratégicos y las condiciones cambiantes del entorno, por lo que esta naturaleza iterativa convierte al modelo MAS-ER en un proceso flexible y robusto, ideal para proyectos complejos.

Figura 13.

Diagrama Conceptual del Modelo MAS-ER



La descripción de cada una de estas cuatro fases incorpora los contenidos y principios de adaptación continua del modelo ágil MAS-ER, tal como sigue:

- Fase I: Diagnóstico y visión estratégica
 - ✓ Mapeo de stakeholders y análisis de necesidades comunitarias.
 - ✓ Evaluación técnica del potencial energético, solar y eólico, y de la infraestructura existente.
 - ✓ Análisis de viabilidad económica y de impacto ambiental inicial.
 - ✓ Definición de la visión del producto y los criterios de éxito del proyecto.
- Fase II: Planificación adaptativa del valor
 - ✓ Creación del *product backlog* sostenible, priorizando ítems según valor técnico, social y ambiental.
 - ✓ Estimación ágil de alto nivel, por ejemplo, los *story points*.
 - ✓ Planificación de *sprints* - *sprint planning*, seleccionando un conjunto de ítems para el siguiente ciclo de trabajo.
 - ✓ Creación del tablero Kanban para visualizar el flujo de trabajo.
- Fase III: Ejecución iterativa y entrega de valor
 - ✓ Realización de reuniones diarias de sincronización o *daily scrums*.
 - ✓ Desarrollo de las tareas y entrega de un incremento de valor funcional al final del *sprint*.
 - ✓ Gestión activa del flujo en el tablero Kanban para identificar y resolver cuellos de botella.
 - ✓ Revisión del *sprint* (*sprint review*) con stakeholders para demostrar el incremento y obtener retroalimentación.
- Fase IV: Revisión y mejora continua
 - ✓ Realización de la retrospectiva del *sprint* (*sprint retrospective*) para analizar el proceso y definir acciones de mejora.
 - ✓ Actualización del *product backlog* sostenible con la retroalimentación obtenida.
 - ✓ Medición de KPIs y actualización del registro de riesgos.
 - ✓ Ajuste de planes y estrategias para el siguiente ciclo.

Al combinar estas dos metodologías ágiles, el modelo MAS-ER se convierte en algo más que una simple adaptación; es una verdadera innovación metodológica para el sector energético. Es mucho más flexible, transparente y orientado a resultados, lo que lo hace ideal para contextos complejos como las ZNI. Esta integración no solo facilita la implementación sostenible de proyectos de energías renovables, sino que también se adapta a las condiciones reales del entorno.

4.5. Recursos necesarios para la aplicación de la propuesta

La implementación exitosa del MAS-ER depende de una adecuada asignación de recursos, que no se limitan solo a lo material. Por eso, se identifican 3 tipos de recursos: los Recursos Humanos; los Recursos Tecnológicos y de Infraestructura, y los Recursos Financieros:

- Recursos humanos (El equipo como sistema del MAS-ER):
 - ✓ Equipo central multidisciplinario es un equipo cohesionado, preferiblemente en una misma ubicación o con excelentes herramientas de colaboración, compuesto por perfiles técnicos, sociales y financieros.
 - ✓ Roles clave del modelo de gestión ágil:
 - *Product Owner*: actúa como la voz del cliente y de los *stakeholders*. En este contexto, debe ser un experto que entienda tanto las necesidades de la comunidad como los objetivos estratégicos y regulatorios del proyecto. Es el responsable final del ROI y del SROI (Social Return on Investment).
 - *Scrum Master / Agile Coach*: un líder servicial, experto en el modelo MAS-ER, cuya función principal es eliminar impedimentos, facilitar los eventos y asegurar que el equipo maximice su rendimiento y siga los principios del marco de trabajo.

- *Equipo de desarrollo*: Los expertos técnicos y funcionales que construyen el incremento en cada *sprint*. Son auto-organizables y responsables de la calidad técnica y la ejecución de las tareas.
- Recursos tecnológicos y de infraestructura para el MAS-ER:
 - ✓ Plataforma de gestión de proyectos (ALM - *Application Lifecycle Management*): herramientas como Jira o Azure DevOps, configuradas para manejar un backlog híbrido del Scrum y tableros de flujo para la metodología Kanban.
 - ✓ Sistema de monitoreo en tiempo real (IoT): sensores y plataformas de datos para recopilar información sobre el rendimiento de la planta, tales como generación, consumo y fallos, alimentando directamente el ciclo de inspección y adaptación.
 - ✓ Plataformas de colaboración y gestión del conocimiento: un espacio centralizado para documentar decisiones, lecciones aprendidas y mantener alineados a todos los stakeholders.
- Recursos financieros:
 - ✓ Presupuesto para diagnóstico: fondos para la realización de estudios de campo y análisis iniciales.
 - ✓ Financiamiento del proyecto: capital para la adquisición de tecnología, materiales y mano de obra, gestionado bajo un enfoque de presupuesto flexible y adaptativo.
 - ✓ Fondos para capacitación: inversión en la formación del equipo en metodologías ágiles y gestión de la sostenibilidad.

4.6. Resultados.

Como parte de los resultados del modelo MAS-ER, se han desarrollado una serie de herramientas tanto didácticas como técnicas. Estos recursos no solo cumplen una función operativa dentro del proyecto, sino que también están pensados para ser compartidos como entregables abiertos y replicables, especialmente útiles para otras ZNI

en Colombia. Uno de estos recursos son las secuencias didácticas, diseñadas para facilitar la apropiación del modelo por parte de las comunidades, permitiendo que líderes locales, técnicos y educadores puedan replicar el enfoque ágil en nuevos contextos rurales y energéticos, promoviendo así la autonomía y el aprendizaje colectivo, subrayando el impacto social que estos generan. Así mismo, se desarrolló el PBS como herramienta clave que organiza las tareas priorizadas no solo por su valor técnico, sino también por su impacto social y ambiental, y que, gracias a su estructura, puede ser fácilmente adaptado por otros equipos que trabajen en proyectos de energías renovables en zonas similares. Lo anterior, se relaciona con los resultados, productos e indicadores claves del modelo MAS-ER, a saber:

4.6.1 Resultados o productos a obtener.

En el contexto de implementar un modelo de gestión administrativa para el sistema eólico y solar, que se basa en metodologías ágiles, se han establecido varios productos clave que permiten mostrar el progreso, la trazabilidad y el impacto del proyecto. Estos resultados no solo demuestran que se cumplen los requisitos técnicos, sino que también están alineados con principios de sostenibilidad, eficiencia operativa y mejora continua. A partir de ello, los principales productos generados durante el proceso son: product backlog sostenible (PBS), el incremento de valor potencialmente entregable, las métricas de desempeño y el registro de lecciones aprendidas.

El PBS es una herramienta fundamental en la gestión del proyecto, ya que sirve como la única fuente de verdad para todo el trabajo que se debe realizar. Este backlog asegura la trazabilidad desde los objetivos estratégicos hasta las tareas operativas, proporcionando una visión clara y estructurada del avance. Su enfoque sostenible garantiza que cada ítem priorizado esté en línea con criterios técnicos, ambientales y sociales, lo que refuerza la coherencia del modelo MAS-ER. El incremento de valor que se puede entregar representa el resultado tangible de cada *sprint*, que, al finalizar cada ciclo de trabajo, el equipo produce una versión funcional y mejorada del producto, validada no

solo desde el aspecto técnico, sino también en términos de sostenibilidad. Este enfoque incremental permite ajustar el desarrollo de manera continua, respondiendo a los cambios en el entorno y asegurando entregas que realmente aportan valor al proyecto y a sus beneficiarios.

Las métricas de desempeño se consolidan en un panel de control dinámico que muestra en tiempo real los principales indicadores clave KPIs relacionados con la optimización, la sostenibilidad y la agilidad del proyecto. Este *dashboard* facilita la toma de decisiones basada en datos, ofreciendo una visión integral del progreso, los logros y las áreas que necesitan mejora. Además, permite comunicar de manera transparente el impacto del proyecto a todos los actores involucrados. Finalmente, el registro de lecciones aprendidas reúne todas las experiencias, ajustes y recomendaciones que surgieron durante la implementación del modelo. Este documento se convierte en una guía valiosa para futuras réplicas del proyecto, fomentando la mejora continua y el aprendizaje colaborativo. Al documentar tanto los logros como los desafíos que se presentaron, se refuerza la capacidad institucional para innovar y adaptarse en contextos similares.

4.6.2 Indicadores, criterios de evaluación o de instrumentación.

El éxito del modelo se medirá a través de un conjunto de indicadores clave de desempeño KPIs agrupados por nivel e interés, tal como se observa en la Tabla 15:

Tabla 15.

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) agrupados por nivel e interés

Pilar del Modelo	Indicador Clave (KPI)	Descripción
Optimización y Eficiencia	Tiempo de ciclo promedio	Mide el tiempo desde que una tarea comienza hasta que se completa. Un indicador clave de la eficiencia del flujo de trabajo

Pilar del Modelo	Indicador Clave (KPI)	Descripción
	Tasa de cumplimiento del objetivo del <i>sprint</i>	Porcentaje de <i>sprints</i> donde el equipo logra el objetivo definido. Mide la previsibilidad y la capacidad de entrega del equipo
	Índice de disponibilidad energética	Porcentaje de tiempo que el servicio está activo (Horas de servicio / 24 horas). Mide directamente la eficiencia operativa
	Índice de adopción y satisfacción comunitaria	Medido a través de encuestas (<i>NPS - Net Promoter Score</i>) y análisis de participación en reuniones. Mide el anclaje social del proyecto
Sostenibilidad Integral	SROI (Retorno social de la inversión)	Valor monetario del impacto social generado por cada dólar invertido. Mide la eficiencia en la creación de valor social
	Métricas de sostenibilidad ambiental	Toneladas de CO ₂ evitadas, porcentaje de residuos reciclados durante la construcción, etc.
Gestión Ágil y Adaptabilidad	Velocidad del equipo	Cantidad de trabajo (medido en <i>story points</i>) que el equipo puede completar en un <i>sprint</i> . Ayuda a la planificación futura
	Felicidad del equipo (<i>Team morale</i>)	Encuestas anónimas periódicas para medir la salud y sostenibilidad del equipo. Un equipo feliz es un equipo productivo
	Tiempo de resolución de impedimentos	Tiempo promedio que tarda un impedimento bloqueante en ser resuelto. Mide la efectividad del Scrum Máster y la organización

Por lo tanto, a partir de la Tabla 15, el panel de indicadores KPIs se convierte en un elemento clave, ya que actúa como un tablero de control que permite ver en tiempo real las métricas relacionadas con la eficiencia, la sostenibilidad y la agilidad del proyecto. Esto facilita la toma de decisiones informadas, basadas en datos concretos, en cualquier lugar que adopte el modelo. Todo esto significa que, al ofrecer herramientas abiertas y adaptables, el modelo promueve la escalabilidad del conocimiento, permitiendo que otras comunidades, instituciones educativas y entidades tanto privadas como gubernamentales puedan replicar y adaptar estas herramientas a sus propios contextos y realidades, con el objetivo de generar un impacto social que mejore la calidad de vida de las comunidades beneficiadas.

4.7. Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación.

La validación de un modelo de gestión doctoral no solo muestra su coherencia teórica y práctica, sino también su relevancia para la industria y su potencial de aplicación, tal como es el caso del modelo MAS-ER, el cual ha pasado por un exhaustivo proceso de validación y evaluación. Este proceso se basa en una serie de validaciones conceptuales y en la aplicabilidad a través del juicio de expertos.

Por lo tanto, el fundamento y la estructura del modelo MAS-ER no son solo teorías; han sido presentados, discutidos y aprobados en entornos académicos, empresariales y científicos de alto nivel. La propuesta ha superado con éxito el escrutinio de nueve comités científicos y evaluadores de pares ciegos en diversas conferencias y congresos científicos internacionales. Este tipo de validación es uno de los más sólidos en el ámbito de la investigación, ya que ha permitido confirmar lo siguiente sobre el modelo de gestión ágil diseñado:

- Originalidad y contribución: los expertos científicos y evaluadores han reconocido que el modelo aborda una importante brecha de conocimiento en la intersección de la agilidad y la sostenibilidad en la gestión de proyectos.
- Coherencia interna: la lógica que une los fundamentos, la estructura y los resultados del modelo ha sido considerada sólida y bien fundamentada.
- Relevancia para la disciplina: la comunidad científica internacional ha validado que el problema es significativo y que la solución propuesta es pertinente y prometedora.

Esta validación otorga al modelo una credibilidad sólida y un respaldo que trasciende la perspectiva del propio investigador. Esto se puede observar en el Anexo 5, que corresponden a los congresos y simposios internacionales donde se ha presentado el modelo de gestión MAS-ER. En estos eventos, se han recibido dictámenes y aceptaciones que reflejan la divulgación de resultados y la apropiación social del conocimiento, los cuales se detallan, además, en la Tabla 16.

Tabla 16.

Listado de congresos y eventos internacionales para la validación de expertos de la propuesta de transformación y modelo ágil diseñado

Nombre y tipo del evento científico	Ámbito	Nombre de la ponencia	Dictamen de expertos y/o pares ciegos	Fecha de la ponencia
III Congreso Internacional de Electrónica Aplicada CIEA 2025	Internacional (Colombia)	Innovación en la Gestión de Proyectos: el Papel de las Metodologías Ágiles en la Sostenibilidad de Proyectos de Energías Renovables	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, profesionales empresariales, pares evaluadores y pares ciegos	11 de septiembre de 2025
2º Congreso Internacional de Ingeniería Sistemas Inteligentes y Sostenibilidad CIDEI 2025	Internacional (México)	Sustainable agility by integrating a hybrid Scrum and Kanban model in Renewable Energy Project Management	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico	03 de octubre de 2025
III Congreso Internacional de Ciencias Administrativas y Contables - CICAC 2025	Internacional (Colombia)	Scrum-Kanban Híbrido: Una Metodología para la Optimización de la Gestión de Proyectos de Energías Renovables	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, profesionales empresariales, pares evaluadores y pares ciegos	08 de octubre de 2025
NEXUS SCI Red Alumni de la UIIX	Internacional (México)	El Nexo Ágil-Sostenible: Un Modelo Innovador Para la Gestión de Proyectos de Energías Renovables	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico	13 de octubre de 2025
6to. Congreso Internacional en Ciencias Administrativas Económicas y Contables - CICAEC 2025	Internacional (Colombia)	Integración de metodologías ágiles Scrum + Kanban: un modelo para la gestión de proyectos y la sostenibilidad en la transición energética	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, pares evaluadores y pares ciegos	05 de noviembre 2025
II Congreso Internacional sobre Escasez Hídrica y Recursos Energéticos	Internacional (República Dominicana)	Optimización de Proyectos de Energías Renovables con Enfoque Socioeconómico: Un Modelo de Gestión Ágil (Scrum-Kanban) de los Recursos Energéticos	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, pares evaluadores y pares ciegos	21 de noviembre de 2025
1er. Congreso Internacional de Ingeniería	Internacional (Colombia – México)	Nuevas fronteras en energía renovable: Comportamiento fluidodinámico de una turbina eólica sin aspas	Mejor ponencia en el congreso, ocupando el primer puesto. Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, pares evaluadores y pares ciegos	06 de septiembre de 2024
X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica Mecatrónica y Automatización CIMM	Internacional (Colombia)	Estimación del desempeño energético de una hidro turbina aplicando mecánica computacional	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, pares evaluadores y pares ciegos	07 de mayo de 2021

Nombre y tipo del evento científico	Ámbito	Nombre de la ponencia	Dictamen de expertos y/o pares ciegos	Fecha de la ponencia
X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica y Automatización CIMM	Internacional (Colombia)	Instrumentación estadística del consumo energético para la gestión técnica-administrativa-financiera	Aceptada sin modificaciones. Revisión por comité científico, pares evaluadores y pares ciegos	07 de mayo de 2021

Es importante destacar que los perfiles y la experiencia de los expertos, evaluadores científicos y profesionales del ámbito empresarial, así como la validación de los trabajos de investigación y las ponencias presentadas en el marco de esta tesis, necesitó el apoyo de un comité evaluador compuesto por profesionales altamente calificados y con diversas especialidades.

La formación del comité científico, los pares ciegos y los pares evaluadores debe mostrar una mezcla de experiencia académica, técnica, profesional y empresarial en las áreas temáticas que abordan los trabajos de este sector energético, lo que asegura una evaluación rigurosa, contextualizada y relevante. Esta variedad de perfiles fue clave para garantizar que el modelo propuesto recibiera una validación sólida, tanto desde el enfoque metodológico como en su aplicabilidad en el mundo real.

Dado que todas las ponencias se enfocaron en el diseño del modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para optimizar y hacer sostenible proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025, fue fundamental que los expertos convocados para los comités evaluadores contaran con conocimientos y experiencia en metodologías ágiles (Scrum, Kanban y enfoques híbridos), así como en áreas clave como la gestión administrativa, la economía energética, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo de proyectos en territorios con condiciones especiales como las ZNI. La elección de estos perfiles no solo se basó en criterios técnicos, sino también en la necesidad de tener una visión integral que permita evaluar el impacto social, económico y ambiental del modelo propuesto. En la Tabla 17 se detallan los perfiles multidisciplinarios que conformaron los comités de evaluación, evidenciando el enfoque colaborativo y transversal que respalda esta investigación.

Tabla 17.

Perfil del comité científico, pares ciegos, pares evaluadores y profesionales empresariales para la validación por expertos

Perfil del Experto Principal (Ingeniería y Energía)		
Título Profesional	Especialidad/Experiencia	Rol en la Evaluación
Ingeniero Electricista / Mecánico / Energético	Proyectos de Generación de ER (Solar, Eólica, Hidráulica).	Valida la viabilidad técnica del modelo propuesto y la correcta aplicación de los datos de costos (CAPEX, OPEX).
Investigador/ Profesor Universitario	Modelos de Optimización Energética y Planificación de la Expansión (UPME, CREG, SER).	Evalúa la relevancia del trabajo para la matriz energética y la coherencia con los planes nacionales/internacionales.
Perfil del Experto en Gestión (Metodologías Ágiles)		
Título Profesional	Especialidad/Experiencia	Rol en la Evaluación
Ingeniero de Sistemas / Industrial / Administrador	Certificado como Scrum Máster (CSM) o <i>Product Owner</i> (CSPO) avanzado.	Valida la rigurosidad metodológica del modelo híbrido (Scrum-Kanban) y su adaptación al ciclo de vida del proyecto ER.
Gerente de Proyectos (PMP)	Experiencia en implementación de Agilidad a escala en proyectos de <i>Capital Expenditures</i> (CAPEX).	Evalúa la aplicabilidad práctica y el nivel de innovación del modelo de gestión en un entorno real.
Perfil del Experto Complementario (Económico y Sostenibilidad)		
Título Profesional	Especialidad/Experiencia	Rol en la Evaluación
Economista / Administrador Financiero	Análisis de Costos y Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión (VAN, TIR).	Valida la optimización de costos y la sostenibilidad económica (Costos de Capital, Fijos, Variables y Externos).
Experto en Sostenibilidad (ODS/ESG)	Modelos de Sostenibilidad y Triple Bottom Line (Económico, Social, Ambiental).	Evalúa el impacto socioeconómico y la alineación del proyecto con objetivos de desarrollo sostenible y criterios ESG.

A partir del análisis que se muestra en la tabla anterior, queda claro que el perfil del experto principal en ingeniería y energía juega un papel crucial en la validación técnica del modelo propuesto. Su conocimiento especializado es fundamental para evaluar la viabilidad operativa de los proyectos de energías renovables (ER), teniendo en cuenta aspectos como la eficiencia energética, la adecuación tecnológica y el impacto en las ZNI. Este perfil asegura que las soluciones propuestas aborden los desafíos reales del territorio y se alineen con los estándares técnicos del sector.

Por otro lado, los expertos en gestión y dirección de proyectos, junto con los especialistas en metodologías ágiles, ofrecen una perspectiva estratégica y metodológica

esencial para validar la correcta implementación de enfoques como PMI, PMBOK, Scrum, Kanban y modelos híbridos. Su participación garantiza que el modelo de gestión ágil diseñado no solo sea coherente con las mejores prácticas internacionales, sino que también represente una innovación aplicable y escalable en contextos complejos, como los proyectos energéticos en áreas rurales y aisladas.

Además, los expertos complementarios en economía y sostenibilidad desempeñan un papel vital al evaluar la relevancia de los trabajos, diseños y presentaciones desde una perspectiva multidisciplinaria. Su experiencia en campos como las ciencias administrativas, económicas y contables, así como en enfoques socioeconómicos, les permite valorar el impacto del modelo en términos de eficiencia financiera, sostenibilidad ambiental y equidad social. Esta visión integral refuerza la propuesta al asegurar que los proyectos no solo sean técnicamente viables, sino también sostenibles y socialmente responsables.

La validación del modelo de gestión ágil diseñado se llevó a cabo a través de la consulta a especialistas, una estrategia bien conocida por su habilidad para recoger opiniones de profesionales con experiencia en gestión de proyectos, energías renovables y desarrollo en ZNI. Esta técnica nos permitió contrastar la propuesta y diseño con criterios tanto técnicos como prácticos, asegurando que ésta sea sólida tanto en concepto como en operación. Además de esta validación experta, los resultados de la investigación se presentaron en nueve congresos internacionales, todos con rigurosos procesos de revisión por pares, evaluación ciega y dictámenes de comités científicos multidisciplinarios. En cada uno de estos eventos científicos, los trabajos fueron aceptados sin necesidad de modificaciones y resaltando la pertinencia de la investigación, lo que es una clara evidencia de la calidad y relevancia de la propuesta doctoral.

La aceptación unánime de los comités científicos y evaluación de expertos respalda el cumplimiento de los seis criterios obligatorios de calidad que se exigen en los procesos de evaluación académica y técnica. En el primero de ellos, se valida la Pertinencia del

modelo, ya que responde directamente a las necesidades del sector energético en las ZNI colombianas, donde la gestión eficiente y sostenible de proyectos es crucial. En segundo lugar, se confirma la Validez metodológica, al demostrar coherencia interna, rigor técnico y una sólida fundamentación teórica. Los especialistas también reconocieron la factibilidad del modelo, considerando viable su implementación en contextos reales, tanto por sus requerimientos técnicos como por su adaptabilidad operativa. Del mismo modo, la Aplicabilidad fue otro punto destacado, ya que el modelo está diseñado para ser utilizado en proyectos concretos de energías renovables, con la capacidad de adaptarse a diferentes entornos rurales y aislados.

Paralelamente, en términos de la Generalización, aunque el modelo se centra en las ZNI de Colombia, su estructura híbrida que combina Scrum y Kanban le permite adaptarse a otros contextos similares en América Latina y en regiones que enfrentan desafíos energéticos parecidos. Además, es importante destacar la novedad y originalidad de esta propuesta, ya que se trata del primer marco híbrido de gestión ágil creado específicamente para proyectos de energías renovables en ZNI. Esto representa una contribución innovadora y única en el sector. En conjunto, la validación por parte de expertos y la aceptación en nueve congresos internacionales de rigor investigativo no solo avalan la calidad académica de la propuesta, sino que también subrayan su relevancia práctica, originalidad y su potencial para impactar positivamente en el desarrollo sostenible del país.

Una segunda etapa es la validación de aplicabilidad por juicio de expertos (Propuesta de refinamiento futura), cuyo objetivo principal es validar la aplicabilidad, pertinencia y viabilidad del Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en ZNI de Colombia durante el año 2025, esto se logrará a través de una consulta estructurada con expertos de diversas disciplinas. La elección de consultar a especialistas se considera un método de validación muy efectivo, ya que es fácil de implementar, se puede aplicar de inmediato y ofrece retroalimentación contextualizada en situaciones reales. A diferencia de métodos más iterativos como Delphi, esta técnica permite obtener resultados más

rápidamente, lo cual se alinea con el diseño transeccional no experimental de la investigación. Para validar el modelo propuesto, se ha creado un protocolo estructurado que incluye cuatro fases clave. Este proceso tiene como objetivo asegurar que la retroalimentación obtenida sea rigurosa, relevante y representativa de los diferentes enfoques que se encuentran en los proyectos de energías renovables en ZNI.

- La primera fase consiste en seleccionar a los expertos, donde se espera la participación de entre cuatro y seis especialistas. Esto garantiza una variedad de perspectivas sin sacrificar la profundidad del análisis. Los perfiles elegidos abarcan áreas clave como: energías renovables desde un enfoque técnico-operativo, gestión de proyectos con metodologías ágiles (Scrum, Kanban, Lean), finanzas aplicadas a proyectos energéticos, políticas públicas y desarrollo rural, así como el impacto social y la sostenibilidad en contextos ZNI.
- En la segunda fase, se definen los criterios de inclusión para asegurar que los participantes sean adecuados. Se buscarán expertos que cuenten con al menos cinco años de experiencia en su área, y que hayan estado involucrados directamente en proyectos de energías renovables o en la implementación de metodologías ágiles. También se valorará especialmente la experiencia en contextos rurales o en ZNI, así como su trayectoria en publicaciones, consultorías o en comités técnicos relacionados con el tema.
- La tercera fase se centra en el diseño y la aplicación de un instrumento de evaluación, que consistirá en un cuestionario estructurado. Este cuestionario combinará preguntas cerradas con una escala tipo Likert (del 1 al 5) y preguntas abiertas. Los aspectos por evaluar incluirán la claridad y coherencia del modelo, su viabilidad técnica y operativa, su aplicabilidad en contextos ZNI, su alineación con los principios ágiles, y su contribución a la sostenibilidad social, económica y ambiental. Además, se incluirá un espacio para que los expertos puedan ofrecer recomendaciones para mejorar el modelo.
- Finalmente, en la cuarta fase, se desarrollará el procedimiento de aplicación, que comenzará con una invitación formal que incluirá una carta de presentación, un resumen ejecutivo del modelo y el consentimiento informado. Luego, se

proporcionará acceso al cuestionario a través de un formulario digital, lo que permitirá una participación flexible y remota. Una vez que se recopilen las respuestas, se procederá al análisis de los resultados, que combinará técnicas cuantitativas, como el cálculo de promedios, desviaciones estándar y niveles de consenso, con un análisis cualitativo basado en la categorización temática de las respuestas abiertas. Con base en estos hallazgos, se llevará a cabo un refinamiento del modelo, incorporando las sugerencias y observaciones más relevantes para fortalecer su aplicabilidad en situaciones reales.

En la etapa final, se propone la validación práctica mediante simulación de caso (Propuesta a futuro), para ello, la validación final y más potente del modelo consistirá en su aplicación, ya sea en un proyecto piloto o a través de una simulación retrospectiva detallada. Se propone aplicar el modelo MAS-ER al caso de estudio de Santa Cruz del Islote, utilizando los datos históricos como *input*. Se simulará cómo la gestión de eventos, fallos técnicos, problemas de suministro, la planificación de mantenimientos y la interacción con la comunidad se habrían manejado dentro de los ciclos de *sprint* y el tablero Kanban. Se proyectarán los posibles resultados en los KPIs definidos, por ejemplo, la mejora estimada en el Índice de disponibilidad energética, así como la reducción del tiempo de resolución de fallos. Este ejercicio permitirá contrastar el resultado del modelo de gestión tradicional con el potencial del MAS-ER, ofreciendo una evidencia cuantitativa y cualitativa de su superioridad como herramienta para la dirección de proyectos complejos de energía renovable.

CONCLUSIONES

La presente investigación doctoral se propuso abordar una problemática crítica en el sector de las energías renovables: la persistente brecha entre el potencial tecnológico de las soluciones energéticas y su impacto real en las zonas no interconectadas de Colombia. El estudio partió de la hipótesis de que esta deficiencia no reside en la tecnología en sí, sino en la aplicación de modelos de gestión de proyectos tradicionales, de naturaleza predictiva, que resultan ineficaces para gobernar la alta incertidumbre y complejidad de estos entornos.

A través de un riguroso proceso metodológico que transitó desde la fundamentación teórica hasta el análisis de evidencia empírica, esta tesis ha validado dicha hipótesis y, como resultado, ha diseñado, fundamentado y validado el Modelo de gestión ágil basado en las metodologías Scrum y Kanban para la optimización y sostenibilidad de proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas de Colombia durante el año 2025 (MAS-ER), cumpliendo a cabalidad con los objetivos trazados.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar las tecnologías y métodos de implementación de dispositivos eólicos y solares, la investigación, a través del estado del arte y la revisión documental (Capítulo II), confirmó la madurez y viabilidad técnica de estas tecnologías. Sin embargo, el principal hallazgo no fue tecnológico, sino contextual: se identificó una notable carencia de marcos de gestión integrados que articulen la ejecución de proyectos con las dimensiones de sostenibilidad económica, social y ambiental. Este capítulo fundamentó la necesidad de trascender el análisis puramente técnico para enfocarse en la gestión como el factor crítico de éxito.

El segundo objetivo específico fue analizar la tecnología utilizada en el sector energético para obtener información económica, inversión y costos relacionados con el funcionamiento de dispositivos eólicos y solares. En particular, se centró en la

tecnología implementada en las ZNI del departamento de Bolívar. Este análisis se llevó a cabo mediante una metodología cuantitativa y un examen de los datos presentados en el Capítulo III, que se convirtió en el eje empírico de la tesis. Al estudiar los datos operativos del IPSE y la SSPD para Isla Fuerte, Isla Múcura y Santa Cruz del Isote, se descubrió una tendencia clara: una ineficiencia operativa crónica, evidenciada por un promedio de servicio diario que apenas llega a las 10-12 horas. Este hallazgo no solo cuantificó el problema, sino que también respaldó de manera empírica la hipótesis central: tener una infraestructura moderna no garantiza la entrega de un valor sostenible. La discrepancia entre el potencial instalado y el servicio real mostró que el modelo de gestión actual es insostenible, lo que subraya de manera contundente la necesidad de un nuevo enfoque.

Como respuesta a esta problemática validada, se alcanzó el tercer objetivo específico: elaborar un modelo de gestión ágil que integre los componentes administrativo, financiero y social. Este se materializó en el Capítulo IV con el diseño del modelo MAS-ER, la principal contribución de esta investigación. A diferencia de enfoques fragmentados, el MAS-ER se postula como un proceso metodológico holístico que hibrida la estructura de Scrum con la optimización de flujo de Kanban, y embebe la sostenibilidad como un objetivo de valor medible en cada ciclo de trabajo.

La propuesta detalló sus fases (Diagnóstico, planificación adaptativa, ejecución iterativa y mejora continua), sus artefactos clave (como el Product Backlog Sostenible) y un sistema de indicadores KPIs para medir el desempeño de manera integral. La validación conceptual del modelo, realizada a través de su aceptación en nueve ponencias y congresos científicos internacionales por comités de pares evaluadores, otorga una sólida credibilidad a su coherencia, pertinencia y originalidad.

En síntesis, esta tesis doctoral ha completado un viaje investigativo coherente y riguroso. Partió de la identificación de una brecha en la literatura y en la práctica de la dirección de proyectos energéticos. A continuación, procedió a recolectar y analizar evidencia

empírica que confirmó la magnitud y naturaleza del problema en un contexto real y específico. Finalmente, utilizó este conocimiento para construir y proponer una solución estructurada, el modelo MAS-ER, que no solo responde al problema inicial, sino que ofrece una hoja de ruta para transformar la manera en que se gestionan estos proyectos cruciales.

El estudio de investigación doctoral llega a la conclusión, de que la clave para una transición hacia un futuro energético sostenible en las comunidades más vulnerables no radica tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías, sino en adoptar nuevos métodos de gestión, por lo cual, se sugiere un modelo de gestión ágil que propone la adaptabilidad, la eficiencia y el valor humano en el centro de cada decisión.

RECOMENDACIONES

Como culminación de este proceso investigativo, y con el propósito de potenciar la aplicabilidad y expansión del conocimiento generado por medio de la tesis doctoral, se presentan una serie de recomendaciones estructuradas desde tres enfoques complementarios: metodológico, académico y práctico. Estas sugerencias surgen de una profunda reflexión sobre los hallazgos, limitaciones y oportunidades identificadas a lo largo del desarrollo de la tesis doctoral.

Desde el punto de vista metodológico, considerando que la investigación se basó en un diseño cuantitativo, no experimental y transeccional, se recomienda avanzar hacia estudios longitudinales que permitan implementar el modelo MAS-ER en proyectos piloto y evaluar la evolución de los indicadores clave de desempeño (KPIs) a lo largo del tiempo. Esta aproximación permitiría observar el impacto real del modelo en dimensiones como la eficiencia operativa, la sostenibilidad financiera y la satisfacción comunitaria, superando así la naturaleza estática del diseño actual. Asimismo, se sugiere incorporar enfoques de investigación-acción, en los cuales el investigador participe activamente en los ciclos de mejora continua de los proyectos, generando conocimiento práctico y refinando el modelo en tiempo real. Finalmente, se plantea la necesidad de ampliar y diversificar la muestra de estudio, replicando la investigación en otras ZNI con características geográficas y socioculturales distintas, como son los departamentos de la Amazonía, La Guajira o el Chocó, esto, permitiría identificar factores contextuales que influyen en la implementación del modelo y fortalecer su adaptabilidad.

Desde el ámbito académico, esta tesis ha contribuido a cerrar una brecha significativa al integrar los enfoques de agilidad, sostenibilidad y gestión de proyectos energéticos. Para continuar desarrollando esta línea de conocimiento, se recomienda diseñar un modelo de madurez en sostenibilidad ágil que permita a las organizaciones autoevaluar su nivel de implementación de prácticas como las propuestas en el modelo MAS-ER, y establecer rutas de mejora progresiva. Además, se sugiere explorar la integración del modelo con

tecnologías emergentes de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el Blockchain, con el fin de potenciar la toma de decisiones basada en datos dentro de los ciclos ágiles. También se propone abrir una línea de investigación sobre modelos de contratación ágiles para proyectos de infraestructura energética, que promuevan marcos colaborativos y adaptativos, alineados con los principios de entrega de valor y sostenibilidad.

En cuanto a las recomendaciones prácticas, orientadas a facilitar la transferencia del conocimiento generado hacia la acción profesional y la formulación de políticas públicas, se sugiere a los directores de proyectos y empresas del sector energético iniciar con la implementación del modelo MAS-ER en proyectos piloto de alcance limitado. Esta estrategia permitiría validar el modelo en un entorno controlado, adaptar sus componentes a la cultura organizacional y generar casos de éxito que faciliten su escalabilidad. Asimismo, se recomienda invertir en procesos de capacitación y coaching ágil, no solo en las herramientas de Scrum y Kanban, sino también en el desarrollo de un mindset ágil enfocado en la colaboración, la adaptabilidad, el enfoque en el valor y la sostenibilidad. Para las entidades gubernamentales y reguladoras, como el IPSE, el Ministerio de Minas y Energía y la CREG, se plantea la necesidad de modernizar los pliegos de contratación para proyectos en ZNI, incorporando criterios que valoren la madurez y adaptabilidad de los modelos de gestión propuestos por los oferentes. También se recomienda fomentar la creación de comunidades de práctica donde los operadores de proyectos puedan compartir experiencias, desafíos y buenas prácticas en la implementación de modelos innovadores como el MAS-ER.

Finalmente, para las comunidades y actores locales, se destaca la importancia de promover su participación en los ciclos del proyecto, así como, capacitar a líderes comunitarios para que intervengan en eventos clave del modelo, como las revisiones de sprint, lo que permitirá alinear los entregables con las necesidades reales del territorio y fortalecer el sentido de apropiación local, condición indispensable para la sostenibilidad a largo plazo. En conjunto, estas recomendaciones no deben entenderse como

sugerencias aisladas, sino como una hoja de ruta integral para llevar el modelo MAS-ER de una propuesta académica validada a una herramienta práctica y transformadora. Su implementación permitirá escalar la solución, adaptarla a diversos contextos y, sobre todo, contribuir de manera tangible a cerrar la brecha entre el potencial tecnológico de las energías renovables y su impacto real en la calidad de vida de las comunidades más vulnerables de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarseth, W., Rolstadås, A., & Andersen, B. (2017). Managing organizational challenges in global projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 10(1), 103-122.
- Alqudah, M., & Razali, R. (2022). The impact of agile management on project performance: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 196, 234-243
- Amaya, J. (2018). *Gerencia: Planeación & Estrategia* (4ta.). La Vid.
- Al-Shamlan, F. (2022). *Agile Governance in Large-Scale Public Engineering Projects: A Framework for Adaptive Management* [Tesis Doctoral, Universidad de Manchester]. Repositorio de Investigación de la Universidad de Manchester.
- Anderson, D. J. (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press.
- Armijo, M. (2018). *Manuales de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)*.
https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/5/39255/30_04_MANUAL_COMPLETO_de_Abril.pdf
- Arteche, M., Santucci, M. & Welsh, S. (2025). Metodologías ágiles para la innovación en Latinoamérica *Innovar*, 35(96). e102267.
<https://doi.org/10.15446/innovar.v35n96.102267>
- Ayala, L. E., & Arias, R. (2015). *Planeación por Escenarios*.
<http://3w3search.com/Edu/Merc/Es/GMerc086.htm>
- Batalla Bejerano, J. (2016). Power system integration of renewables: an economic approach [Universitat Rovira i Virgili]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. repositorio.<http://www.tdx.cat/handle/10803/441739>

- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Agile Alliance. <https://agilemanifesto.org>
- Bisquerra Alzina, R. (2004). *Métodos de investigación educativa* (4ta.). Grupo Editorial CEAC, S.A.
- Camelo, G. (2015). *Modelo Integrado De Planeación Por Escenarios*.
<http://germancamelo.blogspot.com/2016/08/modelo-integrado-de-planeacion-por.html>
- Carroz, D. A. (2005). Modelo de gestión estratégica para el desarrollo de capacidades tecnológicas. *Compendium: Revista de Investigación Científica*, 5–19.
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2955848.pdf>
- CELSIA EPSA. (2018). *Precios de la energía solar en Colombia*. Blog Celsia.Com.
<https://blog.celsia.com/precios-de-energia-solar-en-colombia/>
- Congreso de Colombia. (2014, 13 de mayo). *Ley 1715 de 2014*. Diario Oficial No. 49.150. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- Dalmazzo-Bermejo, E., Valenzuela-Klagges, B., & Espinoza-Brito, L. (2017). Producción de energía renovable no tradicional en América Latina: economía y políticas públicas. *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, 44(81), 67–87.
<https://doi.org/10.21678/apuntes.81.806>
- Domenech Léga, B. (2013). Metodología para el diseño de sistemas de electrificación autónomos para comunidades rurales [Universitat Politècnica de Catalunya]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*.
repositorio.<http://www.tdx.cat/handle/10803/128870>
- Domínguez, F. J. (2012). *La Integración Económica y Territorial De Las Energías Renovables y Los Sistemas De Información Geográfica* [Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid].
repositorios.<http://biblioteca.ucm.es/tesis/ghi/ucm-t26315.pdf>

- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Enrique García, L. A. (2015). *Emplazamientos Eólicos en la Provincia de Chimborazo Aplicando Modelos Matemáticos* [Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Educación a Distancia].
repositorio.http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-Laenriquez/ENRIQUEZ_GARCIA_Lorenzo_A_Tesis.pdf
- Fabregas, J., Díaz, C., Santamaria, H., Cruz, D., & Carpintero, J. (2020). *Analysis of the Behavior of Phase Change Material in Solar Energy Storage Using Computational Tools*. 62(03), 885–890.
<https://www.kansaiuniversityreports.com/article/analysis-of-the-behavior-of-phase-change-material-in-solar-energy-storage-using-computational-tools>
- Factor Energía. (2018). *Energías renovables: características, tipos y nuevos retos*.
Página Web Factorenergia.Com.
<https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
- Gaete, José, Villarroe, Rodolfo, Figueroa, Ismael, Cornide-Reyes, Héctor, & Muñoz, Roberto. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Serum, Lean y Kanban. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 141-157. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100141>
- Gareis, R., Huemann, M., & Martinuzzi, A. (2013). *Project Management and Sustainable Development Principles*. Project Management Institute.
- Gómez, N. (2011). Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. In *Universidad Javeriana*.
repositorio.<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis121.pdf>
- González, P. D. (2014). *Modelo de innovación y optimización de la energía solar en*

España. La aplicación de las tecnologías disponibles para el aprovechamiento de recursos , comercialización y beneficios de la energía solar [Tesis de Doctorad, Universidad Rey Juan Carlos].

[https://eciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/12957/Tesis doctoral Daniel Gonzalez Peña VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://eciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/12957/Tesis%20doctoral%20Daniel%20Gonzalez%20Pe%C3%BAa%20VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GRUPO NOVELEC. (2018). *Fuentes de energía no renovables, tipos y características*.

Blog Energías Renovables Gruponovelec.Com.

<https://blog.gruponovelec.com/energias-renovables/fuentes-de-energia-no-renovables-tipos-y-caracteristicas/>

Highsmith, J. (2009). *Agile Project Management: Creating Innovative Products*.

Addison-Wesley Professional.

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE). (2024). *Informe de gestión 2023*.

https://ipse.gov.co/documento_planeacion/documento/rendicion_de_cuentas/2024/INFORME%20DE%20GESTION%202023.pdf

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Renewable Capacity Statistics 2024*. IRENA.

<https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2024>

ISOTools Excellence. (2017). *Ejecutando la estrategia: Recorriendo el camino hacia los resultados* (e-book editado por ISOTools Excellence (ed.); 1a.). ISOTools Excellence.

<http://info.isotools.org/ebook-ejecutando-estrategia-recorriendo-camino-hacia-resultados?hsCtaTracking=c21f17c7-6ba7-40e2-b77f-b477d539efb5%7C5e8c272c-4d48-4bf1-94e5-7c065eaaf238>

Jiménez-García, F. N., Restrepo-Franco, A. M., & Mulcúe-Nieto, L. F. (2019). Estado de la investigación en energía en Colombia: una mirada desde los grupos de investigación. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52), 9–26.

<https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n52.2019.9651>

- Landaure, J. C. (2016). Costos de inversión y de operación en la formulación de un proyecto. *Costos de Inversión y de Operación En La Formulación de Un Proyecto*.
<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto/>
- Lazard. (2024). *Levelized Cost of Energy Analysis — Version 17.0*. Lazard Asset Management.
<https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energy-levelized-cost-of-storage-and-levelized-cost-of-hydrogen-version-170>
- Leal Fonseca, D. E., Guarín Muñoz, L. Y., & Morales Velásquez, E. (2022). *Políticas digitales en educación en Colombia: tendencias emergentes y perspectivas de futuro*. UNESCO IIEP. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384129>
- Ley 1715 de 2014, 1 (2020).
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- López González, A. (2018). Metodología de evaluación de la sostenibilidad de proyectos de electrificación rural [Universitat Politècnica de Catalunya]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. repositorio.<http://www.tdx.cat/handle/10803/666244>
- Martínez Carrasco, E. (2022). *Distance protection function under high penetration of renewable energies based on power electronics. Development of an enhanced faulted phase selector* [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. Repositorio Institucional de Documentos (Zaguán).
<https://zaguan.unizar.es/record/145291/files/TESIS-2024-448.pdf>
- Martín Barroso, A. M., & Leyva Ferreiro, G. (2017). Grisell Leyva Ferreiro. *Cofin Habana, Número 2*, 69–90. <http://scielo.sld.cu/pdf/cofin/v11n2/cofin06217.pdf>
- Mejía-Rodríguez, J. A., Ávila-Ramírez, D. C., & Córdova-Canela, F. (2016). Las innovaciones tecnológicas orientadas al autoabastecimiento energético

sostenible: El caso de México. *Bitacora Urbano Territorial*, 26(1), 93–102.
<https://doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.43547>

- Mendoza Vizcaino, F. J. (2019). Planning the integration of the renewable energy sources on islands, under the National Electric System in Mexico [Universitat Politècnica de Catalunya]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. repositorio.<http://www.tdx.cat/handle/10803/665317>
- Meza Orozco, J. D. J. (2016a). *Evaluación Financiera de Proyectos* (4ta., pp. 15–30). ECOE Ediciones.
- Meza Orozco, J. D. J. (2016b). *Evaluación Financiera de Proyectos* (4ta., pp. 89–131). ECOE Ediciones.
- Meza Orozco, J. D. J. (2017). *Evaluación Financiera de Proyectos. SIL* (4ta.). ECOE Ediciones. <https://www.ecoeediciones.com/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Informe sobre pobreza energética multidimensional en Colombia (2022-2023)*. Ministerio de Minas y Energía. <https://minenergia.gov.co/documents/14110/INFORME-SOBRE-POBREZA-ENERGETICA-MULTIDIMENSIONAL-EN-COLOMBIA-2022-2023.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2025). *Transición Energética Justa 2025*. Minenergía. [/https://minenergia.gov.co/documents/13272/Hoja_de_ruta_transicion_energetica_justa_TEJ_2025.pdf](https://minenergia.gov.co/documents/13272/Hoja_de_ruta_transicion_energetica_justa_TEJ_2025.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía. (2025). *INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS CONSTRUCCIÓN DE PAZ ENTIDADES NACIONALES* (pp. 11-12). [Sección sobre usuarios con servicio de energía eléctrica y Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas - FAZNI].
- Ministerio de Minas y Energía. (2019). Informe de telemetría mensual de junio 2019. *Centro Nacional de Monitoreo - CNM; Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas - IPSE*, 1–368.
<http://190.216.196.84/cnm/consolidados.php>

- Ministerio TIC de Colombia. (2014). *Modelo de Gestion IT4+*. Ministerio de Tecnologías de La Información y Las Comunicaciones.
https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/propertyvalues-8170_documento_pdf.pdf
- Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Neetwork. (2019). *Gestión Estratégica: Definición, etapas y para qué sirve*. Página Web Neetwork.Com.
https://neetwork.com/gestion-estrategica/#Que_es_la_gestion_estrategica
- Ortiz, J. (2015). *La Contribución de las Energías Renovables al Desarrollo Económico, Social y Medioambiental* [Tesis de Doctorado, Universidad de Extremadura]. repositorio.http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10662/2822/TDU_EX_2015_Ortiz_Calderon.pdf?sequence=1
- Ortiz Wilches, M. F., & Gutiérrez Fernández, J. C. (2023). *El principio de neutralidad tecnológica en el sistema electrónico de compras públicas - SECOP II: seguridad jurídica y digital* [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional USTA.
<https://repository.usta.edu.co/items/031dbb70-f1a0-46ca-ac20-cd73aa0030cf>
- Pereira, M. J. (2015). Las energías renovables ¿Es posible hablar de un Derecho Energético Ambiental? *Jurídicas CUC*, 11(1), 221–242.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17981/juridcuc.11.1.2015.10>
- Ponce, J. M. A. (2019). *La Energía Solar Fotovoltaica Distribuida y Las Smart Grid Como Modelo Para Diversificar La Matriz Energética de Ecuador* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia]. repositorio.http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd-Maponce/PONCE_JARA__Marcos_Antonio_Tesis.pdf

- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Rios, M. D. (2013). Technological Neutrality and Conceptual Singularity. *SSRN Electronic Journal*, 2198887. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2198887>
- Rodríguez Blanco, S. A. (2018). *Propuesta metodológica basada en vigilancia tecnológica para el desarrollo del marco regulatorio de las fuentes no convencionales renovables de energía en Colombia. Estudio de Caso* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].
repositorio.<http://bdigital.unal.edu.co/69649/1/2703168.2018.pdf>
- Romero-Rubio, M. del C. (2015). *Barreras Y Oportunidades Para El Desarrollo De Comunidades Energéticas Sostenibles En España . Estudio Comparativo Con Estados Unidos* [Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga].
repositorio.https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13331/TD_ROMERO_RUBIO_Maria_del_Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ros Candeira, J., & Amiana Ares, C. (2023). Estado actual y perspectivas de la aplicación de metodologías ágiles en proyectos en el ámbito de las energías renovables. *Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering CIDIP 2023 (San Sebastián)*.
<https://doi.org/10.61547/3339>
- Sabini, L., O'Connor, A., & Gholami, S. (2020). The state of research on sustainability in project management (2010–2019): a systematic literature review. *Project Management Journal*, 51(5), 477-491.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org.
- Strickland, T. Y. (2012). Planeación Estratégica En Las Empresas. *Revista de Historia*

Industrial, 56(6767), 49.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/jimenez_o_yb/capitulo3.pdf

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024). *Boletín tarifario de energía ZNI: Primer trimestre de 2024*.

<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Boletin-tarifario-de-energia-ZNI-I-trimestre-2024.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD. (2019). *Zonas No Interconectadas – ZNI: Diagnóstico de la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica 2019*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Nov/diagnostico_de_la_prestacion_del_servicio_zni_-_07-11-2019-lo_1.pdf

Sy Corvo, H. (2018). *Planeación Operativa: Características, Importancia y Ejemplo*.

Lifeder, Administración y Finanzas.

<https://www.lifeder.com/planeacion-operativa/>

Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*, 64(1), 137–146.

Tamayo Buitrago, F. R. (2023). *La mutación de los principios de la contratación estatal por la normativa de Colombia Compra Eficiente* [Trabajo de maestría,

Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/55bd15f6-732e-4e2f-84aa-aa064d0f55c9/download>

Tanaka, K. (2020). *Risk Management Framework for Offshore Wind Farm Projects Considering Climate Change Impacts* [Tesis Doctoral, Universidad de Tokio].

Repositorio Institucional de la Universidad de Tokio.

- Testorelli, R., Tiso, A., & Verbano, C. (2024). Value Creation with Project Risk Management: A Holistic Framework. *Sustainability*, 16(2), 753. <https://doi.org/10.3390/su16020753>
- Ulloa-Ulloa, Daniel & Baquero-Valladares, María. (2025). Metodologías ágiles: Scrum para la innovación en los procesos crediticios. 593 Digital Publisher CEIT. 10.1612-1627. 10.33386/593dp.2025.3.3289.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2025). *Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica PIEC 2024-2028*. UPME. <https://www.upme.gov.co/simec/planeacion-energetica/plan-de-expansion-de-cobertura/>
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía. <https://doi.org/10.1021/ja304618v>
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2023). *Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2022-2036*. Ministerio de Minas y Energía.
- Velasco Sánchez, M. (2024). *Transformando la educación en Colombia: políticas de innovación con TIC en la era digital*. *Revista Discimus*, (12), 45–60. <https://revistadiscimus.com/index.php/01/article/view/46>
- Weber, J. (2021). *Integrating Sustainability into Project Portfolio Management: A Novel Approach for Enhanced Strategic Alignment* [Tesis Doctoral, Universidad Técnica de Múnich]. Repositorio de la Biblioteca Universitaria de la TUM.
- Žáček, M., Hamplová, A., Tyrychtr, J., & Vrana, I. (2025). Improvements for the Planning Process in the Scrum Method. *Applied Sciences*, 15(1), 202. <https://doi.org/10.3390/app15010202>

ANEXOS

ANEXO 1.

Registro de Software diseñados en el marco de la investigación doctoral.

El Software **EMASOFT** soporta el cálculo de manera rápida y ágil, la obtención de la línea meta y su ecuación con el fin de usarla en el análisis de la eficiencia energética de una entidad. El software fue desarrollado con el lenguaje de programación *open source* de *python* y apoyado en sus diferentes librerías (*numpy, sklearn, math, pandas y matplotlib*).

El Software fue registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor DNDA del Ministerio del Interior de Colombia, con la finalidad de proteger los derechos de los autores e investigadores.

Así mismo, la Universidad Autónoma del Caribe, por medio de la Dirección de Investigación y Transferencia, certifica que Carlos Gabriel Díaz Sáenz ha trabajado activamente en proyectos de investigación, de los cuales se ha registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor (Unidad Administrativa Especial del Ministerio del Interior) el siguiente software:

EMASOFT: ENERGY MANAGEMENT SOFTWARE, con número de registro del DNDA: 13-81-172 del año 2020.

		MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-81-172 Fecha Registro 10-sept.-2020
<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>				
Page 1 of 2				
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	PABLO DANIEL BONAVERI	No de identificación	293468	
		CE		
Nacional de	ARGENTINA			
Dirección	CALLE 85 # 50-117	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	SAÚL ANTONIO PÉREZ PÉREZ	No de identificación	72315902	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 5 # 10-99	Ciudad:	SANTO TOMAS	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación	72346670	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 42 #76-261	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	FELIPE ANDRES GONZALEZ QUINTERO	No de identificación	1234095049	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 65 #49-38	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
TITULAR DERECHO PATRIMONIAL				
Razón Social	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE	Nit	890102572	
Dirección	--	Ciudad:	BOGOTA D.C.	
<hr/>				
PRODUCTOR				
Razón Social	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE	Nit	890102572	
Dirección	--	Ciudad:	BOGOTA D.C.	
<hr/>				
<u>2. DATOS DE LA OBRA</u>				
Título Original	EMASOFT: ENERGY MANAGEMENT SOFTWARE			
Año de Creación	2019	País de Origen	COLOMBIA	Año Edición
<hr/>				
CLASE DE OBRA	INEDITA			
<hr/>				
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA			
<hr/>				
CARACTER DE LA OBRA	OBRA COLECTIVA			
<hr/>				
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR			
<hr/>				
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA			
<hr/>				
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR			
<hr/>				
<u>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</u>				
EMASOFT SOPORTA EL CÁLCULO DE MANERA RÁPIDA Y ÁGIL, LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA META Y SU ECUACIÓN CON EL FIN DE USARLA EN EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA ENTIDAD. EL SOFTWARE FUE DESARROLLADO CON EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN OPENSOURCE DE PYTHON Y APOYADO EN SUS DIFERENTES LIBRERÍAS (NUMPY, SKLEARN, MATH, PANDAS Y MATPLOTLIB).				
<u>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</u>				



CIENCIA PARA EL PROGRESO

**EL SUSCRITO DIRECTOR (E) DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE**

HACE CONSTAR:

Que los investigadores: PABLO DANIEL BONAVERI ARANGO, identificado con la cédula de extranjería No. 293468, SAUL ANTONIO PEREZ PEREZ, identificado con la cédula de ciudadanía No. 72.315.902, CARLOS GABRIEL DÍAZ SÁENZ, identificado con la cédula de ciudadanía No. 72.346.670 y FELIPE ANDRES GONZALEZ QUINTERO, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.234.095.049, han trabajado activamente en proyectos de investigación, de los cuales se ha registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor (Unidad Administrativa Especial del Ministerio del Interior) el siguiente software: **EMASOFT: ENERGY MANAGEMENT SOFTWARE - Número de registro del DNDA: 13-81-172 del año 2020.**

Descripción e Innovación del software: EMASOFT soporta el cálculo de manera rápida y ágil, la obtención de la línea meta y su ecuación con el fin de usarla en el análisis de la eficiencia energética de una entidad. el software fue desarrollado con el lenguaje de programación Opensource de Python y apoyado en sus diferentes librerías (Numpy, Sklearn, Math, Pandas y Matplotlib).

La presente solicitud se expide a los veintinueve (29) días del mes de septiembre de 2021.

Atentamente,

PABLO DANIEL BONAVERI ARANGO
Director (e) de Investigación y Transferencia

El Software **AEENERGY** obedece a una herramienta computacional que utiliza la interfaz de Matlab® para el apoyo en la gestión energética, su finalidad es optimizar y lograr mayor eficiencia en los procesos de asesoría a empresas del sector energético o entidades del sector público relacionadas, sin tener necesidad de crear distintos formatos en Excel para cada cliente al que se preste un servicio.

El Software fue registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor DNDA del Ministerio del Interior de Colombia, con la finalidad de proteger los derechos de los autores e investigadores.

Así mismo, la Universidad Autónoma del Caribe, por medio de la Dirección de Investigación y Transferencia, certifica que Carlos Gabriel Díaz Sáenz ha trabajado activamente en proyectos de investigación, de los cuales se ha registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor (Unidad Administrativa Especial del Ministerio del Interior) el siguiente software:

AEENERGY, con número de registro del DNDA: 13-81-454 del año 2020.

		MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-81-454 Fecha Registro 02-oct.-2020
CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE				
Page 1 of 2				
1. DATOS DE LAS PERSONAS				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	SAÚL ANTONIO PÉREZ PÉREZ	No de identificación	72315902	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 5 # 10-99	Ciudad:	SANTO TOMAS	
AUTOR				
Nombres y Apellidos	YUSSEF JESHUÁ DOMINGUEZ AGUIRRE	No de identificación	1140875724	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 41 # 69E	Ciudad:	BARRANQUILLA	
AUTOR				
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación	72346670	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 42 #76-261	Ciudad:	BARRANQUILLA	
AUTOR				
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación	8866788	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3	Ciudad:	BARRANQUILLA	
TITULAR DERECHO PATRIMONIAL				
Razón Social	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE	Nit	890102572	
Dirección	--	Ciudad:	BOGOTA D.C.	
PRODUCTOR				
Razón Social	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE	Nit	890102572	
Dirección	--	Ciudad:	BOGOTA D.C.	
2. DATOS DE LA OBRA				
Título Original	AEENERGY			
Año de Creación	2020	Pais de Origen	COLOMBIA	Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA COLECTIVA			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR			
3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA				
AEENERGY ES UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL, QUE UTILIZA LA INTERFAZ DE MATLAB®, PARA EL APOYO EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA. SU FINALIDAD ES OPTIMIZAR Y LOGRAR MAYOR EFICIENCIA EN LOS PROCESOS DE LA ASESORÍA DE UNA EMPRESA, SIN TENER NECESIDAD DE CREAR DISTINTOS FORMATOS EN EXCEL PARA CADA CLIENTE AL QUE SE PRESTE UN SERVICIO.				



CIENCIA PARA EL PROGRESO

EL SUSCRITO DIRECTOR (E) DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

HACE CONSTAR:

Que los investigadores: SAUL ANTONIO PEREZ PEREZ, identificado con la cédula de ciudadanía No. 72.315.902, YUSSEF JESHUÁ DOMINGUEZ AGUIRRE, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.140.875.724, CARLOS GABRIEL DÍAZ SÁENZ, identificado con la cédula de ciudadanía No. 72.346.670 y KELVIN DE JESÚS BELEÑO SÁENZ, identificado con la cédula de ciudadanía No. 8.766.788, han trabajado activamente en proyectos de investigación, de los cuales se ha registrado ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor (Unidad Administrativa Especial del Ministerio del Interior) el siguiente software: **AEENERGY - Número de registro del DND: 13-81-454 del año 2020.**

Descripción e Innovación del software: AEENERGY es una herramienta computacional, que utiliza la interfaz de Matlab®, para el apoyo en la gestión energética. su finalidad es optimizar y lograr mayor eficiencia en los procesos de la asesoría de una empresa, sin tener necesidad de crear distintos formatos en Excel para cada cliente al que se preste un servicio.

La presente solicitud se expide a los veintinueve (29) días del mes de septiembre de 2021.

Atentamente,

PABLO DANIEL BONAVERI ARANGO
Director (e) de Investigación y Transferencia

ANEXO 2.


Registro de 10 software en el marco del prototipo industrial “VOLTBOT”.

13-96-460	VOLTBOT MOVEMENT SOFTWARE
13-96-461	VOLTBOT AMBIENT SENSE SOFTWARE
13-97-165	VOLTBOT SOLAR POSITING SOFTWARE
13-97-166	VOLTBOT GPS AND CONTROL SOFTWARE
13-97-167	VOLTBOT REAL TIME MONITORING SOFTWARE
13-97-168	VOLTBOT REAL TIME PRODUCTION MONITORING SOFTWARE
13-97-169	VOLTBOT VOLTAGE SENSE SOFTWARE
13-97-170	VOLTBOT FOTOVOLTAIC DIMENSION SOFTWARE
13-97-171	VOLTBOT ORIENTATION SOFTWARE
13-97-172	VOLTBOT FOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM V1.0

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-96-460 Fecha Registro 22-nov.-2023
	CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Libro - Tomo - Partida 13-96-461 Fecha Registro 22-nov.-2023
	Page 1 of 2		
1. DATOS DE LAS PERSONAS			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Libro - Tomo - Partida 13-97-165 Fecha Registro 02-ene.-2024
	Page 1 of 2		
1. DATOS DE LAS PERSONAS			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-166 Fecha Registro 02-ene.-2024	
	<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>			
Page 1 of 2				
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación	72346670	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 42 #76-261	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación	8866788	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación	1083027382	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
TITULAR DERECHO PATRIMONIAL				
Razón Social	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE	Nit	8901025729	
Dirección	CALLE 90 NO 46-112	Ciudad:	BARRANQUILLA	

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-167 Fecha Registro 02-ene.-2024	
	<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>			
Page 1 of 2				
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación	72346670	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CRA 42 #76-261	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación	8866788	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación	1083027382	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701	Ciudad:	BARRANQUILLA	
<hr/>				
AUTOR				
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación	22519599	
		CC		
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 68 #25B-44	Ciudad:	BARRANQUILLA	

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-168
	CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Fecha Registro 02-ene.-2024
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 - 70 APTO 701		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-169
	CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Fecha Registro 02-ene.-2024
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 - 70 APTO 701		
<hr/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-170 Fecha Registro 02-ene.-2024
	<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>		
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-171 Fecha Registro 02-ene.-2024
	<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>		
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida 13-97-172 Fecha Registro 02-ene.-2024
	<u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>		
Page 1 of 2			
<u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ	No de identificación CC	72346670
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CRA 42 #76-261		
<hr style="border-top: 1px dashed #00FF00;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ	No de identificación CC	8866788
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 25B - 44 CASA 3		
<hr style="border-top: 1px dashed #00FF00;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HUGO JOSE ROBLES GOMEZ	No de identificación CC	1083027382
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CARRERA 52C # 94 – 70 APTO 701		
<hr style="border-top: 1px dashed #00FF00;"/>			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	MARIA ELENA SAEZ REYES	No de identificación CC	22519599
Nacional de	COLOMBIA	Ciudad:	BARRANQUILLA
Dirección	CALLE 68 #25B-44		

ANEXO 3.

Registro de 10 Secretos Empresariales en el marco del prototipo industrial “VOLTBOT” con la empresa: GMAS Services S.A.S. para validación del Modelo de Gestión Ágil diseñado.



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT MOVEMENT SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación “PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT”, desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT MOVEMENT SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT MOVEMENT SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-02-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT AMBIENT SENSE SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT AMBIENT SENSE SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT AMBIENT SENSE SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-03-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 258 – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT SOLAR POSITINING SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT SOLAR POSITINING SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT SOLAR POSITINING SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-04-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,

MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT GPS AND CONTROL SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT GPS AND CONTROL SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT GPS AND CONTROL SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-05-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME MONITORING SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME MONITORING SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME MONITORING SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-06-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME PRODUCTION MONITORING SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME PRODUCTION MONITORING SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT REAL TIME PRODUCTION MONITORING SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-07-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT VOLTAGE SENSE SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT VOLTAGE SENSE SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT VOLTAGE SENSE SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-08-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC DIMENSION SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRY/INT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC DIMENSION SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC DIMENSION SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-09-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT ORIENTATION SOFTWARE, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT ORIENTATION SOFTWARE, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT ORIENTATION SOFTWARE como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-10-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.



Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

CERTIFICA:

La existencia del producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM V1.0, derivado del proyecto de investigación "PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfica - VOLTBOT", desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma del Caribe identificada con NIT 890.102.572-9 y la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

El producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM V1.0, cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el producto tecnológico VOLTBOT FOTOVOLTAIC MONITORING SYSTEM V1.0 como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-11-2023, por valor de \$1.000.000. El equipo de investigación que se integró para la solución del proyecto está conformado por:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARÍA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

NIT 900.928.262-1
CALLE 68 # 25B – 44 CASA 3
605 332 59 95
BARRANQUILLA

ANEXO 4.

Secreto Empresarial de Diseño de un prototipo industrial: “Sistema de posicionamiento fotovoltaico predictivo VOLTBOT”. Unidad robótica central encargada del posicionamiento fotovoltaico y un panel de control encargado del monitoreo en tiempo real del robot y la producción fotovoltaica, estos interactúan en conjunto mediante la integración de wifi que dota al sistema de un control remoto o automatismo, a través de la aplicación “*Voltbot Monitoring and Control System*” ya sea en su versión móvil o de ordenador, en la cual se puede monitorear y configurar el sistema en tiempo real desde cualquier parte del mundo.



Gmas
SERVICES S.A.S

Sueños que se construyen
con la mejor energía

LA SUSCRITA GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA
GMAS SERVICES S.A.S.
NIT: 900.928.262-1

HACE CONSTAR:

Que la existencia del producto tecnológico VOLTBOT - Sistema robótico de posicionamiento fotovoltaico predictivo con interfaz gráfica, es resultado de la innovación generada en la gestión empresarial, en el desarrollo del proyecto con número y título: “PRYINT-247-2023 - Sistema Robótico de Posicionamiento Fotovoltaico Predictivo con Interfaz Gráfico”. El producto tecnológico cumple con los requerimientos exigidos y se implementó en la empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, para la gestión estratégica de la innovación, en el marco de las convocatorias internas de proyectos de investigación de la Universidad Autónoma del Caribe.

Es decisión de esta empresa GMAS SERVICES S.A.S. con NIT 900.928.262-1, que el diseño conceptual, desarrollo e implementación del producto que aquí se describe, no será sometido a procesos de divulgación externos a los miembros activos en el desarrollo del proyecto, como política de protección de la ingeniería desarrollada, reconociendo el desarrollo de esta innovación como **SECRETO EMPRESARIAL**.

Del mismo modo, el número de contrato que reposa en esta empresa es: GS-INV-01-2023, por valor de \$1.500.000. El equipo de investigación que se integró para el proyecto y desarrollo de la innovación hace parte del “Grupo de Investigación en Ingeniería Mecatrónica - GIIM” avalado por la Universidad Autónoma del Caribe y categorizado en “B” por MinCiencias en la convocatoria 894 de 2021 de grupos de investigación. Los investigadores son:

Nombre del Investigador	Tipo de Identificación	Número de Identificación
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Cédula de Ciudadanía	8.866.788
Carlos Gabriel Díaz Sáenz	Cédula de Ciudadanía	72.346.670
Hugo José Robles Gómez	Cédula de Ciudadanía	1.083.027.382

Para que surta efectos, se expide esta certificación el 30 de octubre de 2023.
Respetuosamente,



MARIA ELENA SÁEZ REYES
Representante legal
GMAS SERVICES S.A.S.

ANEXO 5. Participación en el Congreso Internacional. Envío de resumen del artículo. Validación y consulta a especialistas de los sectores: Administrativos, Ingeniería y Energético

III Congreso Internacional de Electrónica Aplicada – CIEA 2025. Ponencia: *“Innovación en la Gestión de Proyectos: el Papel de las Metodologías Ágiles en la Sostenibilidad de Proyectos de Energías Renovables”*.



"Hombres Nuevos para Tiempos Nuevos"
Fray Guillermo de Cavallana OFM.Cap.



San Juan de Pasto, 10 de septiembre de 2025

Estimados
CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ
KELVIN DE JESUS BELEÑO SAENZ
ERIKA SEVEREYN VARELA

Asunto: Aceptación de Ponencia en III Congreso Internacional de Electrónica Aplicada – CIEA 2025

Cordial saludo de Paz y Bien.

El Comité Organizador del III Congreso Internacional de Electrónica Aplicada – CIEA 2025, se complace en informarle que su ponencia titulada *“Innovación en la Gestión de Proyectos: el Papel de las Metodologías Ágiles en la Sostenibilidad de Proyectos de Energías Renovables”* ha sido ACEPTADA para su presentación en el Simposio Doctoral que se realizará en el marco del Congreso, evento que se llevará a cabo en la ciudad de Pasto, Nariño – Colombia durante los días 11 y 12 de septiembre del año en curso.

Dicha contribución representa un valioso aporte a la temática del congreso y estamos seguros de que su participación enriquecerá significativamente el evento.

Próximamente, le haremos llegar fecha y hora de su presentación; así como también información adicional respecto a los lineamientos técnicos y logísticos que deberá seguir para su exposición.

Agradecemos su interés en participar en nuestro congreso y esperamos contar con su destacada presencia. Para cualquier duda o requerimiento adicional, no dude en contactarnos.

Cordialmente,

JAVIER ALEJANDRO JIMENEZ TOLEDO, Ph.D.
Viceméctor de Investigación y Extensión
Comité Organizador del III Congreso Internacional de Electrónica Aplicada
Teléfono: (602) 724 44 34 Ext. 1218 - 1236
WhatsApp: +57 318 509 5377 / +57 317 809 2492



Grupo
Asociación Escolar
María Goretti
Misioneros Misioneros Capuchinos



11 Y 12
SEPTIEMBRE 2025

INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS: EL PAPEL DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES EN LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz
Erika Severeyn Varela

UNIVERSIDAD
DÍOS
CIENCIA Y SERVICIO
CESMAG

Camilo Lagos

11 Y 12
SEPTIEMBRE 2025

INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS: EL PAPEL DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES EN LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz
Erika Severeyn Varela

UNIVERSIDAD
DÍOS
CIENCIA Y SERVICIO
CESMAG

Participación como ponente en el marco del congreso CIEA 2025.





Certifica que:

CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

Participó en el Simposio de Doctorado

Con la ponencia titulada:
Innovación en la Gestión de Proyectos: El Papel de las Metodologías Ágiles en la Sostenibilidad de Proyectos de Energías Renovables.

En el:

**III CONGRESO INTERNACIONAL
ELECTRONICA APLICADA
CIEA 2025**

Realizado los días 11 y 12 de septiembre de 2025
Se firma en San Juan de Pasto

 **ROBOT
CHALLENGE**



"HOMBRES NUEVOS PARA TIEMPOS NUEVOS"
Proy. Gobierno de Colombia, OFM/CoP


PhD Javier Alejandro Jiménez Toledo
Vicerrector de Investigación y Extensión


Christian Fernando Vega
Director Ingeniería Electrónica

Participación en Movilidad de Investigación en el marco del congreso CIEA 2025.





Certifica que:

CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

Participó de la Movilidad de Investigación en representación de
Universidad de Investigación e Innovación de México

En el marco del

**III CONGRESO INTERNACIONAL
ELECTRONICA APLICADA
CIEA 2025**

La cual se realizó con los integrantes del Grupo de Investigación RAMPA del programa de Ingeniería Electrónica.

Se firma en San Juan de Pasto, a los 11 y 12 días del mes de septiembre de 2025

 **ROBOT
CHALLENGE**



"HOMBRES NUEVOS PARA TIEMPOS NUEVOS"
Proy. Gobierno de Colombia, OFM/CoP


PhD Javier Alejandro Jiménez Toledo
Vicerrector de Investigación y Extensión

2º Congreso Internacional de Ingeniería (CIDEI-2025). Ponencia: *“Agilidad sostenible integrando un modelo híbrido Scrum y Kanban en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables”*.



Monclova, Coahuila, México, a 18 de septiembre de 2025

A quien corresponda:

Asunto: Aceptación de trabajo para Ponencia - CIDEI-2025

Por medio de la presente, y en nombre del comité organizador, me permito informarle que el trabajo titulado:

Agilidad sostenible integrando un modelo híbrido Scrum y Kanban en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables

sometido al 2do. Congreso Internacional de Ingeniería 2025 ha sido **ACEPTADO** para presentarse como Ponencia Oral en el Congreso los días 2 y 3 de octubre de 2025, en la ciudad de Monclova, Coahuila, México. El tiempo considerado para la presentación del trabajo es de 15 minutos con 5 minutos para preguntas. Tenga en cuenta que para que el resumen del trabajo aparezca en las memorias del evento y sea considerado para su publicación en el libro "Avances en Ingeniería y Sistemas Inteligentes", el trabajo deberá ser presentado en el Congreso. Por lo que le haremos llegar por correo las indicaciones para su registro.

Si usted tiene alguna duda, favor de comunicarse con el comité científico al correo cidei@uadec.edu.mx.

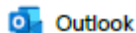
Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alejandro Pérez Alvarado'.

Dr. Alejandro Pérez Alvarado
Presidente
Comité Científico
2º Congreso Internacional de Ingeniería

11/9/25, 12:33

Correo: Carlos 18 Diaz - Outlook



Dictamen CIDEI 2025

Desde DIOMAR ENRIQUE RODRIGUEZ OBREGON <rodriguezdiomar@uadec.edu.mx>

Fecha Jue 11/09/2025 12:13 PM

Para Carlos 18 Diaz <Carlos.Diaz18@uac.edu.co>

Estimado Carlos Díaz,

Me complace informarle que el Comité Científico del *2º Congreso Internacional de Ingeniería (CIDEI-2025)* ha emitido el dictamen favorable para la presentación de su trabajo titulado:

“Agilidad sostenible integrando un modelo híbrido Scrum y Kanban en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables”,

el cual ha sido **ACEPTADO** para su exposición en el congreso.

Le solicitamos preparar su presentación para el día del evento. Cada participación contará con **15 minutos de exposición y 5 minutos adicionales para preguntas y respuestas**. En los próximos días le haremos llegar el programa con el horario específico de su intervención.

Es importante señalar que la aceptación para la inclusión en el libro derivado del congreso está sujeta a un proceso de evaluación editorial independiente, con criterios y condiciones distintos a los aplicados para la aceptación en el congreso. Dicho proceso se encuentra actualmente en curso. En breve, recibirá las observaciones de los revisores, el dictamen correspondiente y las indicaciones sobre los pasos a seguir para la publicación del libro.

Quedo a su disposición para cualquier duda o aclaración adicional.

Saludos cordiales,

Dr. Diomar E. Rodríguez Obregón

Profesor-investigador

Ingeniería Biomédica • FIME - UN

Universidad Autónoma de Coahuila

Tel. 444-424-4348

rodriguezdiomar@uadec.edu.mx



La Universidad Autónoma de Coahuila, a través de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Norte, otorga la siguiente


CONSTANCIA A:


Beleño Sáenz, Kelvin De Jesús; Díaz Sáenz, Carlos Gabriel; Severeyn Varela, Erika

Autores del trabajo titulado:

“Agilidad sostenible integrando un modelo híbrido Scrum y Kanban en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables”

Que fue presentado en la modalidad de ponencia en el **2º Congreso Internacional de Ingeniería: Sistemas Inteligentes y Sostenibilidad (CIDEI 2025)**, celebrado del **1 al 3 de octubre de 2025**, en la ciudad de Monclova, Coahuila, México.


Dr. Diomar Enrique Rodríguez Obregón
Presidente
Comité Organizador


Dr. Alejandro Pérez Alvarado
Presidente
Comité Científico

2º Congreso Internacional de Ingeniería.
Sistemas Inteligentes y Sostenibilidad.

cidei@uadec.edu.mx



**Sustainable agility by
integrating a hybrid
Scrum and Kanban
model in Renewable
Energy Project
Management**

 UNIVERSIDAD
**AUTÓNOMA
DEL CARIBE**

 Universidad
Autónoma
de **Coahuila**

03 de Octubre de 2025


CIDEI

VIGILANCIA MINEDUCACIÓN Reconocimiento como Universidad. Resolución 202/AJ/1 de abril de 1977. Reconocimiento prescrito judicial. Decreto 2094 del 12 de diciembre de 1974.

III Congreso Internacional de Ciencias Administrativas y Contables - CICAC 2025.
Ponencia: *“Scrum-Kanban Híbrido: Una Metodología para la Optimización de la Gestión de Proyectos de Energías Renovables”*.



Carlos Gabriel Díaz Saenz <cdiazs@comunidad.uiix.edu.mx>

Resultado

1 mensaje

Darash <darash@unicesmag.edu.co>
Para: cdiazs@comunidad.uiix.edu.mx

23 de septiembre de 2025, 11:52 a.m.

Darash

Cordial saludo de Paz y Bien

Es un placer para nosotros comunicarnos con usted para informarle que su resumen titulado: *Scrum-Kanban Híbrido: Una Metodología para la Optimización de la Gestión de Proyectos de Energías Renovables*, ha sido **ACEPTADO** para ser presentado en el III Congreso Internacional de Ciencias Administrativas y Contables - CICAC 2025, a celebrarse en modalidad híbrida.

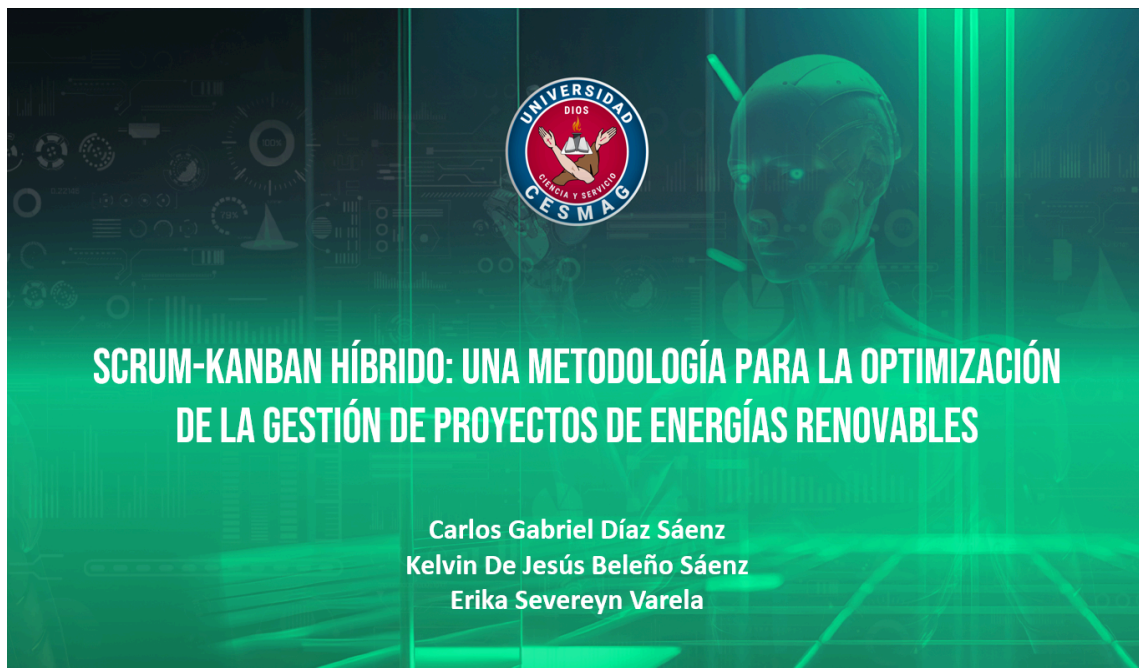
Nuestro Comité Científico ha evaluado su resumen y ha considerado que su contribución es valiosa y relevante para la comunidad científico-académica.

Le informamos que el plazo máximo tanto para envío del artículo como el pago de la inscripción, así como toda la información, se encuentra disponible en el Website del Congreso: <https://www.unicesmag.edu.co/cicac/>

Es fundamental, que una vez realizada la inscripción de su ponencia, se envíe el comprobante de pago al siguiente correo:
viceinvestiga@unicesmag.edu.co

Cordialmente,

Comité Científico III Congreso Internacional de Ciencias Administrativas y Contables - CICAC 2025



Participación como ponente en el marco del congreso CICAC 2025.



Participación en Movilidad Investigativa en el marco del congreso CICAC 2025.


 Certifica que:

CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

Participó de la Movilidad Investigativa en representación de
 Universidad de Investigación e Innovación de México

En el marco del
III CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES
CICAC 2025

La cual abordó la temática "Scrum-Kanban Híbrido: Una Metodología para la Optimización de la Gestión de Proyectos de Energías Renovables"

Se firma en San Juan de Pasto, a los 10 días del mes de octubre de 2025


Fray Luis Eduardo Rubiano Guáqueta, OFM Cap.
Rector Universidad CESMAG


PhD Javier Alejandro Jiménez Toledo
Vicerector de Investigación y Extensión


HOMBRES NUEVOS PARA TIEMPOS NUEVOS
Fray Guillermo de Castellano, OFM Cap.

Participación en Movilidad Académica en el marco del congreso CICAC 2025.


 Certifica que:

CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

Participó de la movilidad académica en representación de
 Universidad de Investigación e Innovación de México

En el marco del
III CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES
CICAC 2025

La cual abordó la temática "Scrum-Kanban Híbrido: Una Metodología para la Optimización de la Gestión de Proyectos de Energías Renovables"

Realizado los días 8, 9 y 10 de octubre de 2025
 Se firma en San Juan de Pasto


Fray Luis Eduardo Rubiano Guáqueta, OFM Cap.
Rector Universidad CESMAG


PhD Javier Alejandro Jiménez Toledo
Vicerector de Investigación y Extensión


HOMBRES NUEVOS PARA TIEMPOS NUEVOS
Fray Guillermo de Castellano, OFM Cap.

* VIGILADA MINEDUCACIÓN

Conferencias NexusSci. Ponencia: *“El Nexo Ágil-Sostenible: Un modelo innovador para la gestión de proyectos de energías renovables”*.



La **Universidad de Investigación e Innovación de México (UIIX)** invita a participar en Nexus-Sci, un ciclo gratuito de conferencias con certificado digital.

Su objetivo es fomentar el diálogo, la reflexión crítica y el intercambio de conocimientos sobre temas emergentes, fortaleciendo redes de colaboración dentro y fuera de la comunidad UIIX.

Participa en nuestros eventos:

LUN
13

octubre 13 @ 10:00 am - 11:00 am CST

El Nexo Ágil-Sostenible: Un modelo innovador para la gestión de proyectos de energías renovables

Se fusionan las metodologías ágiles y la sostenibilidad para optimizar la gestión de proyectos de energías renovables, creando un modelo innovador que asegura eficiencia y un impacto ambiental positivo. Conferencista: Mtro. Carlos Gabriel Díaz Saenz Hora: 10:00 a.m. (México) | 11:00 a.m. (Colombia) [INSCRIBETE AQUÍ](#)



NexusSci

PROMOVRIENDO LA CULTURA CIENTÍFICA

El Nexo Ágil-Sostenible: Un modelo innovador para la gestión de proyectos de energías renovables

Mtro. Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Doctorando en Dirección de Proyectos

UIIX Universidad de Investigación e Innovación de México

ETIQUETA

Participación como ponente en el marco de Conferencias NexusSci



II Congreso Internacional de Escasez Hídrica y Recursos Energéticos, Santo Domingo, República Dominicana. Ponencia: *“Optimización de Proyectos de Energías Renovables con Enfoque Socioeconómico: Un Modelo de Gestión Ágil (Scrum-Kanban) de los Recursos Energéticos”*.



AGOSTO 30, 2025

Estimado/a:

Carlos Gabriel Diaz Saenz, Kelvin De Jesus Beleño Saenz

El Comité Organizador del II Congreso Internacional de Escasez Hídrica y Recursos Energéticos, a celebrarse en Santo Domingo, República Dominicana, en la sede de la Universidad del Caribe (UNICARIBE), agradece su interés y valiosa participación en este evento académico.

Tras la revisión y evaluación académica de su propuesta de ponencia titulada:

Optimización de Proyectos de Energías Renovables con Enfoque Socioeconómico: Un Modelo de Gestión Ágil (Scrum-Kanban) de los Recursos Energéticos

Le informamos que los comentarios del evaluador fueron los siguientes:

El proyecto de investigación cuenta con una metodología clara, cumple con los objetivos planteados y esta acorde a los temas trabajados en el congreso, apunta a la mitigación de los problemas asociados a las energías.

La decisión es: **Aceptado**

Agradecemos nuevamente su interés en ser parte de este congreso.

Cordialmente,

Comité Organizador

II Congreso Internacional de Escasez Hídrica y Recursos Energéticos



ESCASEZ HÍDRICA Y RECURSOS ENERGÉTICOS

SESIÓN DE PONENCIAS VIRTUALES 1

Viernes 21 de noviembre de 5:00 - 7:00 PM GMT-4

SESIÓN DE PONENCIAS VIRTUALES 2

Sábado 22 de noviembre de 5:00 - 7:00 PM GMT-4

SALA 1



SALA 2

SALA 1



SALA 2

<p>Ciencia Ciudadana en Acción: Protección de Herpetos, Aves y Artrópodos en el Campus Universitario y Cerros Orientales Frente a los Desafíos de Recursos Hídricos y Energéticos.</p> <p>Presenta: Ramón Gabriel Aguilar Politécnico Grancolombiano</p>	<p>Diagnostico Integral De Las Condiciones Operativas Y Ambientales De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Tierra Grata, Facatativá, Cundinamarca</p> <p>Presenta: Ana Sofia Acosta Mejia UNIAGRARIA</p>	<p>Diseño, validación y optimización de un sistema de cavitación hidrodinámica para el tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Presenta: Luis Eduardo Cobos Ramírez Universidad Autónoma de Bucaramanga</p>	<p>Automatas celulares aplicados a la simulación de incendios forestales en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá, Colombia.</p> <p>Presenta: Sergio Santiago Duarte Rojas Universidad Distrital Francisco José de Caldas</p>
<p>Optimización de Proyectos de Energías Renovables con Enfoque Socioeconómico: Un Modelo de Gestión Ágil (Scrum-Kanban) de los Recursos Energéticos</p> <p>Presenta: Carlos Gabriel Díaz Universidad de Investigación e Innovación de México UIIX</p>	<p>Hidropure: Filtro de bioarena con fibra de coco para purificar agua en Tenjo</p> <p>Presenta: Valentina Abello Alvarado UNIAGRARIA</p>	<p>Diseño de un plan de recolección y gestión sostenible con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por el Aceite de Cocina Usado en el Sector de Parque Heredia, Cartagena de India</p> <p>Presenta: José Elias Pájaro Martínez Universidad de San Buenaventura</p>	<p>Sondeo de la radiación solar en el sur del departamento de la Guajira-Colombia implementando el modelo WRF</p> <p>Presenta: José Luis Rodríguez Universidad Popular del Cesar</p>
<p>Análisis energético de la combustión de mezclas de jet fuel y biodiesel alimentadas a un ciclo brayton, mediante simulación en estado estacionario</p> <p>Presenta: Juliana Puello Méndez Universidad de San Buenaventura Cartagena</p>	<p>Evaluación de la eficiencia del té de hierbas (orégano, menta, albahaca) para el tratamiento de agua cruda para población rural, del Municipio de Valledupar departamento del Cesar.</p> <p>Presenta: Jose Mauricio Perez Royero UNICESAR</p>	<p>Propuestas de Tratamiento Alrededor de la Eutrofización en Humedales: Una Revisión 2015 - 2025</p> <p>Presenta: Dora Luz Gómez Aguilar Universidad Pedagógica Nacional</p>	<p>Sistema Integral para la revalorización de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), mediante el aprovechamiento del vidrio y la producción de vitroconcreto.</p> <p>Presenta: John Mozaide Álvarez Cely UNIAGRARIA</p>
<p>Contribución de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) a la eficiencia hídrica, conservación microbiana y reducción de contaminación en el lavado de frutas y hortalizas.</p> <p>Presenta: Germania García Giraldo Centro Agroempresarial SENA</p>	<p>Evaluación de la eficiencia del té de hierbas (orégano, menta, albahaca) para el tratamiento de agua cruda para población rural, del Municipio de Valledupar departamento del Cesar.</p> <p>Presenta: Martha Lucía Ortiz-Moreno Universidad de los Llanos</p>	<p>Diseño de un sistema de alerta temprana y participativo para la gestión de riesgos por inundaciones y sequías en la Amazonia Colombia</p> <p>Presenta: Joanna Andrea Barrera Olarte Universidad Pontificia Javeriana</p>	<p>Acueductos comunitarios rurales: justicia hídrica, campesinado y desafíos estatales frente a la escasez</p> <p>Presenta: Martha Lucia Ortiz-Moreno UNIAGRARIA</p>
	<p>Tecnologías habilitadoras para redes colaborativas circulares en la gestión del agua y la energía en Colombia</p> <p>Presenta: María Mercedes Bernal Fundación Universitaria Compensar</p>		

Organizadores



Aliados y Colaboradores



Empresas Colaboradoras



Apoyo Institucional y Aliados Estratégicos



6to. Congreso Internacional en Ciencias Administrativas Económicas y Contables - CICAEC 2025. Ponencia: *Integración de metodologías ágiles Scrum + Kanban: un modelo para la gestión de proyectos y la sostenibilidad en la transición energética.*

Inteligencia artificial e innovación en la gestión de las organizaciones




Integración de metodologías ágiles Scrum + Kanban: un modelo para la gestión de proyectos y la sostenibilidad en la transición energética


Innovación en IA para el fortalecimiento de la Empresa, la Estrategia y su Sostenibilidad

Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Universidad Autónoma del Caribe & Universidad de Investigación e Innovación de México
Ingeniería Mecatrónica (Colombia) & Doctorado en Dirección de Proyectos (México)
05 de Noviembre de 2025





Dato de partida:
la "implementación o el universo de partida" corresponde a las zonas no interconectadas de la zona norte de Colombia




1 su estratégica ubicación en el país

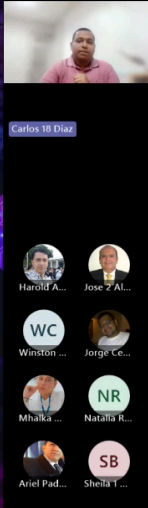
2 la estructura y la evolución a lo largo de los años

3 su demografía y la dimensión

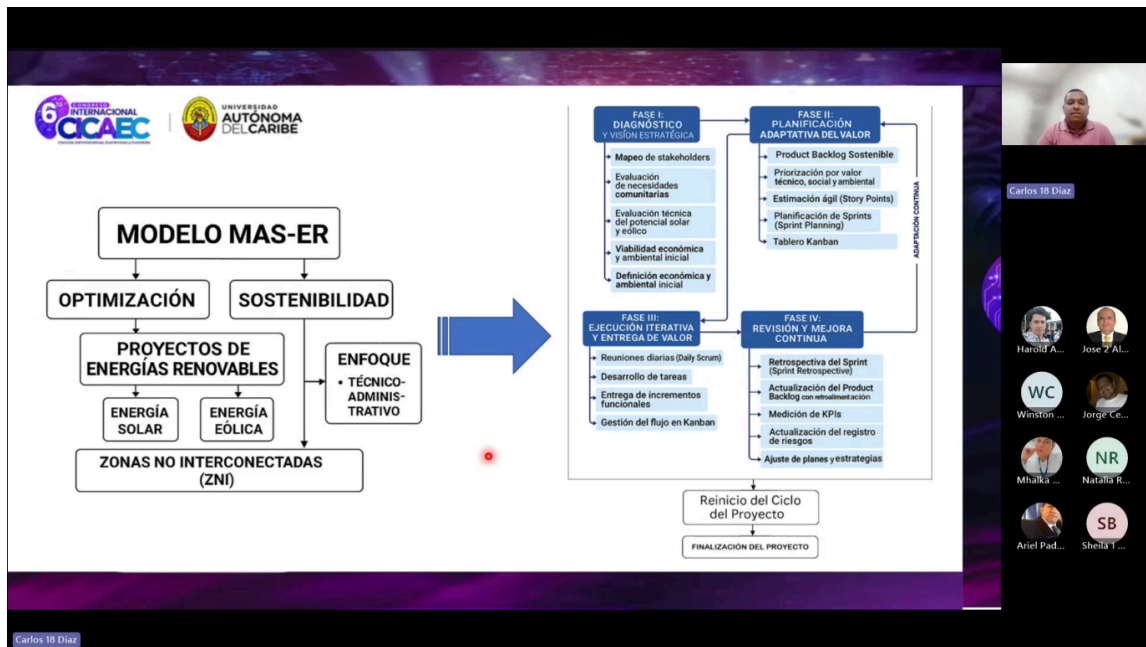
4 las múltiples zonas no Interconectadas (ZNI) que representa

5 el esfuerzo del Gobierno Nacional para mitigar los problemas de conexión de fuente de energía





Carlos 10 Diaz



Inteligencia artificial e innovación en la gestión de las organizaciones

Integración de metodologías ágiles Scrum + Kanban: un modelo para la gestión de proyectos y la sostenibilidad en la transición energética

Innovación en IA para el fortalecimiento de la Empresa, la Estrategia y su Sostenibilidad

Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Universidad Autónoma del Caribe & Universidad de Investigación e Innovación de México
Ingeniería Mecatrónica (Colombia) & Doctorado en Dirección de Proyectos (México)
05 de Noviembre de 2025

Logos: CICAEC, Universidad Autónoma del Caribe, Rinnet

1er. Congreso Internacional de Ingeniería. Ponencia: “*Nuevas fronteras en energía renovable: comportamiento fluidodinámico de una turbina eólica sin aspas*”.

Participación como ponente en el marco del 1er. Congreso Internacional de Ingeniería.



1er CONGRESO INTERNACIONAL
DE INGENIERÍA



La Universidad Autónoma del Caribe confiere el presente certificado a:

Julian Alberto Urrutia Natera, Jonathan Fábregas Villegas,
Carlos Díaz Sáenz, Argemiro Palencia Díaz

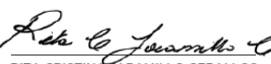
Autor(es) del trabajo titulado:

**NUEVAS FRONTERAS EN ENERGÍA RENOVABLE:
COMPORTAMIENTO FLUIDODINÁMICO DE
UNA TURBINA EÓLICA SIN ASPAS**

Que fue presentado en la modalidad de ponencia en el I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA: SOCIEDADES DIGITALES Y SOSTENIBILIDAD, organizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe con el apoyo de la Universidad Autónoma de Coahuila en la ciudad de Barranquilla, del 5 al 6 de septiembre de 2024.



PABLO DANIEL BONAVERI
Vicerrector Académico
Universidad Autónoma del Caribe



RITA CRISTINA JARAMILLO CEBALLOS
Decana de Ingeniería
Universidad Autónoma del Caribe

Mejor ponencia en el marco del 1er. Congreso Internacional de Ingeniería.



1er CONGRESO INTERNACIONAL
DE INGENIERÍA



La Universidad Autónoma del Caribe certifica que:

Julian Alberto Urrutia Natera, Jonathan Fábregas Villegas,
Carlos Díaz Sáenz, Argemiro Palencia Díaz

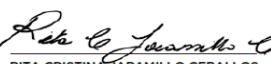
Obtuvieron el primer lugar en la modalidad ponencia por el trabajo titulado:

**NUEVAS FRONTERAS EN ENERGÍA RENOVABLE:
COMPORTAMIENTO FLUIDODINÁMICO DE UNA TURBINA
EÓLICA SIN ASPAS**

En el I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA: SOCIEDADES DIGITALES Y SOSTENIBILIDAD, organizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe con el apoyo de la Universidad Autónoma de Coahuila en la ciudad de Barranquilla, del 5 al 6 de septiembre de 2024.



PABLO DANIEL BONAVERI
Vicerrector Académico
Universidad Autónoma del Caribe



RITA CRISTINA JARAMILLO CEBALLOS
Decana de Ingeniería
Universidad Autónoma del Caribe

X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica Mecatrónica y Automatización CIMA. Ponencia: “*Estimación del desempeño energético de una hidro turbina aplicando mecánica computacional*”.

Bogotá, 07 de mayo de 2021



Señor(es) Ponente(s)
X Congreso Internacional de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica y Automatización CIMA 2021

Asunto: Constancia de participación como ponente en el X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización CIMA 2021

Estimado(s) autor(es):

El Comité Organizador del X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización, CIMA 2021, se permite informar que, en el marco del evento, las personas relacionadas a continuación, realizaron la ponencia del trabajo titulado:

ESTIMACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE UNA HIDROTURBINA APLICANDO MECÁNICA COMPUTACIONAL.

Jennifer Villa
Jonathan Fábregas
Carlos Díaz

Agradecemos su participación en este Congreso y los invitamos a la edición XI en 2023, ya que sus valiosos aportes contribuyen al crecimiento profesional de la ingeniería y al desarrollo sostenible.

Cordial saludo,

Prof. CARLOS JULIO CORTÉS R. PhD.
Presidente Comité Organizador
CIMA 2021

Ref. CIMA - 138

Organizado por



X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica Mecatrónica y Automatización C IMM. Ponencia: *“Instrumentación estadística del consumo energético para la gestión técnica-administrativa-financiera”*.

Bogotá, 07 de mayo de 2021



Señor(es) Ponente(s)

X Congreso Internacional de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica y Automatización C IMM 2021

Asunto: Constancia de participación como ponente en el X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización C IMM 2021

Estimado(s) autor(es):

El Comité Organizador del X Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización, C IMM 2021, se permite informar que, en el marco del evento, las personas relacionadas a continuación, realizaron la ponencia del trabajo titulado:

INSTRUMENTACIÓN ESTADÍSTICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA GESTIÓN TÉCNICA-ADMINISTRATIVA-FINANCIERA

Saúl Pérez Pérez
Carlos Gabriel Díaz Sáenz
Felipe Andrés González Quintero

Agradecemos su participación en este Congreso y los invitamos a la edición XI en 2023, ya que sus valiosos aportes contribuyen al crecimiento profesional de la ingeniería y al desarrollo sostenible.

Cordial saludo,

Prof. CARLOS JULIO CORTÉS R. Ph.D.
Presidente Comité Organizador
C IMM 2021

Ref. C IMM-45

Organizado por



ANEXO 6. Artículos Q3 publicados.

Se realizaron dos (3) publicaciones de artículos de investigación científica tipo Q3 en el marco de la tesis doctoral y como estudiante de Doctorado en Dirección de Proyectos. Todos estos relacionados con el sector energético.

- Producción bibliográfica - Artículo - Publicado en revista especializada

JONATHAN FABREGAS VILLEGAS, CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ, HENRY ELIAS SANTAMARIA DE LA CRUZ, JAVIER ANDRES CARPINTERO DURANGO, WILMER SEGUNDO VELILLA DIAZ, ARGEMIRO PALENCIA DIAZ, "Analysis of the Behavior of Phase Change Material in Solar Energy Storage Using Computational Tools" . En: Japón Technology Reports of Kansai University ISSN: 0453-2198 ed: Kansai University v:62 fasc.03 p.885 - 890 ,2020, DOI:

Palabras:

Phase change materials (PCM), , NaNO₃, Heat latent, Computational fluid dynamics CFD, Melting temperature,

- Producción bibliográfica - Artículo - Publicado en revista especializada

JEAN PIERRE COLL VELASQUEZ, KELVIN DE JESUS BELENO SAENZ, JAVIER ANDRES CARPINTERO DURANGO, CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ, JONATHAN FABREGAS VILLEGAS, "Experimental Validation of the Design of Savonius Turbines for the Comparison of their Fluid Dynamics Behavior" . En: Japón Technology Reports of Kansai University ISSN: 0453-2198 ed: Kansai University v:62 fasc.06 p.2811 - 2817 ,2020, DOI:

Palabras:

Savonius turbine, Computational fluid dynamic, Bioinspired turbine, Swirl turbine, Power coefficient,

- Producción bibliográfica - Artículo - Publicado en revista especializada

CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ, JONATHAN FABREGAS VILLEGAS, SAUL ANTONIO PEREZ PEREZ, HENRY ELIAS SANTAMARIA DE LA CRUZ, JAVIER ANDRES CARPINTERO DURANGO, RICARDO ANDRES MENDOZA QUIROGA, JENNIFER LUZ VILLA DOMINGUEZ, "CFD Modeling of microchannels cooling for electronic microdevices" . En: Malasia IJUM ENGINEERING JOURNAL ISSN: 1511-788X ed: International Islamic University Malaysia v:23 fasc. p.384 - 396 ,2022, DOI: 10.31436/ijumej.v23i1.2113

Palabras:

CFD, Computational fluid dynamics CFD, Processor, Cooling,