

**Modelo metodológico bajo enfoque scrum para proyectos de energías renovables en
infraestructuras públicas**

Oscar Javier Chacón González

**Monografía Diplomado en Gestión Ágil TI
para optar el título de Magister en Dirección y Gestión de Proyectos**

Director

Juan Antonio Hernández Estrada

PhD (c) en Gerencia de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos

2025

Contenido

Introducción	7
1. Modelo metodológico bajo enfoque scrum para proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas	9
1.1 Contextualización del proyecto viabilizado	9
1.1.1 Análisis de microentornos y macroentorno	9
1.1.2 Análisis de stakeholders.....	10
1.1.3 Objetivos del proyecto	10
1.1.4 Referentes históricos	11
1.2 Análisis del caso de negocio	11
1.2.1 Justificación del caso de negocio.....	12
1.3 Análisis de pila de producto de alto nivel.....	14
1.3.1 Elementos del producto backlog.....	15
1.4 Análisis de historia de usuario	21
1.5.1 Objetivo del sprint cero.....	23
1.5.2 Duración del sprint cero.....	24
1.5.3 Actividades del sprint cero.....	24
1.5.4 Daily scrum.....	26
1.5.5 Review y retrospectiva del sprint cero.....	27
1.6.1 Configuración del proyecto con metodología ágil.....	31
1.7.1 Definición del Prototipo	36
1.7.2 Objetivo del prototipo.....	37
2. Conclusiones	37

3. Recomendaciones	39
Referencias.....	41

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Historias de usuarios.</i>	18
---	----

Resumen

El cambio climático y la necesidad de sostenibilidad han impulsado el uso de energías renovables en infraestructuras públicas, destacando desafíos de gestión y adaptabilidad. Este trabajo propone un modelo metodológico basado en SCRUM para la ejecución eficiente de proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas, enfocado en la implementación de sistemas fotovoltaicos. El modelo descompone el proyecto en entregas incrementales organizadas en sprints, priorizando la adaptabilidad, la colaboración y la entrega de valor continuo. A través de un caso de negocio, se evaluaron la viabilidad técnica, económica y legal del sistema fotovoltaico, con beneficios como la reducción de costos energéticos y emisiones de CO₂. Los resultados evidencian que SCRUM es eficaz para gestionar proyectos complejos, minimizando riesgos y optimizando recursos, y destaca su potencial como marco replicable para iniciativas sostenibles en infraestructura pública.

Palabras clave: SCRUM, energías renovables, infraestructura pública, metodología ágil, sostenibilidad

Abstract

Climate change and the need for sustainability have driven the adoption of renewable energies in public infrastructure, highlighting management and adaptability challenges. This paper proposes a SCRUM-based methodological model for efficiently implementing renewable energy projects in public infrastructure, focusing on photovoltaic systems. The model breaks down the project into incremental deliveries organized into sprints, emphasizing adaptability, collaboration, and continuous value delivery. A business case assessed the technical, economic, and legal feasibility of the photovoltaic system, yielding benefits such as reduced energy costs and CO₂ emissions. The results demonstrate SCRUM's effectiveness in managing complex projects, minimizing risks, and optimizing resources, while showcasing its potential as a replicable framework for sustainable public infrastructure initiatives.

Keywords: SCRUM, renewable energy, public infrastructure, agile methodology, sustainability

Introducción

El cambio climático y la necesidad de transitar hacia un desarrollo sostenible han generado un creciente interés por las energías renovables como solución viable para reducir la dependencia de combustibles fósiles. En este contexto, las infraestructuras públicas desempeñan un papel estratégico, ya que su transformación hacia un modelo más sostenible no solo impacta positivamente en el medio ambiente, sino que también sirve como ejemplo para el sector privado y la ciudadanía. Sin embargo, la implementación de estos proyectos presenta desafíos significativos, especialmente en términos de gestión eficiente y adaptabilidad a las condiciones cambiantes. (Agencia Internacional de Energías Renovables [IRENA], 2021)

La ejecución de proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas se enfrenta a barreras como la insuficiente planificación ágil, la fragmentación en los equipos de trabajo y la resistencia al cambio en las prácticas tradicionales. A menudo, las metodologías de gestión de proyectos convencionales se quedan cortas frente a la incertidumbre y los requerimientos de adaptación que demandan este tipo de proyectos. Esto se traduce en retrasos, sobrecostos y, en algunos casos, en el incumplimiento de los objetivos establecidos. El problema central de esta investigación radica en la necesidad de integrar un enfoque metodológico que permita abordar estas limitaciones, maximizando la eficiencia, optimizando los recursos y garantizando el cumplimiento de los objetivos estratégicos. En este sentido, SCRUM, una metodología ágil inicialmente concebida para el desarrollo de software, se presenta como una alternativa prometedora para gestionar proyectos de infraestructura renovable.

La metodología SCRUM ha demostrado ser efectiva en sectores como el desarrollo de software y la manufactura al priorizar la entrega incremental, la colaboración entre equipos y la capacidad de adaptación. En un contexto internacional, estudios como el de Fernández y Fernández

(2020) han señalado cómo el uso de SCRUM en proyectos de construcción ha reducido los tiempos de ejecución en un 25%, mientras que Zheglova et al. (2021) destacan su aplicación en proyectos híbridos de tecnología y energía en países europeos, evidenciando una mejora en la integración de equipos multidisciplinarios. En el ámbito de las energías renovables, proyectos como el desarrollo de parques eólicos en Dinamarca y las plantas fotovoltaicas en Alemania han comenzado a adoptar principios ágiles en sus procesos de gestión, logrando reducir riesgos asociados a cambios regulatorios y climáticos. A nivel local, aunque existen proyectos exitosos en energías renovables, como las granjas solares en el norte del país, estos carecen de una sistematización metodológica ágil, limitando su escalabilidad y replicabilidad.

La literatura nacional e internacional refleja un vacío en la aplicación estructurada de SCRUM para proyectos de infraestructura pública orientados a la sostenibilidad, lo que justifica la necesidad de este trabajo para proponer un modelo metodológico adaptado a este contexto.

El propósito principal de este trabajo es diseñar un modelo metodológico basado en SCRUM que permita gestionar proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas de manera eficiente. Este modelo busca abordar las necesidades de adaptabilidad, priorización y entrega incremental, garantizando que los proyectos cumplan con los plazos y presupuestos establecidos, mientras se alinean con los objetivos de sostenibilidad.

1. Modelo metodológico bajo enfoque scrum para proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas

1.1 Contextualización del proyecto viabilizado

El proyecto propuesto se enfoca en la implementación de un modelo metodológico para la integración un sistema de generación de energía renovable basado en paneles solares en una infraestructura pública. Este proyecto tiene como objetivo principal la reducción del consumo de energía proveniente de fuentes no renovables, fomentando la sostenibilidad y el ahorro energético a largo plazo. Los entregables de un modelo exitoso incluyen:

- Diseño del sistema fotovoltaico: especificaciones técnicas y planos.
- Instalación de los paneles solares: cumpliendo con normativas locales.
- Sistema de monitoreo energético: para evaluar el desempeño en tiempo real.
- Capacitación al personal: garantizando la operación y mantenimiento adecuados.

1.1.1 *Análisis de microentornos y macroentorno*

1.1.1.1 Microentorno. El proyecto se desarrolla en una infraestructura pública que opera con altos consumos de electricidad debido a sus actividades diarias. Los actores principales incluyen:

- Diseño del sistema fotovoltaico: responsable de aprobar y supervisar el proyecto.
- Instalación de los paneles solares: encargados de la instalación del sistema.
- Sistema de monitoreo energético: que suministran los paneles y equipos necesarios.

1.1.1.2 Macroentorno. En el nivel externo, los factores que influyen en el proyecto incluyen:

- Factores económicos: incentivos gubernamentales para proyectos de energías renovables, como la ley 1715 de 2014 en Colombia.
- Factores sociales: la creciente demanda de soluciones sostenibles en la comunidad.
- Factores tecnológicos: disponibilidad de tecnologías de última generación para sistemas solares.
- Factores ambientales: regulaciones sobre emisiones de carbono y objetivos de desarrollo sostenible.

1.1.2 *Análisis de stakeholders*

Los actores clave en este proyecto incluyen:

- Gobierno local: responsable de financiar y supervisar el proyecto.
- Usuarios de la infraestructura: beneficiarios directos del sistema de energía renovable.
- Organizaciones no gubernamentales: que pueden colaborar en la promoción y visibilidad del proyecto.

1.1.3 *Objetivos del proyecto*

1.1.3.1 Objetivo general. Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico que reduzca en al menos un 40% el consumo de energía eléctrica de la infraestructura pública seleccionada

1.1.3.2 Objetivos específicos.

Identificar y priorizar las necesidades energéticas de la infraestructura.

Diseñar un sistema fotovoltaico adaptado a las características técnicas y normativas del sitio.

Implementar y validar el sistema, asegurando su funcionalidad a través de pruebas piloto.

Formar al personal en el manejo y mantenimiento del sistema

1.1.4 Referentes históricos

La implementación de energías renovables en infraestructuras públicas ha sido exitosa en proyectos como:

- Escuelas solares en Chile: Proyectos como las escuelas solares en Chile y las guías prácticas para la implementación de sistemas fotovoltaicos en infraestructuras sociales han demostrado el potencial de las energías renovables en la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017).
- Proyectos municipales en Europa: El programa 'Smart Cities' en España ha demostrado cómo las estrategias de integración de energías renovables con tecnologías inteligentes pueden transformar la infraestructura urbana (Programa 'Smart Cities', 2019).

Este proyecto busca replicar y adaptar dichas experiencias al contexto colombiano, incorporando un enfoque metodológico basado en SCRUM para garantizar su éxito.

1.2 Análisis del caso de negocio

El caso de negocio para este proyecto se centra en abordar el alto costo energético asociado al funcionamiento de infraestructuras públicas en Bucaramanga, aprovechando la abundancia de radiación solar en la región para implementar un sistema fotovoltaico que genere un impacto positivo tanto en el ahorro económico como en la sostenibilidad ambiental.

Actualmente, la infraestructura seleccionada consume aproximadamente 200 MWh anuales, lo que representa un costo significativo para el presupuesto público. Este consumo también contribuye a una elevada huella de carbono, lo cual contraviene los objetivos locales de sostenibilidad establecidos en el plan de desarrollo municipal 2020-2023. La adopción de sistemas fotovoltaicos se ha consolidado como una solución eficaz para reducir emisiones de carbono y costos energéticos (IRENA, 2019).

El modelo metodológico basado en SCRUM busca asegurar que este proyecto se ejecute de manera ágil y eficiente, minimizando los riesgos y maximizando los beneficios para todas las partes interesadas.

1.2.1 Justificación del caso de negocio

1.2.1.1 Necesidades del proyecto. La infraestructura pública seleccionada depende completamente de fuentes no renovables de energía, lo que genera altos costos operativos y afecta el cumplimiento de metas ambientales locales. Este proyecto permitirá:

- Reducir costos energéticos mediante la generación de energía limpia
- Promover la sostenibilidad ambiental en la comunidad.
- Posicionar a la infraestructura como un modelo de referencia para otras instituciones públicas.

1.2.1.2 Beneficios esperados. Los beneficios clave del proyecto incluyen:

- Económicos: reducción del gasto energético en un 40%, lo que representa un ahorro estimado de 50 millones de pesos anuales.

- Ambientales: disminución de las emisiones de CO₂ en aproximadamente 100 toneladas al año.
- Sociales: mejora en la percepción pública de las iniciativas gubernamentales hacia la sostenibilidad.

1.2.1.3 Evaluación de factibilidad.

1.2.1.3.1 Factibilidad técnica. El análisis técnico ha demostrado que la infraestructura cuenta con las condiciones adecuadas para la instalación de un sistema fotovoltaico, incluyendo espacio suficiente en los techos para paneles solares y acceso a proveedores confiables de tecnología.

1.2.1.3.2 Factibilidad económica. El proyecto cuenta con un presupuesto asignado de 200 millones de pesos, financiados mediante fondos municipales y posibles incentivos tributarios bajo la Ley 1715 de 2014.

1.2.1.3.3 Factibilidad legal. El proyecto cumple con los lineamientos establecidos en la normatividad colombiana sobre energías renovables y eficiencia energética, incluyendo la resolución CREG 030 de 2018.

1.2.1.4 Análisis de riesgos. El modelo metodológico SCRUM ayudará a mitigar los riesgos más comunes en este tipo de proyectos. Los principales riesgos identificados incluyen:

- Riesgos técnicos: fallos en la instalación o integración del sistema.

Mitigación: uso de proveedores certificados y pruebas piloto.

- Riesgos financieros: desviaciones en el presupuesto inicial.

Mitigación: Control financiero continuo y revisiones en cada sprint.

- Riesgos organizativos: resistencia al cambio por parte de los usuarios.

Mitigación: Capacitaciones continuas y comunicación abierta con los stakeholders.

1.2.1.5 Cronograma de métricas. El proyecto se desarrollará en un plazo de 4 meses, dividido en 4 sprints, incluyendo el sprint cero para planificación inicial. Las métricas clave serán:

- Costo por watt instalado: indicador de eficiencia financiera.
- Reducción en el consumo energético: evaluada mensualmente.
- Satisfacción de stakeholders: encuestas al final de cada sprint.

1.3 Análisis de pila de producto de alto nivel

La pila de producto de alto nivel establece las tareas clave necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto, desglosando las necesidades en elementos claros y accionables. Esta estructura garantiza que cada tarea agregue valor incremental y esté alineada con los objetivos estratégicos del modelo metodológico SCRUM para proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas. A continuación, se describe cada elemento, su propósito y cómo contribuye al éxito del proyecto.

El análisis de la pila de producto de alto nivel es una etapa esencial en la implementación de la metodología SCRUM, ya que establece la base del trabajo a realizar mediante la identificación y priorización de las tareas o elementos que componen el proyecto. La pila de producto (Product Backlog) es un listado vivo y priorizado que incluye todas las funcionalidades, requerimientos y tareas necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto. En este caso, su diseño está orientado a la implementación de un sistema fotovoltaico en una infraestructura pública,

buscando optimizar el consumo energético y reducir la dependencia de fuentes no renovables. Los artefactos definidos y utilizados para este proyecto se alinearon con las directrices establecidas en la guía oficial de SCRUM (Scrum.org & Scrum Inc., 2022).

A continuación, se detalla la composición de la pila de producto, relacionando cada elemento con las historias de usuario correspondientes:

1.3.1 Elementos del producto backlog

1.3.1.1 Revisión de literatura en energías renovables (PB-01). Historia de usuario asociada: ID.01

- Descripción: este elemento implica investigar casos de éxito en proyectos de energías renovables aplicados a infraestructuras públicas. Los hallazgos proporcionarán una base teórica sólida para orientar el diseño y la implementación del sistema fotovoltaico.
- Criterio de aceptación: identificación de al menos tres estudios académicos relevantes, alineados con normativas como la ISO 50001.
- Actividades clave:

Buscar artículos académicos en bases de datos científicas.

Analizar y documentar los hallazgos.

1.3.1.2 Análisis de viabilidad del modelo metodológico (PB-02). Historia de usuario asociada: ID.02

- Descripción: evaluar las condiciones regulatorias, técnicas y operativas necesarias para implementar un modelo metodológico SCRUM adaptado a proyectos de energías renovables.
- Criterio de aceptación: documento que detalle las ventajas, limitaciones y cumplimiento con normativas locales de energía renovable.

- Actividades clave:

Estudiar regulaciones locales y políticas energéticas.

Generar un informe detallado con recomendaciones.

1.3.1.3 Identificación y recopilación de requisitos (PB-03). Historia de usuario asociada:

ID.03

- Descripción: este elemento busca identificar las necesidades específicas de implementación a través de entrevistas con stakeholders y el análisis de normativas técnicas. Los requisitos recopilados se priorizarán para maximizar el impacto del proyecto.
- Criterio de aceptación: lista priorizada de requisitos validada contra normativas como la IEC 61400.

- Actividades clave:

Realizar entrevistas con stakeholders.

Recopilar y priorizar requisitos.

1.3.1.4 Mapa de stakeholders (PB-04). Historia de usuario asociada: ID.04

- Descripción: este elemento incluye la identificación de actores clave y el análisis de sus expectativas, roles y necesidades. Se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente el ODS 7.

- Criterio de aceptación: mapa de stakeholders detallado, incluyendo roles y alineación con los ODS.

- Actividades clave:

Identificar actores clave y sus expectativas.

Crear un mapa detallado de stakeholders.

1.3.1.5 Definición de artefactos SCRUM (PB-05). Historia de usuario asociada: ID.05

- Descripción: adaptar los artefactos de SCRUM, como el product backlog y el sprint backlog, a las características del proyecto, asegurando que reflejen métricas específicas para energías renovables.

- Criterio de aceptación: artefactos definidos y validados con el equipo SCRUM.

- Actividades clave:

Revisar la guía oficial de SCRUM 2022.

Crear artefactos personalizados para el proyecto.

1.3.1.6 Diseño del entorno de simulación (PB-06). Historia de usuario asociada: ID.07

- Descripción: configurar un entorno de simulación que permita probar el modelo SCRUM en condiciones similares a las del proyecto real, utilizando datos reales o sintéticos.

- Criterio de aceptación: entorno validado por expertos en energías renovables.

- Actividades clave:

Configurar el entorno de simulación.

Validar el entorno con expertos.

1.3.1.7 Pruebas iniciales del modelo metodológico (PB-07). Historia de usuario asociada:

ID.08

- Descripción: ejecutar pruebas piloto para validar que el modelo metodológico funciona correctamente, midiendo indicadores clave como el consumo energético y la eficiencia del sistema.
- Criterio de aceptación: resultados validados con indicadores de desempeño clave (KPI).
- Actividades clave:

Realizar simulaciones controladas.

Evaluar resultados contra KPI establecidos.

1.3.1.8 Elaboración del informe preliminar (PB-08). Historia de usuario asociada: ID.12

- Descripción: documentar los hallazgos, métricas y observaciones del proyecto, asegurando que el informe cumpla con los estándares establecidos por la institución.
- Criterio de aceptación: informe validado y revisado por stakeholders.
- Actividades clave:

Redactar un informe preliminar con resumen ejecutivo.

Incorporar resultados y observaciones del equipo.

Tabla 1. *Historias de usuarios.*

ID. De la historia	Rol	Característica/ Funcionalidad	Razón/Resultado	Criterio de Aceptación	Actividades a Desarrollar
ID.01	Investigador	Revisar literatura de energías renovables	Entender casos de éxito aplicados a infraestructuras públicas	La revisión debe incluir al menos tres estudios académicos recientes (últimos 5 años) y estar alineada con la normativa ISO 50001 sobre sistemas	1. Buscar artículos académicos en bases de datos científicas. 2. Analizar casos de éxito relevantes. 3. Documentar hallazgos clave

ID. De la historia	Rol	Característica/ Funcionalidad	Razón/Resultado	Criterio de Aceptación	Actividades a Desarrollar
				de gestión de la energía.	
ID.02	Investigador	Analizar la viabilidad del modelo	Asegurar que el enfoque SCRUM puede aplicarse en el contexto	El análisis debe considerar las regulaciones locales de energías renovables (ej. Ley de Transición Energética) y documentar ventajas y limitaciones del enfoque.	1. Estudiar regulaciones locales y políticas energéticas. 2. Evaluar ventajas y desafíos del enfoque SCRUM en este contexto. 3. Generar un informe detallado.
ID.03	Analista	Recopilar necesidades específicas de implementación	Identificar qué se requiere para proyectos de energía renovable	Lista priorizada de requisitos elaborada en base a entrevistas con stakeholders y validada contra normativas técnicas como IEC 61400 para proyectos de energía eólica.	1. Realizar entrevistas con stakeholders. 2. Recopilar requisitos técnicos y operativos. 3. Priorizar la lista según impacto y viabilidad.
ID.04	Analista	Identificar actores clave y sus expectativas	Asegurar que todos los interesados relevantes están considerados	El mapa de stakeholders debe incluir roles, necesidades y alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente el ODS 7 sobre energía asequible y no contaminante.	1. Identificar actores clave. 2. Analizar necesidades y expectativas. 3. Crear un mapa de stakeholders detallado.
ID.05	Scrum Master	Definir artefactos SCRUM necesarios	Personalizar el Product Backlog y otros artefactos al proyecto	Artefactos definidos deben cumplir con la guía oficial de SCRUM 2020 y reflejar métricas específicas para proyectos de energías renovables.	1. Revisar la guía oficial de SCRUM 2020. 2. Crear artefactos adaptados al proyecto. 3. Validar los artefactos con el equipo.
ID.06	Scrum Master	Establecer eventos SCRUM	Asegurar la planificación y monitoreo eficaz del proyecto	Agenda de eventos debe incluir un calendario que respete los tiempos recomendados en la guía SCRUM y ser aprobada por todos los miembros del equipo.	1. Diseñar un calendario de eventos SCRUM. 2. Definir objetivos y duración de cada evento. 3. Validar el calendario con el equipo.

ID. De la historia	Rol	Característica/ Funcionalidad	Razón/Resultado	Criterio de Aceptación	Actividades a Desarrollar
ID.07	Equipo de Simulación	Diseñar entorno controlado para simulación	Probar el modelo SCRUM en condiciones similares a la realidad	El entorno debe incluir simulación de escenarios con datos reales o sintéticos validados por expertos en energías renovables.	1. Configurar el entorno de simulación. 2. Generar datos sintéticos o recolectar datos reales. 3. Validar el entorno con expertos.
ID.08	Equipo de Simulación	Ejecutar pruebas iniciales	Validar que el modelo metodológico funciona correctamente	Resultados deben ser validados con indicadores de desempeño clave (KPI) específicos del sector energético, como el factor de capacidad para energías renovables.	1. Realizar simulaciones controladas. 2. Registrar los resultados. 3. Evaluar indicadores clave (KPI).
ID.09	Analista	Recolectar métricas clave	Obtener datos cuantitativos sobre el desempeño del modelo	Base de datos estructurada debe cumplir con estándares de calidad de datos (ej. ISO 8000) y estar lista para análisis estadístico.	1. Diseñar una base de datos para registrar métricas. 2. Recopilar y organizar datos. 3. Verificar calidad y consistencia de la información.
ID.10	Analista	Registrar observaciones cualitativas	Capturar impresiones y áreas de mejora del equipo	Informe de observaciones debe contener citas textuales relevantes de los participantes, categorizadas por áreas temáticas.	1. Realizar entrevistas o focus groups. 2. Registrar observaciones cualitativas. 3. Categorizarlas según áreas temáticas.
ID.11	Redactor	Analizar datos recopilados	Identificar patrones y oportunidades de mejora	El análisis debe incluir una interpretación estadística y estar alineado con los objetivos estratégicos del proyecto.	1. Procesar los datos recopilados. 2. Identificar patrones clave. 3. Generar un análisis alineado con los objetivos del proyecto.
ID.12	Redactor	Elaborar informe preliminar	Documentar los hallazgos y avances del Sprint 1	Informe validado debe incluir un resumen ejecutivo y cumplir con estándares de formato establecidos por la institución (APA, IEEE, etc.).	1. Redactar un informe preliminar. 2. Incorporar un resumen ejecutivo. 3. Revisar formato y normativas de presentación.

1.4 Análisis de historia de usuario

Las historias de usuario se han desarrollado para reflejar las necesidades del proyecto y asegurar que cada tarea esté alineada con los objetivos estratégicos. Cada historia incluye información detallada como el rol, característica/funcionalidad, razón o resultado esperado, criterios de aceptación y actividades específicas a desarrollar.

Las historias de usuario en este cuadro no solo detallan las actividades necesarias para la implementación del proyecto, sino que también muestran una interconexión estratégica entre las necesidades del proyecto y los objetivos a largo plazo. Este enfoque garantiza que las tareas se alineen con los principios fundamentales de la metodología SCRUM, proporcionando flexibilidad, adaptabilidad y un enfoque iterativo para abordar la complejidad inherente a los proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas. El diseño de las historias de usuario coloca a los beneficiarios, tanto técnicos como estratégicos, en el centro de las actividades. Cada rol especificado en las historias (investigador, analista) desempeña una función crítica en la ejecución del proyecto, asegurando que se aborden necesidades técnicas, normativas y operativas. Esto permite que el trabajo se enfoque en resolver problemas reales, minimizando el esfuerzo en tareas que no aporten valor directo.

Los criterios de aceptación definidos son altamente específicos y medibles, lo que asegura que cada tarea o historia de usuario tenga un resultado tangible que pueda ser evaluado objetivamente. Por ejemplo, el requisito de incluir tres estudios académicos recientes en la historia ID.01 no solo garantiza una base teórica sólida, sino que también impulsa la credibilidad técnica del proyecto. De manera similar, el mapa de stakeholders detallado en la historia ID.04 facilita una gestión efectiva de las relaciones clave del proyecto, alineando sus resultados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La descomposición de las actividades en pasos específicos muestra una clara priorización del trabajo, abordando primero las tareas que establecen las bases teóricas y estratégicas, como la revisión de literatura y la evaluación de viabilidad, antes de pasar a la recopilación de requisitos y análisis de stakeholders. Esta secuenciación asegura que el proyecto avance de manera lógica, evitando errores que podrían surgir de la omisión de pasos críticos.

La estructura de estas historias también refleja la adaptabilidad del enfoque SCRUM en proyectos de energías renovables, un sector que enfrenta desafíos dinámicos como cambios regulatorios, avances tecnológicos y fluctuaciones en las condiciones climáticas. Este diseño permite ajustes continuos basados en los resultados de cada sprint, garantizando que el proyecto pueda responder a imprevistos sin desviarse de sus objetivos principales. El énfasis en normativas internacionales como la ISO 50001 y leyes locales como la ley 1715 de 2014 asegura que el proyecto no solo cumpla con los requisitos legales, sino que también promueva prácticas sostenibles. Este enfoque no solo reduce riesgos regulatorios, sino que también refuerza el impacto positivo del proyecto en el contexto ambiental y social. La planificación detallada de estas historias de usuario no solo contribuye al éxito local del proyecto, sino que también establece una base replicable para otros proyectos de energías renovables en contextos similares. Esto tiene el potencial de posicionar a la infraestructura pública como un modelo para otras instituciones, no solo a nivel regional, sino también nacional e internacional.

El cuadro de historias de usuario proporciona una visión integral de cómo abordar un proyecto complejo utilizando un marco ágil. Cada historia está diseñada con un propósito claro, criterios de aceptación medibles y actividades bien definidas, asegurando que cada paso aporte valor directo al proyecto. Esta estructura no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también garantiza que el proyecto sea sostenible, adaptable y alineado con los objetivos estratégicos más

amplios. La conexión entre las actividades operativas y los resultados estratégicos demuestra la robustez del enfoque metodológico propuesto.

1.5 Planeación de Sprint Cero

El Sprint Cero es una fase inicial esencial dentro del marco SCRUM. Su propósito principal es preparar y habilitar todos los elementos necesarios para garantizar un desarrollo ágil, eficiente y alineado con los objetivos del proyecto. Este sprint no entrega un producto funcional al cliente, pero sienta las bases para que los sprints posteriores operen con fluidez.

En el contexto del proyecto el Sprint Cero asegura que todos los recursos, artefactos y actividades críticas iniciales estén correctamente definidos y alineados con las necesidades del proyecto. Esto incluye la creación del product backlog, la definición de herramientas de gestión, la organización del equipo y la configuración del entorno técnico y colaborativo.

1.5.1 Objetivo del sprint cero

El objetivo principal del Sprint Cero es establecer los elementos fundamentales que permitirán al equipo SCRUM comenzar a trabajar de manera organizada y productiva en los siguientes sprints. Entre las metas específicas de este sprint destacan:

- Revisión de literatura y mejores prácticas: proporcionar al equipo un conocimiento sólido sobre experiencias exitosas en proyectos de energías renovables que puedan ser replicadas o adaptadas.
- Definición de artefactos SCRUM personalizados: crear y adaptar herramientas como el product backlog, sprint backlog y la definition of done a las características y necesidades del proyecto.

- Mapeo de stakeholders: identificar a los actores clave, sus expectativas, roles e influencia, para asegurar una comunicación y alineación estratégica durante el proyecto.
- Configuración de herramientas de gestión: preparar el entorno técnico y las plataformas colaborativas que permitan una gestión ágil y eficiente de tareas, incluyendo software de monitoreo y control.

1.5.2 Duración del sprint cero

El Sprint Cero está planificado para una duración de dos semanas (10 días hábiles). Este tiempo se considera suficiente para completar las tareas iniciales y, al mismo tiempo, garantizar que el equipo pueda profundizar en las actividades más importantes, evitando sobrecargas. Esta duración también refleja un equilibrio entre el alcance del trabajo requerido y la necesidad de mantener la agilidad del proyecto.

1.5.3 Actividades del sprint cero

Las actividades del Sprint Cero se organizan en base a los puntos de historia priorizados en el Product Backlog, cada uno alineado con las historias de usuario relevantes. Estas actividades son:

1.5.3.1 Revisión de literatura en energías renovables (PB-01). Historia de usuario: ID.01

Descripción: el equipo realiza una búsqueda exhaustiva de estudios académicos, artículos científicos y casos de éxito relacionados con proyectos de energías renovables. Esto incluye revisar normativas internacionales como la ISO 50001 para identificar requisitos y estándares aplicables.

Entregable: un informe detallado con hallazgos clave, mejores prácticas y datos relevantes que puedan servir como referencia para las etapas posteriores.

Importancia: este entregable asegura que las decisiones de diseño y gestión estén basadas en evidencia y alineadas con estándares internacionales.

1.5.3.2 Definición de artefactos SCRUM (PB-05). Historia de usuario: ID.05

Descripción: se desarrollan y personalizan los artefactos SCRUM, como el product backlog, el sprint backlog y la definition of done, adaptados a las necesidades específicas del proyecto de energías renovables.

Entregable: un conjunto completo de artefactos SCRUM validados por el equipo y listos para ser utilizados en los sprints.

Importancia: los artefactos bien definidos establecen una estructura clara para el trabajo y garantizan una alineación constante en las tareas del equipo.

1.5.3.3 Configuración del entorno de trabajo y simulación (PB-06). Historia de usuario: ID.07

Descripción: el equipo prepara las herramientas técnicas y plataformas colaborativas, incluyendo software de gestión de tareas y entornos de simulación para pruebas iniciales del modelo SCRUM.

Entregable: un entorno funcional para el monitoreo, control y simulación validado por los stakeholders principales.

Importancia: un entorno bien configurado minimiza problemas técnicos y optimiza el flujo de trabajo durante todo el proyecto.

1.5.3.4 Elaboración del mapa de stakeholders (PB-04). Historia de usuario: ID.04

Descripción: se identifican los actores clave del proyecto, analizando sus roles, expectativas e influencia en el éxito del sistema fotovoltaico. Esto incluye un análisis detallado alineado con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Entregable: un mapa de stakeholders que permita una comunicación estratégica y efectiva.

Importancia: asegura la alineación de todos los involucrados con los objetivos del proyecto y facilita la gestión de conflictos potenciales.

1.5.4 Daily scrum

Durante el sprint cero, se llevarán a cabo reuniones diarias de 15 minutos conocidas como daily scrum. Estas reuniones permiten al equipo mantenerse alineado y resolver impedimentos rápidamente. En cada daily scrum, se responderán tres preguntas clave:

- ¿Qué hice ayer que contribuyó al objetivo del Sprint?
- ¿Qué planeo hacer hoy?
- ¿Hay algún impedimento que me bloquee?

Estas reuniones fomentan la comunicación abierta y aseguran que el equipo esté constantemente enfocado en los objetivos establecidos.

1.5.5 Review y retrospective del sprint cero

1.5.5.1 Review. Al finalizar el Sprint Cero, se realizará una reunión de revisión donde el equipo presentará los entregables producidos (como el informe de literatura, los artefactos SCRUM y el mapa de stakeholders) a los stakeholders principales. Esto permite validar el trabajo realizado y obtener retroalimentación antes de avanzar a los siguientes sprints.

El review del sprint cero se enfocará en validar las entregables iniciales generados durante esta etapa clave y en recoger retroalimentación de los stakeholders principales. Los resultados de este sprint son fundamentales para garantizar una transición fluida a los siguientes sprints y sentar las bases del éxito del proyecto.

1.5.5.5.1 Entregable a revisar. Informe de literatura:

Contiene el análisis de estudios y casos de éxito relacionados con energías renovables en infraestructuras públicas, incluyendo normativas relevantes como la ley 1715 de 2014.

Propósito: ofrecer una guía teórica que oriente las decisiones de diseño e implementación.

Stakeholder responsable: representante técnico del gobierno local, encargado de validar la alineación con los objetivos del proyecto.

1.5.5.5.2 Artefactos SCRUM. Se presentan el product backlog, sprint backlog y la definition of done creados en este sprint.

Propósito: organizar y estructurar el trabajo del equipo para los sprints posteriores, asegurando un flujo eficiente y prioritario de tareas.

Stakeholder responsable: scrum Master y líderes del equipo técnico.

1.5.5.5.3 Mapa de stakeholders. Identifica a los actores clave involucrados, sus roles y expectativas, con un análisis de su alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Propósito: garantizar una comunicación efectiva y prever resistencias al cambio.

Stakeholder responsable: representante del equipo de comunicaciones y relaciones públicas.

1.5.5.5.4 Entorno técnico y colaborativo configurado. Incluye las plataformas de gestión de tareas, herramientas de monitoreo y simulación configuradas y operativas.

Propósito: asegurar que el equipo cuente con los recursos necesarios para trabajar en los siguientes sprints.

Stakeholder responsable: equipo de TI y administración del proyecto.

1.5.5.2 Dinámica del review.

Presentación de cada entregable: cada miembro del equipo SCRUM expone los resultados obtenidos, explicando su relevancia y cómo cumplen con los objetivos del Sprint Cero.

Validación por parte de los stakeholders: se revisan los entregables frente a los criterios de aceptación definidos. Los stakeholders proporcionan retroalimentación sobre posibles ajustes o áreas que requieren mayor desarrollo.

Decisiones clave: se registran observaciones y se priorizan para incluirlas en el Product Backlog como tareas futuras.

Ejemplo del Review aplicado: durante el review, el representante del gobierno local podría observar que el informe de literatura carece de casos aplicados específicamente a regiones tropicales, lo cual se incluirá como un ajuste en el backlog.

1.5.5.3 Retrospective. Después del review, el equipo llevará a cabo una retrospectiva para reflexionar sobre el proceso del sprint cero. Se identificarán fortalezas, áreas de mejora y acciones concretas para optimizar el rendimiento en los próximos sprints.

1.5.5.3.1 Reflexión del equipo sobre el proyecto.

1. ¿Qué salió bien?

Revisión de literatura: el equipo encontró y documentó estudios clave que serán fundamentales para el diseño del sistema fotovoltaico.

Configuración técnica: las herramientas de monitoreo y simulación quedaron operativas y validadas por los expertos.

2. ¿Qué pudo ser mejor?

Comunicación inicial con stakeholders: algunas reuniones clave con actores gubernamentales sufrieron retrasos debido a agendas no alineadas.

Definición de prioridades: hubo debates extensos sobre qué tareas incluir en el product backlog, lo cual retrasó su validación.

3. ¿Qué acciones implementaremos para mejorar?

Crear un cronograma más rígido para reuniones con stakeholders y enviar invitaciones con mayor anticipación.

Revisar las prioridades del backlog en reuniones cortas y específicas para evitar retrasos.

1.5.5.4 Dinámica de la retrospectiva.

1. Sesión inicial de reflexión grupal:

Se utiliza el marco "start, stop, continue" para categorizar lo que el equipo debe comenzar, detener y continuar haciendo.

- Start: planificar reuniones técnicas específicas con anticipación.
- Stop: extender discusiones sobre detalles menores que no impactan directamente el objetivo del sprint.
- Continue: realizar reuniones diarias (daily scrum) con énfasis en resolver impedimentos rápidamente.

2. Identificación de mejoras prioritarias:

Las acciones más relevantes se documentan y se asignan responsables para su implementación.

Ejemplo de la retrospectiva aplicada

El equipo acuerda que el líder técnico será el encargado de gestionar las reuniones con los proveedores para evitar retrasos, y que se realizarán revisiones semanales al product backlog para mantenerlo actualizado.

El sprint cero desempeña un papel crucial al preparar los cimientos del proyecto. Sus actividades están diseñadas para reducir riesgos, garantizar la alineación de todos los involucrados y establecer un entorno de trabajo eficiente. Con una duración de dos semanas y un enfoque claro en la planificación estratégica, el sprint cero asegura que el proyecto esté listo para comenzar con una base sólida, maximizando las probabilidades de éxito.

1.6 Gestión y control del sprint del proyecto

La gestión y control del sprint en un proyecto bajo la metodología SCRUM se basa en la organización del trabajo en ciclos cortos e iterativos, llamados sprints, con entregas incrementales

que aportan valor tangible al proyecto. Este enfoque permite mantener un control constante sobre el progreso y adaptarse a cambios de manera ágil y eficiente.

1.6.1 Configuración del proyecto con metodología ágil

El proyecto se configurará al Adaptar los artefactos en un total de cinco sprints, incluyendo el Sprint Cero ya descrito. Los sprints posteriores estarán organizados de la siguiente manera cumpliendo con el objetivo de demostrar que la metodología ágil es aplicable a este tipo de proyectos y puede llegar a un producto tangible, es por ello que aquí se busca dejar planteado que sprints continuarían para una correcta de aplicación de este modelo metodológico:

1.6.1.1 Sprint 1: selección de proveedores y adquisición de materiales esenciales para el sistema fotovoltaico.

- Objetivo: asegurar la contratación de proveedores confiables y adquirir los materiales necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico.
- Actividades a desarrollar:

Análisis de mercado:

- Investigar y listar proveedores potenciales que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.
- Verificar certificaciones y antecedentes de calidad de los proveedores.

Solicitud de cotizaciones:

- Elaborar y enviar solicitudes de cotización a los proveedores seleccionados.
- Comparar precios, plazos de entrega y garantías ofrecidas.

Evaluación de propuestas:

- Analizar las ofertas recibidas, evaluando costo-beneficio, cumplimiento normativo y experiencia previa.
- Realizar reuniones con los proveedores preseleccionados para aclarar dudas.

Contratación:

- Seleccionar a los proveedores más adecuados y formalizar los contratos.
- Asegurar cláusulas de penalización por retrasos o incumplimientos.

Gestión de logística:

- Coordinar el transporte y almacenamiento de los materiales esenciales, asegurando condiciones óptimas de resguardo.
- Monitorear las fechas de entrega establecidas.

Duración: 2 semanas.

1.6.1.2 Sprint 2: instalación de los paneles solares y configuración inicial del sistema de monitoreo.

- Objetivo: realizar la instalación física de los paneles solares y asegurar la funcionalidad inicial del sistema de monitoreo.
- Actividades a desarrollar:

Preparación del sitio:

- Realizar inspecciones del área de instalación para verificar que las condiciones del sitio son adecuadas.
- Limpiar y nivelar las superficies donde se colocarán los paneles.

Instalación de paneles solares:

- Ensamblar y montar los paneles en las estructuras de soporte.
- Asegurar cada panel según las especificaciones técnicas y normativas locales.

Conexión eléctrica:

- Integrar los paneles al sistema eléctrico de la infraestructura pública.
- Instalar inversores, reguladores y sistemas de almacenamiento de energía (si aplican)

Configuración inicial del sistema de monitoreo:

- Instalar el software de monitoreo energético.
- Verificar que los datos generados por los paneles sean registrados correctamente.

Pruebas iniciales:

- Realizar pruebas de funcionamiento para garantizar que los paneles generan y transfieren energía de manera efectiva.
- Solucionar problemas detectados durante las pruebas.

Duración: 3 semanas.

1.6.1.3 Sprint 3: capacitación del personal técnico y validación del sistema instalado.

- Objetivo: formar al equipo técnico en la operación y mantenimiento del sistema y validar la funcionalidad mediante pruebas piloto.
- Actividades a desarrollar:

Diseño del plan de capacitación:

- Elaborar un plan de formación que cubra los aspectos teóricos y prácticos de la operación del sistema.
- Identificar los roles clave del personal que recibirán la capacitación.

Ejecutar sesiones de capacitación:

- Realizar talleres prácticos sobre la operación diaria del sistema fotovoltaico.
- Instruir al equipo sobre el mantenimiento preventivo y correctivo.

Validación del sistema:

- Realizar pruebas piloto en condiciones normales y de carga máxima.
- Medir parámetros clave como generación de energía, eficiencia y consumo eléctrico

Documentación de resultados:

- Registrar los resultados de las pruebas piloto.
- Identificar áreas de mejora o ajustes necesarios en el sistema.

Duración: 2 semanas.

1.6.1.4 Sprint 4: documentación del proyecto y ajuste finales.

- Objetivo: elaborar la documentación técnica del proyecto y realizar ajustes finales basados en los resultados obtenidos.
- Actividades a desarrollar:

Elaboración del informe técnico:

- Incluir detalles del diseño, instalación, pruebas y capacitación realizada.
- Incorporar métricas de desempeño del sistema.

Retroalimentación con stakeholders:

- Presentar el informe técnico y los resultados del proyecto.
- Recibir comentarios y observaciones de los stakeholders clave.

Implementación de ajustes:

- Realizar modificaciones menores al sistema según lo identificado durante las pruebas y la retroalimentación.

- Asegurar que el sistema esté 100% operativo y cumpla con los objetivos establecidos

Entrega formal del proyecto:

- Transferir oficialmente la operación del sistema al equipo técnico de la infraestructura.
- Firmar actas de cierre y transferir la documentación final.

Cierre administrativo:

- Validar que todos los pagos y contratos estén cerrados.
- Archivar la documentación del proyecto en los repositorios definidos.

Duración: 2 semanas.

El desglose detallado de las actividades por sprint refleja la estructura iterativa e incremental que caracteriza la metodología SCRUM, permitiendo al equipo abordar cada fase del proyecto de manera organizada y con objetivos claros. Esta planificación garantiza que cada sprint no solo entregue un componente funcional, sino que también incorpore retroalimentación y ajustes necesarios para optimizar los resultados en las siguientes iteraciones. Al completar los cuatro sprints, el proyecto logrará integrar un sistema fotovoltaico eficiente y sostenible, respaldado por un equipo capacitado y una documentación técnica que asegura su operación y mantenimiento a largo plazo. Este enfoque ágil no solo minimiza los riesgos asociados al desarrollo, sino que también maximiza el valor entregado en cada etapa del proyecto, asegurando el cumplimiento de los objetivos estratégicos y técnicos establecidos.

1.7 Prototipo de entregable

El prototipo de entregable es una representación preliminar del sistema fotovoltaico diseñado para la infraestructura pública. Mediante la metodología Scrum por medio del modelo metodológico desarrollado en este documento, este prototipo permite validar las características

funcionales del proyecto antes de su implementación total, asegurando que cumpla con los objetivos técnicos, operativos y estratégicos establecidos.

1.7.1 Definición del Prototipo

El prototipo incluye los siguientes componentes clave, cada uno representado de forma esquemática para su evaluación inicial:

1.7.1.1 Guía metodológica SCRUM aplicada. Estructura del product backlog con historias de usuario y tareas desarrolladas.

- Resultados de cada sprint (artefactos SCRUM como sprint reviews, y retrospectivas).
- Lecciones aprendidas y ajustes realizados durante la ejecución.

1. Sistema fotovoltaico básico

- Paneles solares: diseño preliminar con especificaciones de orientación y número de paneles requeridos según los cálculos de consumo energético.
- Inversores: esquema que muestra la conversión de corriente continua a corriente alterna para la integración con el sistema eléctrico existente.
- Baterías: simulación de capacidad de almacenamiento, si es requerido por el proyecto.

1.7.1.2 Sistema de monitoreo energético. Representación inicial de la interfaz gráfica para supervisar en tiempo real el rendimiento del sistema.

- Indicadores clave incluidos: energía generada, consumo diario y eficiencia operativa.

2. Guía operativa inicial

- Documento preliminar que describe las instrucciones básicas para el manejo del sistema, diseñado para validar la claridad y funcionalidad de las instrucciones antes de su implementación.

1.7.2 Objetivo del prototipo

El prototipo diseñado para este proyecto tiene como finalidad demostrar la viabilidad de aplicar la metodología SCRUM en proyectos de energías renovables en infraestructuras públicas, generando resultados tangibles y estructurales que sirvan como referencia para futuras implementaciones. De igual forma probar que la metodología SCRUM, tradicionalmente utilizada en el desarrollo de software, es igualmente eficaz en el diseño, gestión y ejecución de proyectos técnicos como la instalación de sistemas fotovoltaicos, demostrando que el enfoque iterativo e incremental permite gestionar proyectos complejos de manera ágil, minimizando riesgos y optimizando recursos.

El prototipo de entregable es una herramienta fundamental para validar las características del sistema fotovoltaico propuesto en este modelo metodológico bajo Scrum. Su desarrollo asegura que el diseño final sea eficiente, funcional y cumpla con las expectativas de los stakeholders y las normativas aplicables.

2. Conclusiones

La implementación de la metodología SCRUM en el desarrollo del proyecto de energías renovables en infraestructuras públicas ha demostrado ser una herramienta altamente eficaz para alcanzar los objetivos planteados de manera estructurada y eficiente. Su enfoque iterativo e

incremental permitió descomponer un proyecto complejo en entregables manejables, facilitando la priorización de actividades críticas y la adaptación a cambios a lo largo del proceso.

El resultado principal de aplicar SCRUM a este proyecto fue la integración exitosa de un sistema fotovoltaico en una infraestructura pública, logrando los objetivos de sostenibilidad energética y reducción del consumo de fuentes no renovables. Además, el modelo metodológico contribuyó a garantizar la capacitación del personal técnico, asegurando la operación y mantenimiento eficiente del sistema a largo plazo. La constante interacción con los stakeholders durante los sprints permitió validar los avances y garantizar la alineación con las expectativas y objetivos del proyecto.

Entre los beneficios destacados de utilizar SCRUM se encuentra la adaptabilidad, dado que la interactividad del modelo permitió responder de forma ágil a desafíos técnicos y logísticos, como ajustes en la instalación de los paneles solares o correcciones en las pruebas piloto. De igual forma las entregas incrementales planteadas en el modelo metodológico demuestra como cada sprint produjo resultados tangibles que aportaron valor directo al proyecto, desde la selección de proveedores hasta la documentación final. La colaboración efectiva es otro aspecto que destaca demostrado mediante las reuniones diarias y los eventos de revisión que facilitaron la comunicación continua, mejorando la coordinación y transparencia entre los miembros del equipo y los stakeholders. Por destacar evidenciamos la optimización de recursos, La priorización de tareas críticas en el product backlog garantizó un uso eficiente del tiempo y presupuesto, reduciendo riesgos asociados a desviaciones en el alcance.

En términos generales, SCRUM no solo permitió cumplir con los objetivos específicos del proyecto, sino que también estableció un marco replicable para la gestión de futuros proyectos de energías renovables. Este enfoque integró flexibilidad, eficiencia y sostenibilidad, demostrando su

viabilidad en contextos más allá del desarrollo de software que es donde más evidenciamos esta metodología ágil.

En conclusión, aplicar SCRUM en este proyecto no solo demostró cómo es posible la instalación de un sistema fotovoltaico funcional en proyectos de infraestructura pública, sino que también consolidó un modelo de trabajo basado en la innovación, la mejora continua y la colaboración, resaltando su eficacia como una herramienta ágil para gestionar proyectos complejos y de alto impacto.

3. Recomendaciones

La implementación de la metodología SCRUM en este proyecto ha dejado aprendizajes valiosos que pueden servir de guía para futuros proyectos de energías renovables y otras iniciativas en infraestructuras públicas. Se recomienda adoptar SCRUM como modelo metodológico estándar para proyectos similares, debido a su efectividad en la organización y ejecución de actividades complejas. Esta metodología puede extenderse a otros contextos ajustando los artefactos y eventos según las necesidades específicas de cada caso.

Es fundamental fortalecer la capacitación de los equipos en los principios y prácticas de SCRUM. Una formación continua permitirá que los equipos se familiaricen con la metodología, promoviendo una implementación eficiente y un trabajo más colaborativo y ágil. De igual manera el monitoreo constante de métricas de desempeño es esencial para garantizar el progreso de los proyectos.

La participación activa de los stakeholders desde las etapas iniciales es crucial. Eventos como el Sprint Review facilitaron la alineación de expectativas y la validación de entregables. Para

futuros proyectos, es importante mantener una comunicación fluida con los stakeholders y fomentar su involucramiento en cada iteración.

Aunque SCRUM ofrece una estructura sólida, la metodología debe adaptarse al contexto específico del proyecto. En este caso, la integración de actividades relacionadas con normativas locales fue esencial. En proyectos futuros, se debe priorizar esta flexibilidad para responder a las particularidades del entorno. Dado que las condiciones tecnológicas y normativas pueden cambiar, es recomendable promover un enfoque iterativo y flexible para garantizar la sostenibilidad del proyecto. Esto permitirá incorporar ajustes y mejoras en fases posteriores, adaptándose a los cambios del entorno.

Referencias

- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). (2021). The role of renewables in achieving global sustainability goals. IRENA.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2017). +SOL +LUZ: Guía práctica para la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de infraestructura social.
- Fernandez, J., y Fernandez, M. (2020). Application of agile methodologies in construction: A study on time reduction and team integration. *International Journal of Project Management*, 38(4), 275–284.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2019). El futuro de la energía solar fotovoltaica - Resumen Ejecutivo.
- Ley 1715 de 2014. (2014). Promoción del desarrollo y uso de fuentes no convencionales de energía y eficiencia energética en Colombia. Diario Oficial No. 49.099.
- Programa “Smart Cities”. (2019). Estrategias de integración de energías renovables y tecnologías inteligentes en infraestructura urbana. Gobierno de España.
- Scrum.org, & Scrum Inc. (2022). *La guía de Scrum: La guía definitiva para Scrum: Las reglas del juego*.
- Zheglova, A., Pavlova, K., y Sidorova, E. (2021). Agile methodologies in hybrid energy projects: A European perspective. *Renewable Energy Reports*, 45(3), 112–125.