

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	30-09-2024	C
	Dependencia	Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(65)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Pedro Luis Peña Jaramillo		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Mecánica		
DIRECTOR	MSc. Jhon Arévalo Toscano		
CODIRECTOR (si aplica)	No aplica		
TÍTULO DE LA TESIS	Acompañamiento en la oficina técnica para la construcción de la obra civil y mecánica del sistema solar fotovoltaico denominado Parque Solar Jardín, ubicado en el Corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar - Cesar, Colombia		
TITULO EN INGLES	Technical office support for the construction of the civil and mechanical works of the photovoltaic solar system called Jardín Solar Park, located in the Corregimiento of Valencia de Jesús, Valledupar - Cesar, Colombia		
RESUMEN (70 palabras)			
La construcción del parque solar Jardín en valencia de Jesús, Valledupar, tuvo como objetivo, apoyar actividades civiles y mecánicas: Zanjas tipo DC, control de maquinaria y supervisión de estructuras fotovoltaicas. Se aplicó una metodología de participación en campo, informes técnicos, registros fotográficos y herramientas digitales. Los resultados cumplieron los objetivos, fortaleciendo la trazabilidad operativa, optimizando procesos internos y consolidando conocimientos prácticos en infraestructura energética, aportando al desarrollo personal y profesional.			
RESUMEN EN INGLES			
This project proposes an update plan for procedures, tasks, and coating services applied to Caterpillar equipment used in coal mining at Cerrejón Glencore. The study diagnoses the current state, designs improvements aligned with technical standards and client specifications, and incorporates customer satisfaction evaluation. The proposal strengthens service management, enhances technical quality, and ensures operational sustainability in a highly demanding mining environment.			
PALABRAS CLAVES	Módulos fotovoltaicos, Manual PVH, Formatos preoperacionales, Informes PPI, Trackers, Inversores.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Photovoltaic modules, PVH Manual, Pre-operational formats, PPI reports, Trackers, Inverters.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 65	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 32	CD-ROM:



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Acompañamiento en la oficina técnica para la construcción de la obra civil y mecánica del sistema solar fotovoltaico denominado Parque Solar Jardín, ubicado en el Corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar - Cesar, Colombia

Pedro Luis Peña Jaramillo

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Mecánica

MSc. Jhon Arévalo Toscano

22 de noviembre 2025

Índice

Introducción	9
1.Acompañamiento en la oficina técnica para la construcción de la obra civil y mecánica del sistema solar fotovoltaico denominado Parque Solar Jardín, ubicado en el Corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar - Cesar, Colombia	10
1.1. Descripción breve de la empresa.....	10
1.1.1. Misión.....	10
1.1.2. Visión.....	11
1.1.3. Objetivos de la empresa.....	11
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.....	12
1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado	13
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	13
1.2.1. Planteamiento del problema	14
1.3. Objetivos de la pasantía.....	15
1.3.1. General.....	15
1.3.2. Específicos.....	15
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma	15
2.Enfoques referenciales.....	17
2.1. Enfoque conceptual.....	17
2.1.1. Energía solar fotovoltaica.....	17

2.1.2. Diseño e instalación de sistemas solares fotovoltaicos	18
2.1.3. Gestión de recursos y control de equipos en obra	18
2.1.4. Monitoreo y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos	18
2.1.5. Sostenibilidad y transición energética	19
2.2. Enfoque legal.....	19
2.2.1. Ley 1715 de 2014 – Uso de fuentes no convencionales de energía	20
2.2.2. Decreto 2143 de 2015 -Reglamentación de la ley 1715.....	20
2.2.3. Resolución CREG 030 de 2018 – Generación distribuida	21
2.2.4. Normas técnicas RETIE y RETILAP	21
2.2.4.1. RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas).	21
2.2.4.2. RETILAP (reglamento técnico de iluminación y alumbrado público).	21
2.2.5. Normatividad ambiental	22
2.2.5.1. Ley 99 de 1993.....	22
2.2.5.2. Decreto 1076 de 2015.	22
2.2.5.3. Resolución 1402 de 2018 (ANLA).	22
2.2.6. Normas laborales y de seguridad en obra	22
2.2.6.1. Ley 1562 de 2012.....	23
2.2.6.2. Resolución 0312 de 2019.....	23
2.2.7. Régimen contractual y control documental	23
2.2.7.1. Código de comercio colombiano	23

2.2.7.2. Ley 80 de 1993.....	23
3. Informe de cumplimiento de trabajo.....	24
3.1. Presentación de resultados	24
3.1.1. Fase 1: Construcción de Zanjas tipo DC	24
3.1.2. Fase 2: Control y registro de maquinaria y equipos menores.....	36
3.1.3. Fase 3: Supervisión del hincado de incas metálicas	45
4.Diagnóstico final.....	56
Referencias.....	63

Lista de figuras

Figura 1. Organigrama Green Energy Builders	12
Figura 2. Vista parcial de los planos de Zanjas DC	24
Figura 3. Tipos de Zanjas DC	25
Figura 4. Replanteo y marcado de terreno	26
Figura 5. Excavación maquinaria	27
Figura 6. Extensión de capa de arena.....	28
Figura 7. Instalación de tubería.....	29
Figura 8. Extensión de segunda capa de arena	30
Figura 9. Cinta roja de peligro eléctrico	31
Figura 10. Relleno con material de sitio	32
Figura 11. Informe PPI (Plan de Puntos de Inspección) – comprobación de sección	33
Figura 12. Informe PPI comprobación de arena	34
Figura 13. Informe PPI instalación de ductos	35
Figura 14. Base de datos de maquinaria	36
Figura 15. Formato de conciliación de maquinaria	37
Figura 16. Resumen de actas	38
Figura 17. Base de datos 2 – equipos menores de obra	39
Figura 18. Formato de conciliación de equipos menores	40
Figura 19. Resumen de equipos menores	41
Figura 20. Inspección preoperacional de equipos.....	43
Figura 21. Continuación de Preoperacional.....	44

Figura 22. Vista seccionada de instalación de módulos del parque.....	45
Figura 23. Reuniones diarias equipo de topografía	46
Figura 24. Equipo Telehandler	47
Figura 25. Hincado de incas metálicas	48
Figura 26. Avance del proceso de hincado de incas metálicas en campo.....	49
Figura 27. Imagen general manual de instalación PVH	50
Figura 28. Estructura de soporte de tracker	51
Figura 29. Instalación de Trackers.....	52

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz DOFA del proyecto jardín.....	13
Tabla 2. Descripción de las actividades según los objetivos planteados	16

Resumen

La construcción del Parque Solar Jardín, ubicado en el corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar – Cesar, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico, el objetivo principal fue apoyar la ejecución de actividades propias de la obra civil y mecánica, específicamente en la construcción de zanjas tipo DC, el control de maquinaria y equipos menores, y la supervisión del hincado e instalación de estructuras fotovoltaicas. La metodología se basó en la participación directa en campo, la elaboración de informes técnicos (PPI), el diseño de herramientas digitales para el seguimiento operativo, y el uso de manuales como PVH para la instalación de módulos fotovoltaicos, las actividades se documentaron a través de registros fotográficos, bases de datos, formatos de control y reuniones diarias con el equipo técnico y de topografía. Como resultado, se logró cumplir satisfactoriamente con todos los objetivos específicos planteados, fortaleciendo la trazabilidad operativa de la empresa y consolidando conocimientos prácticos en infraestructura energética, esta experiencia contribuyó no solo a mi desarrollo personal y profesional, sino también a la mejora de procesos internos dentro de la empresa.

Introducción

Durante el desarrollo de mi etapa formativa como estudiante de Ingeniería Mecánica, tuve la oportunidad de realizar mi pasantía en la empresa Green Energy Builders S.A.S., participando en el proyecto de construcción del Parque Solar Jardín, ubicado en el corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar – Cesar, este proyecto forma parte de la expansión de infraestructura energética basada en fuentes renovables en el país, y representó para mí un escenario ideal para aplicar conocimientos teóricos en un contexto real de obra.

Mi participación se centró en el acompañamiento técnico desde la oficina técnica para actividades clave de la obra civil y mecánica, entre estas se destacaron la construcción de zanjas tipo DC, el control y registro de maquinaria y equipos menores, y la supervisión del proceso de hincado e instalación de estructuras metálicas para módulos fotovoltaicos, el propósito principal de esta pasantía fue contribuir activamente a los procesos operativos del proyecto, fortaleciendo al mismo tiempo mis capacidades técnicas, organizativas y de análisis en campo.

Este informe presenta de manera detallada los objetivos alcanzados, la metodología empleada para cumplir con cada tarea asignada, los resultados obtenidos, y un diagnóstico final que resume la experiencia vivida, a partir de este trabajo se exponen también conclusiones y recomendaciones orientadas al mejoramiento continuo de los procesos constructivos en proyectos similares.

**1.Acompañamiento en la oficina técnica para la construcción de la obra civil y mecánica
del sistema solar fotovoltaico denominado Parque Solar Jardín, ubicado en el
Corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar - Cesar, Colombia**

1.1. Descripción breve de la empresa

Green Energy Builders es una empresa que trabaja en el desarrollo, construcción y mantenimientos de proyectos unifamiliares, multifamiliares y de parques o complejos fotovoltaicos u otras energías renovables. Siempre buscando satisfacer la necesidad de nuestros clientes, brindando calidad, seguridad y garantía en la ejecución de cada proyecto. Queremos hacer a través de nuestros servicios y proyectos un mundo sostenible, más humano e innovador enfocado en energías Verdes. (Green b, s.f.)

1.1.1. Misión

Nuestra empresa Green Energy Builders tiene como misión liderar el mercado de desarrollo, construcción y mantenimiento de parques fotovoltaicos, ofreciendo soluciones energéticas sostenibles y eficientes que contribuyan a la disminución de la dependencia de combustibles fósiles, promoviendo así la transición hacia una matriz energética más limpia y respetuosa con el medio ambiente. (Green b, s.f.)

1.1.2. Visión

Nuestra visión es ser líderes para el año 2027 en la implementación de nuevas tecnologías e innovación que provean energía a partir de fuentes renovables con base en las necesidades de cada individuo u organización, enfocándonos a incrementar la eficiencia y ahorro en la utilización de la energía en el desarrollo, construcción y mantenimiento de parques fotovoltaicos, siendo reconocidos por nuestra excelencia, innovación, cuidando a las personas y al medio ambiente. (Green b, s.f.)

1.1.3. Objetivos de la empresa

- Green Energy Builders Tiene como principal objetivo establecer una sólida posición en el mercado como una empresa líder en el desarrollo, construcción y mantenimiento de proyectos fotovoltaicos, ofreciendo servicios integrales y soluciones energéticas sostenibles.
- Desarrollo de proyectos fotovoltaicos: Nuestro objetivo es identificar y desarrollar terrenos adecuados para la instalación de parques fotovoltaicos en diferentes ubicaciones estratégicas, maximizando así el potencial de generación de energía renovable.
Incrementar la eficiencia y ahorro en la utilización de la energía en el desarrollo, construcción y mantenimiento de parques fotovoltaicos, siendo reconocidos por nuestra excelencia, innovación, cuidando a las personas y al medio ambiente.
- Construcción de proyectos fotovoltaicos: Nos comprometemos a construir desde el desarrollo de obras civiles hasta la instalación y mantenimiento de proyectos fotovoltaicos con altos estándares de calidad y seguridad, utilizando tecnología de

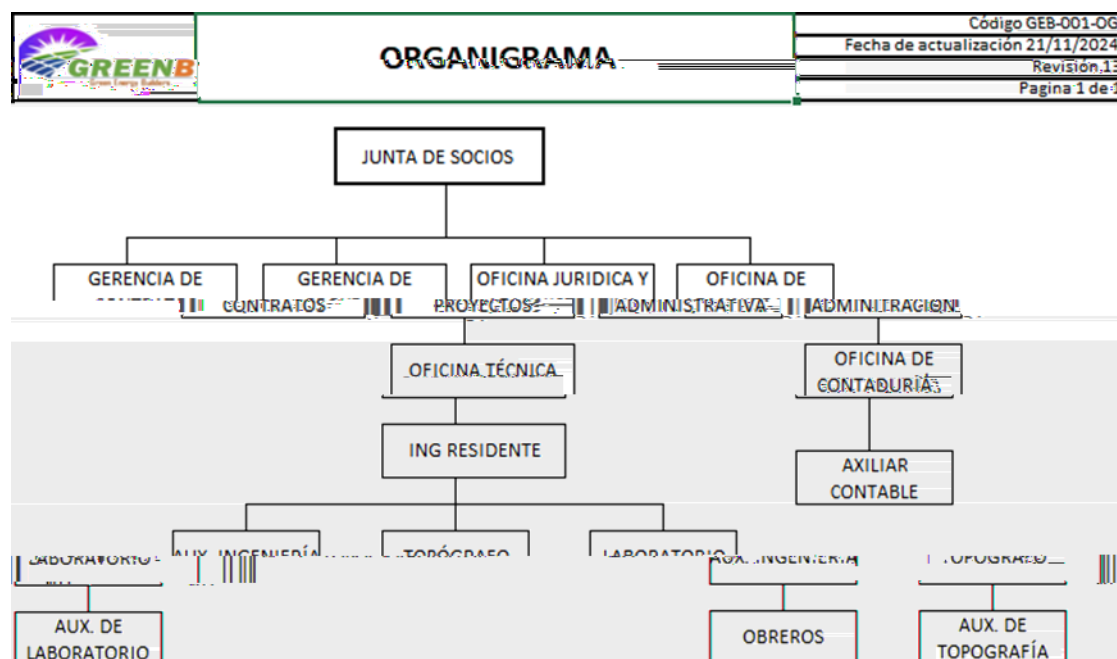
vanguardia y gestionando eficientemente los recursos disponibles para garantizar la entrega de proyectos en tiempo y forma.

- Mantenimiento y operación de proyectos fotovoltaicos: Nuestro objetivo es llevar a cabo un mantenimiento preventivo y correctivo de todos nuestros proyectos fotovoltaicos para garantizar un funcionamiento óptimo y maximizar la generación de energía renovable a lo largo de su vida útil. (Green b, s.f.)

1.1.4. Descripción de la estructura organizacional

Figura 1.

Organigrama Green Energy Builders



1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado

El Parque Solar Jardín es un proyecto de generación de energía renovable que busca aprovechar el alto potencial solar del departamento del Cesar, Colombia. Se desarrollará en el corregimiento de Valencia de Jesús, municipio de Valledupar, con el objetivo de contribuir a la diversificación de la matriz energética y reducir la huella de carbono en la región, veintisiete puntos siete (27.7) hectáreas de tierra se convertirán en un parque solar que entregará a la red 14,54 MW de electricidad para ser consumida en la ciudad de Valledupar y sus alrededores. Este proyecto cuenta con tres (3) tipos de obras las cuales son, Obra civil y Obra mecánica, las cuales se llevarán a cabo en un plazo máximo de 9 meses a partir del 20 de enero del presente año, aportando así a la transformación de la matriz energética en Colombia.

1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Tabla 1. Matriz

DOFA del proyecto jardín

Matriz DOFA del proyecto Jardín en Valencia de Jesús - Cesar	
DEBILIDADES (D)	OPORTUNIDADES (O)
D1: Falta de sistemas automáticos de control y monitoreo de equipos	O1: Interés creciente del mercado por energías limpias
D2: Falta de un sistema de gestión por parte de la empresa donde se establezca cada uno de los procedimientos por áreas	O2: Apoyo financiero y fiscal del gobierno a proyectos sostenibles
D3: Afectación del rendimiento de paneles por altas temperaturas	O3: Posibilidad de exportación de energía limpia en el futuro
FORTALEZAS (F)	AMENAZAS (A)
F1: Alta disponibilidad de radiación solar en la región	A1: Sabotaje, robo o vandalismo de equipos en zonas rurales
F2: Respaldo de políticas gubernamentales para energías renovables	A2: Condiciones climáticas extremas que afecten rendimiento de las obras
F3: Infraestructura de la empresa con experiencia en proyectos fotovoltaicos	A3: Falta de documentos de los equipos a arrendar por parte de la empresa puede generar desorden a la hora de facturar

Continuación tabla 1...

Estrategias de fortalecimiento	
Estrategias DO	Estrategias FO
DO1: debido al creciente mercado por energías renovables invertir en mano de obra calificada que certifique el monitoreo de equipos. DO2: Diversificar los procedimientos por áreas, creando un sistema de gestión ante los diferentes estamentos del estado que apoyan este tipo de empresas pueden invertir en esto. DO3: Debido a que la empresa irá en ascenso a medida que vayan desarrollando proyectos es necesaria la inversión en nuevas tecnologías	FO1: Aprovechar la alta disponibilidad de la radiación solar y el creciente interés del mercado. FO2: Aprovechar el respaldo de políticas gubernamentales y el incremento de la inversión del gobierno para este tipo de proyectos FO3: Utilizar la ventaja de la infraestructura de la empresa y su experiencia en este tipo de proyectos.
Estrategias DA	Estrategias FA
DA1: La falta de sistemas automáticos y control de equipos y almacén puede llevar a desencadenar robos en el proyecto. DA2: Gestionar programas que permitan a la empresa en la mitigación de los peligros en la temporada de lluvias DA3: Invertir en mano de obra calificada que lleve un control de los equipos menores	FA1: Tratar de producir la mayor cantidad de energía posible ya que el invierno es fuerte y el verano también. FA2: Incorporar en el equipo de trabajo un almacenista que ayude con el control de robos. FA3: Incentivas a los proveedores a tener la documentación pertinente para no presentar problemas de ingreso a las obras.

1.2.1. Planteamiento del problema

El Parque Solar Jardín es un proyecto de generación de energía renovable que busca aprovechar el alto potencial solar del departamento del Cesar, Colombia. Se desarrollará en el corregimiento de Valencia de Jesús, municipio de Valledupar, con el objetivo de contribuir a la diversificación de la matriz energética y reducir la huella de carbono en la región, veintisiete puntos siete (27.7) hectáreas de tierra se convertirán en un parque solar que entregará a la red 14,54 MW de electricidad para ser consumida en la ciudad de Valledupar y sus alrededores. Este proyecto cuenta con tres (3) tipos de obras las cuales son, Obra civil y Obra mecánica, las cuales se llevarán a cabo en un plazo máximo de 9 meses cale a partir del 20 de enero del presente año, aportando así a la transformación de la matriz energética en Colombia.

1.3. Objetivos de la pasantía

1.3.1. General

Acompañamiento en la construcción del Sistema Solar Fotovoltaico denominado Parque Solar Jardín, ubicado en el corregimiento de Valencia de Jesús, municipio de Valledupar, departamento del Cesar, Colombia.

1.3.2. Específicos

Brindar apoyo a la oficina técnica en la construcción de zanjas tipo DC en el parque solar Jardín, incluyendo la elaboración de informes PPI para presentación al cliente.

Llevar el control y registro detallado de la maquinaria y equipos menores que ingresan a la obra, asegurando la trazabilidad, el uso adecuado y su disponibilidad.

Supervisar las cuadrillas encargadas del hincado de incas metálicas en la obra mecánica, garantizando el cumplimiento de los procedimientos establecidos y la correcta alineación de los elementos mediante la guía del equipo de topografía.

1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma

En función del diagnóstico precedente, en esta parte se detalla el plan de acción diseñado con el fin de abordar las áreas de oportunidad que fueron identificadas:

2.Enfoques referenciales

2.1. Enfoque conceptual

El desarrollo de proyectos de energía renovable, como lo es el Parque Solar Jardín, implica una serie de conceptos técnicos, ambientales y de gestión que han sido abordados en investigaciones previas. Este enfoque conceptual tiene como propósito contextualizar el trabajo realizado en el marco de las pasantías, destacando los fundamentos teóricos y conceptos relevantes vinculados al diseño, construcción y operación de sistemas fotovoltaicos, así como su impacto dentro de la matriz energética nacional.

2.1.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que convierte la radiación solar directamente en electricidad mediante el uso de celdas fotovoltaicas, ante la creciente preocupación por el calentamiento global, así como los crecientes problemas relacionados con el impacto ambiental de los combustibles fósiles, los objetivos y políticas en materia de energías renovables y eficiencia energética son cruciales para abordar estos problemas. Un informe reciente de IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) indica que el mundo puede alcanzar alrededor del 90 % de los objetivos de descarbonización establecidos en el Acuerdo de París mediante un despliegue acelerado de las energías renovables y la eficiencia energética (Ahmad et al., 2020).

2.1.2. Diseño e instalación de sistemas solares fotovoltaicos

El diseño de un sistema solar fotovoltaico implica un análisis técnico detallado que abarca la evaluación del recurso solar, el dimensionamiento de los módulos, el diseño del sistema de anclaje, la selección del inversor, la topología eléctrica, y los sistemas de control y monitoreo. Como lo menciona Mayfield (2019) en su libro “Cada vez que diseño e instalo un sistema fotovoltaico, veo todo el proceso como un auténtico rompecabezas que debe organizarse y ensamblarse a la perfección”.

2.1.3. Gestión de recursos y control de equipos en obra

Un componente esencial en la ejecución eficiente de proyectos de ingeniería es la gestión de maquinaria y equipos menores, en los últimos años, se han utilizado diversas técnicas emergentes de recopilación, análisis y visualización automatizada de datos para establecer métodos de monitoreo digitalizado del progreso en tiempo real (Nakanishi et al., 2022) los cuales permiten optimizar recursos, reducir costos operativos y mejorar la planificación. En el presente proyecto se desarrolló un sistema de control basado en registros digitales y formatos automatizados, alineado con buenas prácticas de control de obra.

2.1.4. Monitoreo y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos

La operación eficiente de un parque solar está sujeta al mantenimiento preventivo y correctivo de sus componentes. La monitorización y los análisis autónomos son un concepto

novedoso que integra diversas técnicas, dispositivos, sistemas y plataformas para mejorar la precisión de la monitorización fotovoltaica, mejorando así el rendimiento, la fiabilidad y la vida útil de los sistemas solares que integran un parque u obra solar. (Aghaei et al., 2025), este tipo de artículos evidencian que factores como el polvo, la inclinación de los módulos y las condiciones térmicas influyen directamente en la generación eléctrica. Por ello, es fundamental implementar sistemas de monitoreo remoto y personal capacitado que garantice la supervisión continua.

2.1.5. Sostenibilidad y transición energética

La transición hacia una matriz energética baja en carbono es una meta global apoyada por políticas públicas y marcos regulatorios. Y es que según (Anika et al., 2022) el objetivo del escenario NZE es mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2 °C, idealmente 1,5 °C para el 2050. Este objetivo requiere reducciones significativas de emisiones, en Colombia, leyes como la Ley 1715 de 2014 que busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de dicha energía, principalmente aquellas de carácter renovable. (Congreso de Colombia, 2014)

2.2. Enfoque legal

El desarrollo del Parque Solar Jardín, como proyecto de infraestructura energética basado en fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER, 2014), se encuentra enmarcado dentro de un conjunto de disposiciones legales que regulan su planificación, construcción, operación y mantenimiento. Este enfoque legal tiene como objetivo identificar y relacionar las

principales normas, decretos y lineamientos institucionales que rigen la propuesta de investigación y su implementación durante las pasantías desarrolladas en la empresa Green Energy Builders S.A.S.

2.2.1. Ley 1715 de 2014 – Uso de fuentes no convencionales de energía

La Ley 1715 de 2014 es el principal referente normativo para proyectos como el Parque Solar Jardín, ya que establece el marco legal para la integración de las FNCER al sistema energético nacional. Esta ley promueve el desarrollo de proyectos de energía solar, eólica, biomasa, entre otros, incentivando su uso a través de beneficios tributarios, arancelarios y contables. Además, fomenta la participación del sector privado y establece el papel del Estado en la promoción de estas tecnologías. (ANLA, 2014)

2.2.2. Decreto 2143 de 2015 -Reglamentación de la ley 1715

El Decreto 2143 de 2015 reglamenta los incentivos tributarios establecidos por la Ley 1715, como la deducción del impuesto de renta, exclusión del IVA, y exención de aranceles para la importación de tecnologías renovables, este decreto es fundamental para la viabilidad económica de proyectos solares fotovoltaicos, permitiendo que empresas como GREEN ENERGY BUILDERS accedan a beneficios que reducen costos y estimulan la inversión. (Presidencia de la República de Colombia, 2015)

2.2.3. Resolución CREG 030 de 2018 – Generación distribuida

La Resolución CREG 030 de 2018, emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, regula la conexión de proyectos de generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Esta normativa establece las condiciones técnicas y comerciales que deben cumplir los proyectos solares como el Parque Solar Jardín cuando se conectan a la red eléctrica para inyectar energía, incluyendo aspectos de medición, tarifas y responsabilidades operativas. (CREG, 2018)

2.2.4. Normas técnicas RETIE y RETILAP

Durante la ejecución de obras eléctricas, como la instalación de zanjas tipo DC, hincado de estructuras y montaje de paneles solares, se debe cumplir con:

2.2.4.1. RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas). Garantiza la seguridad y calidad de las instalaciones eléctricas. Es obligatorio en Colombia y regula aspectos como puesta a tierra, protecciones, y normas de instalación. (ministerio de minas y energía, 2025)

2.2.4.2. RETILAP (reglamento técnico de iluminación y alumbrado público). Aunque aplica principalmente a iluminación, también establece normas sobre eficiencia energética y niveles de irradiancia, importantes para proyectos fotovoltaicos. (ministerio de minas y energía, 2025)

2.2.5. Normatividad ambiental

Al tratarse de un proyecto de gran escala, el desarrollo del Parque Solar Jardín también debe respetar la normatividad ambiental vigente. Las siguientes leyes aplican:

2.2.5.1. Ley 99 de 1993. Establece la estructura del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y asigna a la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales) la potestad de evaluar el impacto ambiental de grandes obras.

2.2.5.2. Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente, donde se especifican los trámites de licencias ambientales, estudios de impacto ambiental (EIA), planes de manejo ambiental (PMA) y participación ciudadana.

2.2.5.3. Resolución 1402 de 2018 (ANLA). Define criterios para determinar si un proyecto de generación eléctrica con fuentes renovables requiere licencia ambiental. Los proyectos con capacidad superior a 9,9 MW deben cumplir requisitos específicos.

2.2.6. Normas laborales y de seguridad en obra

Durante las pasantías, también se observaron aspectos legales relacionados con la contratación de personal y las condiciones laborales en obra:

2.2.6.1. Ley 1562 de 2012. Reforma el sistema general de riesgos laborales en Colombia.

Esta norma obliga a implementar sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo (SG-SST).

2.2.6.2. Resolución 0312 de 2019. Define los estándares mínimos del SG-SST que deben cumplir las empresas contratistas, incluyendo control de equipos, capacitaciones, elementos de protección personal y condiciones seguras de trabajo.

2.2.7. Régimen contractual y control documental

En el seguimiento de equipos menores y el control del avance de obra, se aplican criterios legales y contractuales enmarcados en:

2.2.7.1. Código de comercio colombiano. Para la relación entre proveedores, arrendadores de maquinaria y la empresa constructora.

2.2.7.2. Ley 80 de 1993. En caso de proyectos con participación estatal: Regula la contratación pública en Colombia. El desarrollo del Parque Solar Jardín se encuentra sólidamente respaldado por un marco normativo que promueve el uso de energías limpias en Colombia. La aplicación de normas técnicas, ambientales, laborales y contractuales es esencial para garantizar que este tipo de proyectos se ejecuten con calidad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad, alineándose con la transición energética que promueve el gobierno nacional.

3. Informe de cumplimiento de trabajo

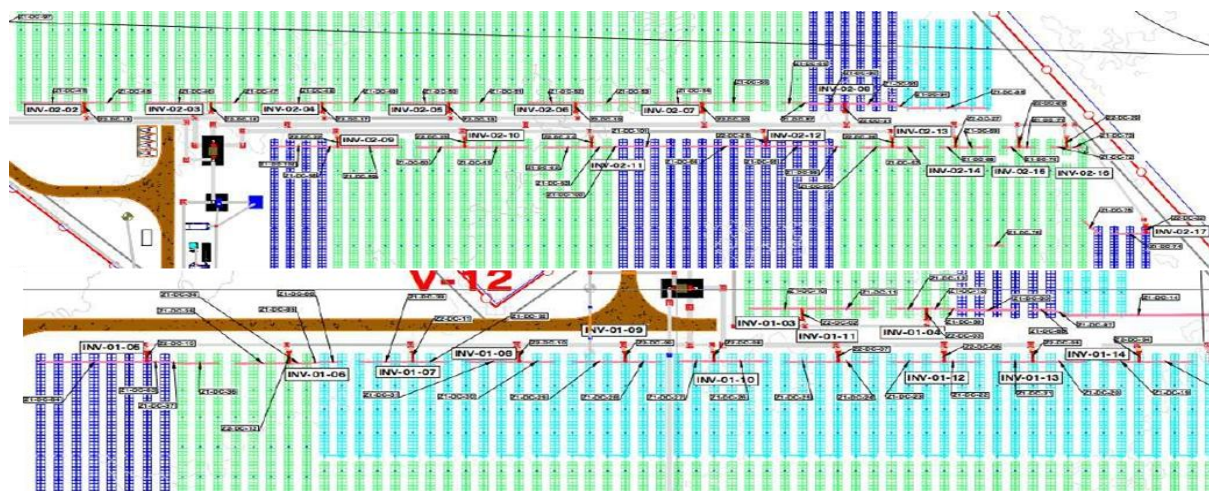
3.1. Presentación de resultados

3.1.1. Fase 1: Construcción de Zanjas tipo DC

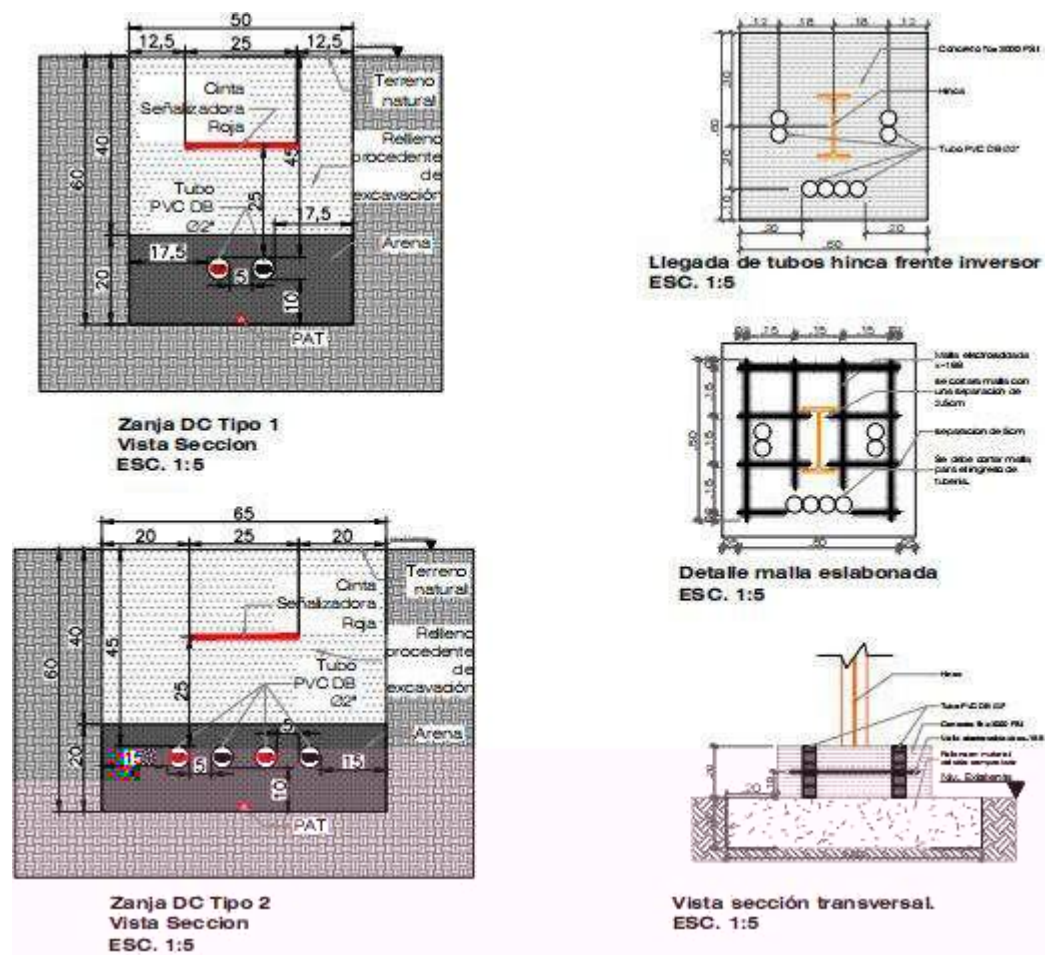
Durante esta etapa se realizó un acompañamiento técnico desde la oficina técnica, iniciando con la revisión detallada de planos de topografía y especificaciones técnicas suministradas por el cliente, se identificaron ajustes necesarios para garantizar la precisión en las dimensiones y trayectorias de las zanjas, posteriormente, se efectuó un seguimiento diario en campo que incluyó recorridos técnicos, registro fotográfico y toma de mediciones, lo que permitió documentar adecuadamente el cumplimiento del diseño.

Figura 2.

Vista parcial de los planos de Zanjas DC



Nota. En la figura 2 se evidencia una vista parcial de los planos de Zanjas DC del proyecto Jardín extraídas de los archivos entregados por el cliente a Green Energy Builders S.A.S (Enerland group, 2025)

Figura 3.*Tipos de Zanjas DC*

Nota. En la figura 3 se evidencian los tipos de zanjas DC con sus detalles extraídas de los archivos entregados por el cliente a Green Energy Builders S.A.S (Enerland group, 2025)

Pasos del procedimiento

Figura 4.

Replanteo y marcado de terreno



Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica del replanteo y marcado del terreno

El replanteo y marcado del terreno fue realizado por el equipo de topografía, siguiendo las coordenadas definidas en los planos entregados por el cliente. Esta etapa fue esencial para delimitar con precisión el recorrido de las zanjas, la ubicación de cruces y cambios de dirección. El correcto replanteo garantizó una excavación exacta, evitando desviaciones que pudieran afectar la instalación de los ductos eléctricos y la posterior verificación técnica establecida en los planos. (Enerland group, 2025)

Figura 5.*Excavación maquinaria*

Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica de la excavación con maquinaria

La excavación se llevó a cabo utilizando un retroexcavadora tipo “pajarita”, adaptada para operar en condiciones de suelo del corregimiento de Valencia de Jesús. Se cuidó que la profundidad y ancho de la zanja coincidieran con lo establecido en los planos (Enerland group, 2025), Este proceso fue supervisado diariamente para asegurar que la sección excavada permitiera un montaje adecuado de los elementos internos (arena, ductos, cinta, etc.) sin comprometer la estabilidad del terreno.

Figura 6.*Extensión de capa de arena*

Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica de la extensión de capa de arena

La primera capa de arena fina, proveniente de cantera certificada, se extendió con un espesor uniforme de aproximadamente 10 cm en el fondo de la zanja. Esta capa sirve como base para los ductos eléctricos, evitando el contacto directo con el terreno y protegiéndolos ante posibles desplazamientos o compactaciones posteriores. Su uniformidad fue verificada con equipo de topografía exigido por el cliente y reglas metálicas de control. (Enerland group, 2025)

Figura 7.*Instalación de tubería*

Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica de la instalación de tubería

Sobre la capa de arena se dispusieron los ductos eléctricos de acuerdo con el número y separación especificados en planos (Enerland group, 2025), el personal técnico aseguró su correcta alineación y nivelación, utilizando amarres plásticos y topes provisionales. Esta etapa fue crítica para garantizar la correcta distribución de líneas eléctricas y facilitar futuras inspecciones y mantenimientos.

Figura 8.*Extensión de segunda capa de arena*

Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica de la extensión de la segunda capa de arena

Una vez instalados los ductos, se procedió a cubrirlos con una segunda capa de arena fina, también de 10 cm de espesor. Esta capa cumple la función de envolvente protectora, minimizando el riesgo de daño por compactación u objetos externos durante el relleno. Se verificó la ausencia de piedras o materiales contaminantes que pudieran deteriorar la integridad de los ductos.

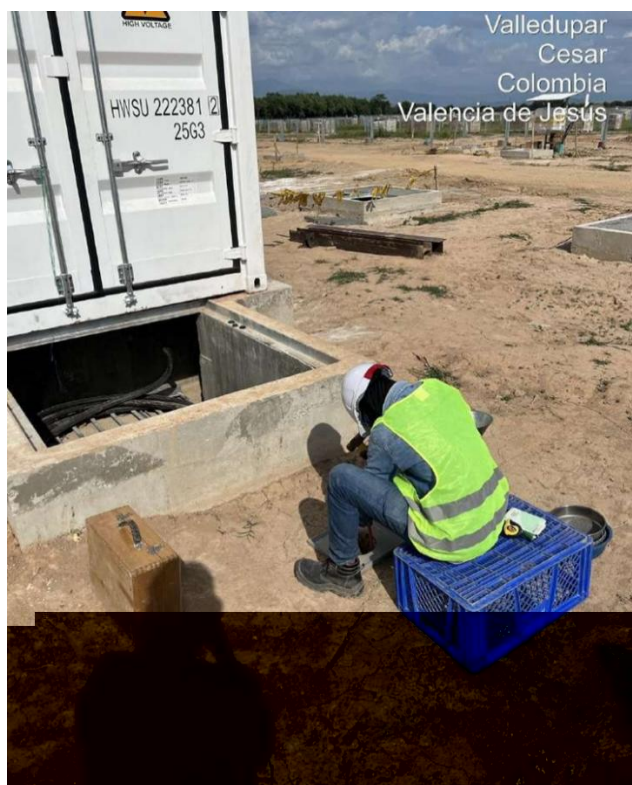
Figura 9.*Cinta roja de peligro eléctrico*

Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica de la instalación cinta roja de peligro eléctrico

La cinta roja fue instalada sobre la capa superior de arena, conforme a la normativa del RETIE (ministerio de minas y energía, 2025), esta cinta actúa como advertencia visual en caso de excavaciones futuras, indicando la presencia de redes eléctricas subterráneas. Su correcta instalación y continuidad fueron validadas en campo por el residente técnico.

Figura 10.

Relleno con material de sitio



Nota. Figura correspondiente a la documentación fotográfica del relleno con material del sitio

Finalmente, se relleno la zanja con material seleccionado del mismo sitio, el cual fue compactado por capas utilizando rodillos vibradores y placa compactadora, la compactación fue verificada mediante ensayos de densidad y resistencia, exigiendo un valor superior a 2.500 psi. Este procedimiento garantizó una cobertura estable, evitando hundimientos posteriores en el terreno.

Elaboración de informes PPI

Se elaboraron los informes PPI exigidos por el cliente, consolidando avances físicos, incidencias y observaciones técnicas, estos se entregaban al cliente semanalmente con el fin de

llevar el control de avance de las zanjas DC, cada paso del procedimiento debía llevar su respectivo PPI.

Figura 11.

Informe PPI (Plan de Puntos de Inspección) – comprobación de sección

#VALOR:					CANALIZACIONES				GY-G639-CIV-FO-003																																																																																																					
#VALOR:					FORMATO PPI				Version: 0 30/12/2024 Página 1 de 1																																																																																																					
PPI:	Control Canalizaciones				PPI			Actividad N°	3.3																																																																																																					
Descripción de la operación:	Control Sección de Banco de Ductos								Hoja	1 de 1																																																																																																				
Criterio de Aceptación:	Comprobación de dimensiones de excavación, tramo y tipo de zanja/cinta plastica por encima de la parte externa del ducto más superior más cercano al nivel de piso acabado.																																																																																																													
Tipo de Inspección:	Visual y medición (validación de la profundidad y ancho de la zanja), con mira y cinta extensométrica																																																																																																													
Muestra	100% ENERLAND - 10% INTERVENTORÍA																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">FECHA DE LIBERACIÓN:</th> <th colspan="2">TIPO DE ZANJA</th> <th colspan="2">TRAMO</th> <th colspan="2">TIPO DE SECCIÓN</th> <th colspan="2">CRITERIO DE ACEPTACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aceptación</td> <td>A</td> <td>Z1-DC-45</td> <td>INV-02-02</td> <td>INV-02-03</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td>Rechazo</td> <td>R</td> <td>Z1-DC-46</td> <td>INV-02-02</td> <td>INV-02-03</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z1-DC-47</td> <td>INV-02-03</td> <td>INV-02-04</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z1-DC-48</td> <td>INV-02-03</td> <td>INV-02-04</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z1-DC-49</td> <td>INV-02-04</td> <td>INV-02-05</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z1-DC-50</td> <td>INV-02-04</td> <td>INV-02-05</td> <td>50 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-15</td> <td>INV-02-02</td> <td>INV-02-03</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-16</td> <td>INV-02-03</td> <td>INV-02-04</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-17</td> <td>INV-02-04</td> <td>INV-02-05</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> </tbody> </table>											FECHA DE LIBERACIÓN:		TIPO DE ZANJA		TRAMO		TIPO DE SECCIÓN		CRITERIO DE ACEPTACIÓN		Aceptación	A	Z1-DC-45	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm			A		Rechazo	R	Z1-DC-46	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm			A				Z1-DC-47	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm			A				Z1-DC-48	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm			A				Z1-DC-49	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm			A				Z1-DC-50	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm			A				Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm			A				Z2-DC-16	INV-02-03	INV-02-04	65 x 60 cm			A				Z2-DC-17	INV-02-04	INV-02-05	65 x 60 cm			A	
FECHA DE LIBERACIÓN:		TIPO DE ZANJA		TRAMO		TIPO DE SECCIÓN		CRITERIO DE ACEPTACIÓN																																																																																																						
Aceptación	A	Z1-DC-45	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm			A																																																																																																						
Rechazo	R	Z1-DC-46	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z1-DC-47	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z1-DC-48	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z1-DC-49	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z1-DC-50	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z2-DC-16	INV-02-03	INV-02-04	65 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z2-DC-17	INV-02-04	INV-02-05	65 x 60 cm			A																																																																																																						
#VALOR:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">FECHA DE LIBERACIÓN:</th> <th colspan="2">TIPO DE ZANJA</th> <th colspan="2">TRAMO</th> <th colspan="2">TIPO DE SECCIÓN</th> <th colspan="2">CRITERIO DE ACEPTACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-15</td> <td>INV-02-02</td> <td>INV-02-03</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-16</td> <td>INV-02-03</td> <td>INV-02-04</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Z2-DC-17</td> <td>INV-02-04</td> <td>INV-02-05</td> <td>65 x 60 cm</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> </tbody> </table>										FECHA DE LIBERACIÓN:		TIPO DE ZANJA		TRAMO		TIPO DE SECCIÓN		CRITERIO DE ACEPTACIÓN				Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm			A				Z2-DC-16	INV-02-03	INV-02-04	65 x 60 cm			A				Z2-DC-17	INV-02-04	INV-02-05	65 x 60 cm			A																																																													
FECHA DE LIBERACIÓN:		TIPO DE ZANJA		TRAMO		TIPO DE SECCIÓN		CRITERIO DE ACEPTACIÓN																																																																																																						
		Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z2-DC-16	INV-02-03	INV-02-04	65 x 60 cm			A																																																																																																						
		Z2-DC-17	INV-02-04	INV-02-05	65 x 60 cm			A																																																																																																						
REGISTRO FOTOGRAFICO																																																																																																														

Nota. La figura muestra la presentación del informe PPI, para comprobar la sección

Este PPI valida que la zanja fue ejecutada conforme a las dimensiones establecidas en planos, tanto el ancho como la profundidad (Enerland group, 2025), se trata de un control de calidad exigido por el cliente antes de continuar con la instalación de componentes internos, la sección fue verificada por el ingeniero residente, topografía y supervisión del contratista principal, quedando el registro firmado por todas las partes responsables.

Figura 12.*Informe PPI comprobación de arena*

#VALOR!	CANALIZACIONES				GY-6639-CIV-FO-003
#VALOR!	FORMATO PPI				Versión: 0
					30/12/2024
					Página 1 de 1
PPI:	Control Canalizaciones	PPI		Actividad N°	3,4
Descripción de la operación:	Comprobación de arena e instalación de cinta plastica				Hoja 1 de 1
Criterio de Aceptación:	Verificación de capa de arena en la base de la zanja Verificación de arena entre los ductos Verificación de capa de arena por encima de la parte externa del ducto más superior más cercano al nivel de piso acabado. Cinta plastica por encima de la parte externa del ducto más superior más cercano al nivel de piso acabado.				
Tipo de Inspección:	Visual y medición (validación de dimensiones de capas de área), con mira y cinta extensométrica				
Muestra	100 % ENERLAND -10% INTERVENTORIA				
FECHA DE LIBERACIÓN:					
Aceptación	A	TIPO DE ZANJA	TRAMO	TIPO DE SECCIÓN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Rechazo	R	Z1-DC-45	INV-02-02 INV-02-03	50 x 60 cm	A
		Z1-DC-46	INV-02-02 INV-02-03	50 x 60 cm	A
		Z2-DC-15	INV-02-02 INV-02-03	65 x 60 cm	A
		Z2-DC-16	INV-02-03 INV-02-04	65 x 60 cm	A
		Z2-DC-17	INV-02-04 INV-02-05	65 x 60 cm	A
REGISTRO FOTOGRÁFICO					

Nota. La figura muestra la presentación del informe PPI, para certificar la calidad del material

El PPI correspondiente a la capa de arena certifica la calidad del material utilizado (libre de contaminantes y de granulometría fina), su espesor y su correcta distribución en el fondo de la zanja, además, se verifica el cumplimiento con el código de zanja asignado por el cliente, esta inspección visual y técnica es crucial para garantizar la protección efectiva de los ductos eléctricos. (Enerland group, 2025)

Figura 13.

Informe PPI instalación de ductos

#VALORI

#VALORI

CANALIZACIONES

FORMATO PPI

GY-G639-CIV-FO-003

Version: 0

30/12/2024

Página 1 de 1

PPI:	Control Canalizaciones	PPI		Actividad N°	3.5
Descripción de la operación:	Instalación de ductos				
Criterio de Aceptación:	Verificación de ductos de uso eléctrico , la cantidad y separación entre ellos sera acorde a lo especificado en el plano				
Tipo de Inspección:	Visual y medición (validación de dimensiones de capas de área), cinta extensométrica				
Muestra	100 % ENERLAND -10% INTERVENTORÍA				

Aceptación	A
Rechazo	R

FECHA DE LIBERACIÓN:				
TIPO DE ZANJA	TRAMO		TIPO DE SECCIÓN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Z1-DC-45	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm	A
Z1-DC-46	INV-02-02	INV-02-03	50 x 60 cm	A
Z1-DC-47	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm	A
Z1-DC-48	INV-02-03	INV-02-04	50 x 60 cm	A
Z1-DC-49	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm	A
Z1-DC-50	INV-02-04	INV-02-05	50 x 60 cm	A
Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm	A

Z2-DC-15	INV-02-02	INV-02-03	65 x 60 cm	A
Z2-DC-16	INV-02-03	INV-02-04	65 x 60 cm	A
Z2-DC-17	INV-02-04	INV-02-05	65 x 60 cm	A

REGISTRO FOTOGRAFICO

Nota. La figura muestra la presentación del informe PPI, para documenta el cumplimiento en la instalación de ductos eléctricos.

Este informe documenta el cumplimiento en la instalación de ductos eléctricos: número, posición, nivelación y amarre, cada paso fue verificado con evidencia fotográfica y firmado por el subcontratista (Green Energy Builders), el epecista (Enerland) y la interventoría de (Green Yellow) cliente final, el PPI es obligatorio para continuar con el proceso de cierre de zanja y sirve como soporte ante auditorías y control de calidad (Enerland group, 2025).

3.1.2. Fase 2: Control y registro de maquinaria y equipos menores

Se diseñó un sistema digital de gestión para maquinaria y equipos menores, basado en una base de datos estructurada que permitió clasificar cada activo por código, horas trabajadas, días en uso y costos asociados. Esta herramienta fue complementada con un formato de acta automática en Excel, útil para monitorear el valor operativo en tiempo real.

Figura 14.

Base de datos de maquinaria

CODIGO	ITEM	Equipo	FECHA	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	HORAS TOTALES	TOTAL HORAS A PAGAR	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
CAT4161	1	CAT416	24/04/2025	2211,7	2221,7	10	10		\$ 140.000
CAT4162	2	CAT416	25/04/2025	2221,7	2231,9	10,2	10,2		\$ 140.000
CAT4163	3	CAT416	26/04/2025	2231,9	2238	6,1	6,1		\$ 140.000
CAT4164	4	CAT416	27/04/2025	2238	2246,5	8,5	8,5		\$ 140.000
CAT4165	5	CAT416	28/04/2025	2246,5	2256,6	10,1	10,1	Se suministraron 20 galones de Diesel	\$ 140.000
CAT4166	6	CAT416	29/04/2025	2256,6	2266,4	9,8	9,8		\$ 140.000
CAT4167	7	CAT416	30/04/2025	2266,4	2276,6	10,2	10,2		\$ 140.000
CAT4168	8	CAT416	1/05/2025	2276,6	2281,1	4,5	4,5		\$ 140.000
CAT4169	9	CAT416	2/05/2025	2281,1	2290,8	9,7	9,7		\$ 140.000
CAT41610	10	CAT416	3/05/2025	2290,8	2297,5	6,7	6,7		\$ 140.000
CAT41611	11	CAT416	5/05/2025	2297,5	2303,6	6,1	6,1	Se suministraron 15 galones de Diesel	\$ 140.000
CAT41612	12	CAT416	6/05/2025	2303,6	2313	9,4	9,4		\$ 140.000
CAT41613	13	CAT416	7/05/2025	2313	2320,1	7,1	7,1	Se suministraron 10 galones de Diesel	\$ 140.000
CAT41614	14	CAT416	8/05/2025	2320,1	2328,3	8,2	8,2		\$ 140.000
CAT41615	15	CAT416	9/05/2025	2328,3	2336,8	8,5	8,5	Se suministraron 12 galones de Diesel	\$ 140.000
CAT41616	16	CAT416	10/05/2025	2336,8	2346,7	9,9	9,9	Se suministraron 4 galones de Diesel	\$ 140.000
CAT41617	17	CAT416	12/05/2025	2346,7	2355,3	8,6	8,6		\$ 140.000
CAT41618	18	CAT416	13/05/2025	2355,3	2364,3	9,2	9,2		\$ 140.000

VALOR TOTAL	Numero de ACTA	DIESEL	COSTO DIESEL	IVA	SEGURIDAD SOCIAL	DOTACIÓN	TOTAL RESUMEN
1.400.000	1		-				
1.428.000	1		-				
854.000	1		-				
1.190.000	1		-				
1.414.000	1	20	220.000				
1.372.000	1		-				
1.428.000	1		-				
630.000	1		-				
1.358.000	1		-				
938.000	1		-				
854.000	1	15	165.000				
1.316.000	1		-				
994.000	1	10	110.000				
1.148.000	1		-				
1.190.000	1	12	132.000				
1.386.000	1	4	44.000				
1.204.000	1		-				
1.288.000	1		-				

Nota. La figura muestra la base de datos creada para el control de maquinaria

La imagen muestra el diseño y estructura de la base de datos creada en Excel para el control de maquinaria pesada empleada en obra, este recurso permitió centralizar la información operacional de los equipos (horas trabajadas, proveedor, días en uso, entre otros) y solucionó deficiencias iniciales en la trazabilidad de estos activos, esta herramienta contribuyó

directamente al seguimiento del rendimiento operativo y a la conciliación con subcontratistas en cada corte mensual. (Archivo Green B, 2025)

Figura 15.

Formato de conciliación de maquinaria

[illegible]

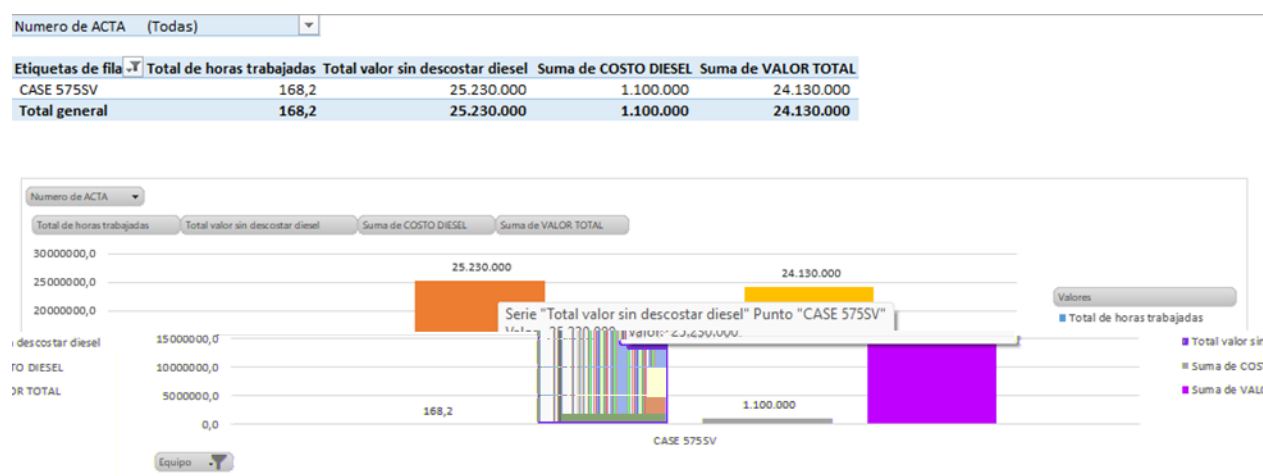
Nota. La figura muestra el formato de conciliación de los datos registrados

El formato automático de conciliación permitió relacionar directamente los datos registrados en la base de datos con un informe listo para presentar a supervisión y gerencia, a través del uso de funciones avanzadas en Excel como BUSCARV y SI. ERROR, el sistema

actualizaba automáticamente el valor operativo por acta, generando una trazabilidad clara por equipo, esta automatización redujo los errores humanos, estandarizó los reportes y facilitó los procesos de auditoría interna. (Archivo Green B, 2025)

Figura 16.

Resumen de actas



Nota. La figura muestra el formato de resumen de actas

El resumen de actas mostrado en la figura corresponde al equipo Case 575sv, uno de los principales activos utilizados durante la ejecución de obra. En este reporte dinámico, construido en Excel, se consolidan las horas efectivamente trabajadas, días operativos, valor hora, descuentos aplicables y costo acumulado del equipo, a través del uso de filtros y gráficos dinámicos, este formato permitió tener visibilidad en tiempo real sobre el rendimiento del equipo, facilitando la toma de decisiones gerenciales y el control financiero de los frentes de trabajo. (Archivo Green B, 2025)

De la misma manera se realizó esto para los diferentes equipos obteniendo el registro y control de la maquinaria en obra, esta es una herramienta eficiente con el fin de garantizar un orden dentro de la empresa.

Figura 17.

Base de datos 2 – equipos menores de obra

Equipo	FECHA	DÍA	NOVEDAD	RECIBO UNITARIO	VALOR TOTAL	IMPORTE DE ACT.	TAL RESUM	OBSERVACIONES	PROVEEDOR
MEC	2/05/2025	1		70.000	70.000	1		Observaciones: Se facturan 22 días durante el mes de corte con periodo de 02/05/2025 - 24/05/2025	ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	4/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	6/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	8/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	7/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	8/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	9/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	10/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	11/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	12/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	13/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	14/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	15/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	16/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	17/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	18/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	19/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	20/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	21/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	22/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	23/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	24/05/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	25/05/2025	1		70.000	70.000	2		Observaciones: Se facturan 30 días durante el mes de corte con periodo de 25/05/2025 - 23/06/2025	ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	16/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	17/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	18/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	19/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	20/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	21/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	22/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	23/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	24/06/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	25/06/2025	1		70.000	70.000	2		Observaciones: Se facturan 30 días durante el mes de corte con periodo de 25/06/2025 - 23/07/2025	ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	26/06/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	27/06/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	28/06/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	29/06/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	30/06/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	31/07/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	1/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	2/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	3/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	4/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	5/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	6/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	7/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
MEC	8/08/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	16/04/2025	1		70.000	70.000	1		Observaciones: Se facturan 9 días durante el mes de corte con periodo de 16/04/2025 - 24/04/2025	ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	17/04/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	18/04/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	19/04/2025	1		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	20/04/2025	2		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	21/04/2025	2		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	22/04/2025	2		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	23/04/2025	2		70.000	70.000	1			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	24/04/2025	2		70.000	70.000	2		Observaciones: Se facturan 30 días durante el mes de corte con periodo de 25/04/2025 - 24/05/2025	ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	25/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	26/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	27/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	28/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	29/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	30/04/2025	2		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	1/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	2/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	3/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	4/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	5/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	6/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	7/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	8/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	9/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	10/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S
RANA	11/05/2025	1		70.000	70.000	2			ABC MANTENIMIENTO DE REDES S

Nota. La figura muestra la base de datos desarrollada para el control de equipos.

Se muestra en la figura 17 la base de datos desarrollada específicamente para el control de equipos menores subarrendados, como vibradores de concreto, bombas sumergibles, mezcladoras, motobombas, entre otros. Esta herramienta permitió clasificar los equipos por tipo,

proveedor, días operativos y estado de funcionamiento, además, sirvió como insumo para generar los reportes de uso diario y cruzar información con las actas de entrega, evitando duplicidades y mejorando la trazabilidad de los costos asociados a cada unidad. (Archivo Green B, 2025)

Figura 18.

Formato de conciliación de equipos menores

	FORMATO CONCILIACIÓN DE EQUIPOS MENORES		COD: FCM-PJ-001	
			FECHA: 31/05/2025	
			EQUIPO: VIBCON	
			Acta: 3	
FECHA	PRECIO UNITARIO	NOVEDADES	VALOR TOTAL	
25/05/2025	70.000		\$	70.000
26/05/2025	70.000		\$	70.000
27/05/2025	70.000		\$	70.000
28/05/2025	70.000		\$	70.000
29/05/2025	70.000		\$	70.000
30/05/2025	70.000		\$	70.000
31/05/2025	70.000		\$	70.000
1/06/2025	70.000		\$	70.000
2/06/2025	70.000		\$	70.000
3/06/2025	70.000		\$	70.000
4/06/2025	70.000		\$	70.000
5/06/2025	70.000		\$	70.000
7/06/2025	70.000		\$	70.000
8/06/2025	70.000		\$	70.000
9/06/2025	70.000		\$	70.000
10/06/2025	70.000		\$	70.000
11/06/2025	70.000		\$	70.000
			\$	-
			\$	-
Observaciones: Se facturan 18 días durante el mes de corte con periodo de 24/05/2025 - 11/06/2025.			Subtotales: \$ 1.260.000 Descuentos: \$ - Total a Pag: \$ 1.260.000	
GREEN ENERGY BUILDERS SAS			A/C MANTENIMIENTO DE REDES SAS	

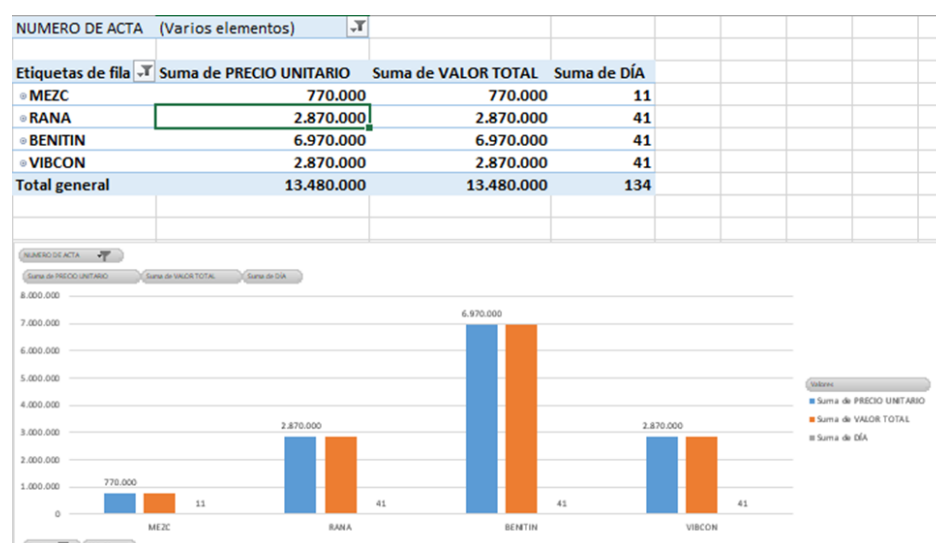
Nota. La figura muestra el formato de conciliación automática para equipos menores

Este formato representa la conciliación automática generada a partir de la base de datos de equipos menores. Funciona mediante vínculos internos con funciones condicionales y

fórmulas de búsqueda, lo cual permite que, al ingresar el nombre del equipo y el número de acta, se genere automáticamente el resumen de costos y días trabajados, esta herramienta fue clave para transparentar las cuentas con los proveedores de subarrendados, estandarizar los informes y optimizar el tiempo del personal administrativo en obra. (Archivo Green B, 2025)

Figura 19.

Resumen de equipos menores



Nota. La figura muestra el comportamiento operativo y económico de los equipos menores

En esta sección se resume el comportamiento operativo y económico de los equipos menores utilizados en obra, tales como mezcladoras, vibradores de concreto, motobombas y herramientas manuales subarrendadas. La información se presenta de forma gráfica y tabular, permitiendo visualizar de manera dinámica los costos acumulados, eficiencia de uso y frecuencia de operación por proveedor, esta visualización fue clave para el control presupuestal y para optimizar el uso de recursos en campo. (Archivo Green B, 2025)

Además, se implementó el diligenciamiento obligatorio de formatos preoperacionales por parte de los operadores, garantizando el control diario del estado de cada equipo, estos formatos incluían ítems clave como inspección visual general, verificación de niveles de aceite e hidráulico, revisión de neumáticos, sistema de frenos, luces operativas y reporte de anomalías mecánicas o eléctricas, esta práctica no solo promovió una cultura de prevención y responsabilidad entre los operarios, sino que también permitió detectar oportunamente fallas que podrían comprometer la continuidad del servicio o generar accidentes en obra.

Los reportes semanales fueron entregados oportunamente a la oficina del gerente de proyectos, quien realizaba la consolidación de datos y tomaba decisiones en conjunto con el equipo técnico sobre posibles mantenimientos preventivos o correctivos, de igual manera, se realizaron conciliaciones mensuales con las empresas proveedoras, en las cuales se cruzaban las horas reportadas en los formatos operativos con las actas de uso y facturación, este proceso fortaleció la trazabilidad operativa y financiera, minimizando discrepancias contractuales y garantizando transparencia en la facturación de servicios de maquinaria y equipos menores subarrendados.

Figura 20.

Inspección preoperacional de equipos

Tipo de maquinaria: <i>Chorro de agua</i>		Fecha (Desde en inicio): <i>2019</i>		Otro: <i>5-6-2019</i>				
Marca: <i>Case IH</i>	Modelo: <i>8254</i>	Empresa o contratista: <i>SESA</i>						
Nombre del conductor: <i>Miguel Ángel Soto</i>								
Los ítems señalados con asterisco (*) deben estar buenos. Si se encuentran Regulares o Malos Informe inmediatamente al responsable de los vehículos								
Conveniones: * Bueno, X Malo, F Falta, N No aplica		LUN	MAR	MIE	JUE	VEN	SAB	DOM
SISTEMA	ITEM							
MOTOR	Niveles de aceite de motor							
	Nivel de líquido refrigerante							
	Detectar fugas visibles							
ELECTRICO	Luces Delanteras y traseras							
	Pila y Alarma de reversa							
	Funcionamiento de tablero de instrumentos							
FRE NOS	Estado de baterías (purificación, ajuste de terminales y deformación)							
	Sigla (alarma sonora, desactivación leve)							
	Funcionamiento del freno de parqueo							
TREN DE FUERZA	Funcionamiento de bloqueo pedales de freno							
	Funcionamiento de palanca selector cambios							
	Funcionamiento de accionador doble transmisión							
SISTEMA HIDRAULICO	Detectar ruidos anormales en tren de fuerza							
	Detectar fugas de aceite (caja de velocidades)							
	Detectar fugas de aceite (diferenciales)							
LUMINOSIDAD	Niveles de aceite hidráulico tanque							
	Detectar fugas de aceite en los cilindros de levante							
	Detectar fugas de aceite en los cilindros de aguilón							
TREN DE FUERZA	Detectar fugas de aceite en las mangueras cilindros de levante							
	Estado de Lijas (huella, deformaciones, Cortes)							
	Verificar ajuste de pernos de ruedas							
SISTEMA HIDRAULICO	Estado del volante							
	Funcionamiento de palanca selector cambios							
	Funcionamiento de accionador doble transmisión							
LUMINOSIDAD	Detectar ruidos anormales en tren de fuerza							
	Detectar fugas de aceite (caja de velocidades)							
	Detectar fugas de aceite (diferenciales)							
SISTEMA HIDRAULICO	Niveles de aceite hidráulico tanque							
	Detectar fugas de aceite en los cilindros de levante							
	Detectar fugas de aceite en los cilindros de aguilón							
LUMINOSIDAD	Detectar fugas de aceite en las mangueras cilindros de levante							
	Estado de Lijas (huella, deformaciones, Cortes)							
	Verificar ajuste de pernos de ruedas							
CABINA / EXTERIOR	Estado del volante							
	Cinturón de Seguridad							
	Retractor Central / laterales							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Ajuste de alis							
	Funcionamiento y estado pedal de acelerador							
	Funcionamiento y estado manillar de aceleración							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Aseo y Limpieza							
	Control Elementos sueltos en la cabina							
	Estado Manos Mando							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Funcionamiento control balde							
	Funcionamiento control aguilón							
	Estado correa de operador							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Estado guardapiés mandos							
	Estado Sistema Giro Silla Operador							
	Cierre de puertas y Capot Funcionando, Ganchos en buen estado							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Vigencia de póliza extra/contractual							
	Maneja el equipo							
	Vigencia Licencia de conducción (disponibilidad y categoría C2 PUBLICO)							
DOCUMENTOS Y VARIOS	Funcionamiento guarda bloqueo balde							
	Sugerencia balde, ganchos							
	Vigencia y Carga Exterior							
RESPONSABLE DE INSPECCIÓN								
RELACION DE HORA MAQUINA POR DIA								
Se realiza inspección y desinfección del equipo SI O NO								
Se marca con una X en caso de NO realizarse inspección								
OBSERVACIONES:								
Firma del Operador SI / NO:								

Nota. La figura muestra el formato de inspección preoperacional utilizado diariamente por los operadores.

Los operadores antes de poner en marcha cualquier equipo este formato fue suministrado por el cliente (Enerland group, 2025) y contenía una lista de chequeo detallada con aspectos mecánicos, eléctricos y de seguridad. Su correcta diligenciación permitió evidenciar el estado técnico del equipo antes del inicio de cada jornada, identificar riesgos potenciales y documentar anomalías. Además, estos registros fueron esenciales para mantener la trazabilidad en caso de incidentes y para programar mantenimientos preventivos.

Figura 21.

Continuación de Preoperacional

Tipo de maquinaria: <u>América Reboconegad's</u>		Fecha: (Desde el día <u>18</u> hasta el día <u>22-06-23</u>)		Proyecto: <u>Asu Jardi n</u>				
Marca: <u>CASE</u>		Modelo: <u>2024</u>		Otro: <u>593 SW</u>				
Nombre del conductor: <u>CRISTIAN SUAREZ</u>		Empresa o contratista: <u>GREENB</u>						
Los ítems sombreados son críticos y deben estar buenos. Si se encuentran Regulares o Malos informar inmediatamente al responsable de los vehículos								
Convenciones: ✓ Bueno, X Malo, F Falta, N No aplica								
SISTEMA	ITEM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
MOTOR	Niveles de aceite de motor			✓	✓			✓
	Nivel de líquido refrigerante			✓	✓			✓
	Detectar fugas visibles			✓	✓			✓
ELECTRICO	Luces Delanteras y traseras			✓	✓			✓
	Pito y Alarma de Reversa			✓	✓			✓
	Funcionamiento de tablero de instrumentos			✓	✓			✓
FRE NOS	Estado de baterías (Sulfatación, ajuste de terminales y deformación)			✓	✓			✓
	Gps (alarma sonora, desactivación llave)			✓	✓			✓
	Funcionamiento del freno de parqueo			✓	✓			✓
TIEN DE FUERZA	Funcionamiento de bloqueo pedales de freno			✓	✓			✓
	Funcionamiento de palanca selector cambios			✓	✓			✓
	Funcionamiento de palanca selector marchas			✓	✓			✓
SISTEMA HIDRAULICO	Funcionamiento de accionador doble transmisión			✓	✓			✓
	Detectar ruidos anormales en tren de fuerza			✓	✓			✓
	Detectar fugas de aceite (caja de velocidades)			✓	✓			✓
LUMINARIA Y DIRECCION	Detectar fugas de aceite (diferenciales)			✓	✓			✓
	Niveles de aceite hidraulico tanque			✓	✓			✓
	Detectar fugas de aceite en los cilindros de levante			✓	✓			✓
CABINA EXTERIOR	Detectar fugas de aceite en los cilindros de aguilón			✓	✓			✓
	Detectar fugas de aceite en las mangueras cilindros de levante			✓	✓			✓
	Estado de Llantas (huella, deformaciones, Cortes)			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Verificar ajuste de pernos de ruedas			✓	✓			✓
	Estado del volante			✓	✓			✓
	Cinturón de Seguridad			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Retrovisores Central / laterales			✓	✓			✓
	Ajuste de sillas			✓	✓			✓
	Funcionamiento y estado pedal de acelerador			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Funcionamiento y estado manillar de aceleración			✓	✓			✓
	Aseo y Limpieza			✓	✓			✓
	Control Elementos sueltos en la cabina			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Estado Marcación Mandos			✓	✓			✓
	Funcionamiento control balde			✓	✓			✓
	Funcionamiento control aguilón			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Estado consolas operador			✓	✓			✓
	Estado guardapolvos mandos			✓	✓			✓
	Estado Sistema Giro Silla Operador			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Estado de vidrios			✓	✓			✓
	Vigencia de póliza extra/contractual			02-05-23	02-05-23			✓
	Matrícula del equipo			31-05-23	31-05-23			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Vigencia Licencia de conducción (disponibilidad y categoría C2 PUBLICO)			05/04/23	05/04/23			✓
	Funcionamiento guarda bloqueo balde			✓	✓			✓
	Sujeción balde, garras			✓	✓			✓
DOCUMENTOS Y VARIOS	Vigencia y Carga Extintor			✓	✓			✓
	Operativo (Si / No)			✓	✓			✓
	RESPONSABLE DE INSPECCIÓN			✓	✓			✓
RELACION DE HORA MAQUINA POR DIA		Se realiza limpieza y desinfección del equipo SI ó NO. Marcar con una X (en caso de NO realizarla indicar motivo)						
OBSERVACIONES:		SI						
		NO						
Equipo Operativo SI: <u>✓</u> NO: <u>NO</u>								

Nota. La figura muestra el formato de inspección preoperacional utilizado diariamente por los operadores.

En la figura 21 se aprecia la segunda sección del formato de inspección preoperacional, donde el operador debía firmar la conformidad del estado del equipo y registrar observaciones adicionales. La implementación de este formato reforzó el compromiso del personal con la operación segura y eficiente de la maquinaria. También permitió a la supervisión técnica consolidar un historial de desempeño por equipo y por operador, lo cual facilitó la toma de

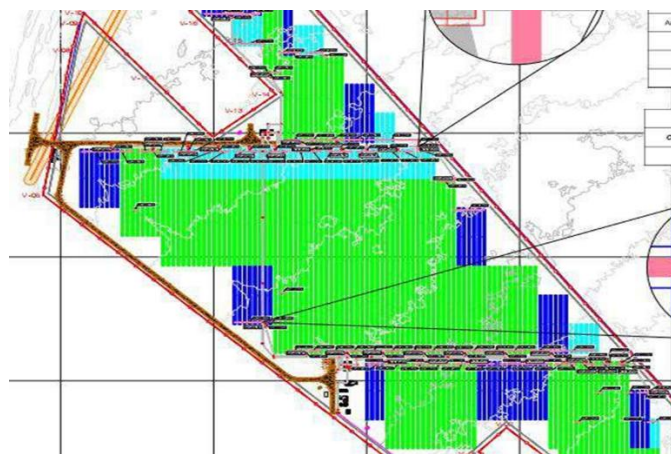
decisiones relacionadas con rotaciones, capacitaciones o asignación de responsabilidades en obra (Enerland group, 2025).

3.1.3. Fase 3: Supervisión del hincado de incas metálicas

Durante la tercera fase de la pasantía se realizó la supervisión técnica del proceso de hincado de incas metálicas, componente esencial de la obra mecánica del Parque Solar Jardín. Esta actividad requería una coordinación precisa con el equipo de topografía, así como un seguimiento riguroso a la cuadrilla operativa para garantizar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en los planos constructivos.

Figura 22.

Vista seccionada de instalación de módulos del parque



Nota. La figura muestra el color verde y azul los lugares de instalación de los módulos de todo el parque, imagen tomada de los planos generales del parque (Enerland group, 2025).

En primer lugar, se participó activamente en las reuniones de planificación matutinas, en las cuales se revisaban los puntos de referencia, cotas y coordenadas establecidas para el

hincado. Estas sesiones permitieron alinear los criterios técnicos entre el equipo topográfico y la cuadrilla de trabajo, optimizando así el rendimiento y reduciendo errores en campo.

Figura 23.

Reuniones diarias equipo de topografía



Nota. La imagen muestra la reunión de planificación

Las reuniones de planificación que se realizaban al inicio de cada jornada con el equipo de topografía y la cuadrilla de hincado. Estas sesiones eran fundamentales para revisar coordenadas, niveles de referencia y condiciones del terreno, así como para asignar los puntos específicos de instalación de las incas. En estas reuniones también se actualizaban los avances del día anterior, se corregían desviaciones detectadas y se aseguraba que la ejecución en campo estuviera alineada con los planos del proyecto. Este proceso de coordinación redujo errores de

ubicación y garantizó la precisión topográfica requerida en cada instalación. (Archivo Green B, 2025)

Pasos para el procedimiento de hincado

Figura 24.

Equipo Telehandler



Nota. La imagen muestra el equipo de Telehandler

La operación inicia con el transporte de las incas metálicas al sitio de trabajo, utilizando un equipo tipo Telehandler, el cual permite movilizar las estructuras desde el área de almacenamiento hasta el punto específico de instalación. (Enerland group, 2025) Una vez en el lugar designado, el personal obrero procede con la descarga manual, ubicando cada inca en posición vertical y asegurando su estabilidad previa al hincado, posteriormente, el operador de la máquina hincadora posiciona el equipo con precisión sobre la inca, cuidando que se cumplan las

condiciones de nivelación y verticalidad requeridas. Este ajuste inicial es fundamental para evitar desviaciones en el eje estructural y garantizar un hincado eficiente y seguro.

Figura 25.

Hincado de incas metálicas



Nota. La figura muestra el hincado de incas metálicas

El proceso de hincado de una inca metálica, ejecutado con equipo hidráulico especializado, el operador posiciona la hincadora sobre la inca previamente alineada y marcada, y posteriormente inicia el hincado vertical, controlando la velocidad y profundidad de penetración, este procedimiento fue supervisado de manera constante por el personal técnico, con el apoyo del equipo de topografía, quien verificaba que se respetaran las cotas y verticalidad especificadas en plano, la correcta ejecución del hincado es clave para la estabilidad estructural de los trackers que sostendrán los módulos fotovoltaicos, especialmente en terrenos variables como los del corregimiento de Valencia de Jesús. (Enerland group, 2025)

Figura 26.

Avance del proceso de hincado de incas metálicas en campo



Nota. La figura muestra el proceso de hincado de incas metálicas en campo

La imagen muestra un avance parcial del proceso de hincado de las incas metálicas en el Parque Solar Jardín. Este procedimiento se realizó de manera continua durante dos semanas, logrando la instalación total de 6.452 incas en el terreno destinado al montaje de los módulos fotovoltaicos. En la fotografía se puede observar una inca ya posicionada verticalmente sobre el terreno, esta etapa intermedia es clave para garantizar la correcta ubicación y alineación previa al hincado definitivo, validada posteriormente por el equipo de topografía.

Instalación de módulos fotovoltaicos. Una vez finalizadas las fases de hincado de incas y montaje de estructuras primarias, se procedió con la instalación de los módulos fotovoltaicos, actividad clave en la consolidación del sistema de generación de energía del Parque Solar Jardín. Esta etapa requirió una ejecución secuencial, precisa y coordinada entre el personal técnico y las

cuadrillas de montaje, siguiendo las especificaciones del manual de instalación de paneles PVH y los planos constructivos aprobados. (Pvh Tracker, 2024)

Figura 27.

Imagen general manual de instalación PVH



Nota. Esta es la imagen general del manual utilizado para la el montaje de la estructura de soporte

El procedimiento comenzó con el ensamblaje y fijación de la estructura metálica encargada de sostener los módulos solares. Estas estructuras, fabricadas en acero galvanizado, fueron colocadas directamente sobre las incas previamente hincadas, garantizando su correcta alineación y nivelación con el apoyo del equipo de topografía. La fijación se realizó mediante pernos de alta resistencia, asegurando estabilidad mecánica frente a cargas de viento y condiciones ambientales propias del terreno.

Figura 28.

Estructura de soporte de tracker



Nota. En la imagen se muestra la estructura de soporte de tracker

Se llevó a cabo la colocación de las omegas, perfiles metálicos diseñados para recibir las incas tipo girasol, que permiten el ajuste e inclinación óptima de los módulos según la orientación solar. Estas omegas fueron alineadas meticulosamente a lo largo del soporte estructural, garantizando la uniformidad en la pendiente de los módulos y el aprovechamiento eficiente de la radiación solar. Durante esta fase se utilizaron herramientas especializadas para asegurar la firmeza del ensamble y evitar desplazamientos futuros.

Figura 29.*Instalación de Trackers*

Nota. La imagen muestra el proceso de instalación de Trackers

Como lo señala (Ahmad et al., 2020, p. 1), “Los sistemas de seguimiento solar mejoran la eficiencia de los módulos fotovoltaicos al ajustar dinámicamente su orientación para seguir la trayectoria del sol.”, esta afirmación respalda la decisión técnica de implementar soportes giratorios tipo girasol, maximizando la captación solar en función de la posición del sol a lo largo del día .Durante esta fase se utilizaron herramientas especializadas para asegurar la firmeza del ensamble y evitar desplazamientos futuros que pudieran afectar la orientación o integridad estructural de los módulos.

Finalmente, se realizó la instalación de los módulos solares sobre los trackers. Cada módulo fue manipulado por personal capacitado, siguiendo protocolos de seguridad y utilizando elementos de protección personal para evitar daños físicos o mecánicos. Los módulos fueron fijados mediante grapas y tornillos específicos, diseñados para resistir esfuerzos mecánicos y

térmicos. Durante esta etapa también se validaron aspectos eléctricos como la continuidad de tierra, la orientación correcta del cableado y la distancia segura entre módulos, todo conforme a las normas del RETIE (ministerio de minas y energía, 2025) y recomendaciones del fabricante. El proceso concluyó con inspecciones visuales y pruebas preliminares de firmeza estructural y conexión, dejando la instalación lista para el proceso de conexión eléctrica y puesta en funcionamiento.

Figura 30.

Instalación de módulos fotovoltaicos



Nota. La imagen muestra la fase de montaje de los módulos fotovoltaicos Jinko Tiger

Figura 31.

Parte posterior instalación de módulos



Figura 32.

Vista seccional módulos instalados



La instalación de los módulos fotovoltaicos en el Parque Solar Jardín se desarrolló en tres etapas principales: el montaje de la estructura de soporte, la fijación de omegas para incas tipo girasol y la colocación final de los módulos. Inicialmente, se ensamblaron y nivelaron los perfiles estructurales sobre las incas previamente hincadas. Luego, se instalaron las omegas, elementos fundamentales para permitir la inclinación óptima de los módulos, maximizando la captación solar mediante orientación controlada.

Finalmente, se procedió con la instalación de los módulos fotovoltaicos Jinko Solar de 650 W, cuidando aspectos eléctricos, estructurales y normativos como la continuidad a tierra, la correcta alineación del cableado y las distancias mínimas entre paneles. Este procedimiento fue ejecutado por personal capacitado y bajo los estándares exigidos por el RETIE (ministerio de minas y energía, 2025), dejando el sistema listo para su integración eléctrica y puesta en funcionamiento.

4.Diagnóstico final

Durante el desarrollo de la pasantía en la empresa Green Energy Builders S.A.S., se pudo tener una visión integral del proceso constructivo de un parque solar fotovoltaico, participando activamente en las fases civil y mecánica del Parque Solar Jardín, ubicado en el corregimiento de Valencia de Jesús, Valledupar, esta experiencia me permitió identificar de manera directa fortalezas, oportunidades de mejora, limitaciones técnicas y logísticas propias de este tipo de proyectos, lo que derivó en un aprendizaje práctico valioso tanto en el campo profesional como personal.

Desde mi rol como pasante en la oficina técnica, evidencié que uno de los principales aciertos del proyecto fue la rigurosidad en el seguimiento de procedimientos constructivos, especialmente en actividades como el replanteo topográfico, la excavación de zanjas tipo DC y la elaboración de informes PPI, los cuales se manejaron con altos estándares técnicos, bajo la supervisión constante del personal calificado. Esto permitió garantizar que cada tarea se ejecutara conforme a las especificaciones del cliente y dentro de los parámetros normativos exigidos por el RETIE. (ministerio de minas y energía, 2025)

No obstante, también identifiqué ciertas debilidades operativas que, aunque no impidieron el avance del proyecto, sí representaron oportunidades de mejora, por ejemplo, en las primeras semanas de trabajo se evidenció una falta de control digitalizado sobre el uso de maquinaria y equipos menores, lo cual generaba inconsistencias en la conciliación con proveedores, frente a esta problemática, diseñé e implementé una base de datos automatizada con

formatos de control, conciliación y seguimiento, la cual optimizó la trazabilidad de cada equipo y permitió a la empresa tomar decisiones más eficientes y transparentes, esta herramienta fue muy bien recibida por la oficina de gerencia y quedó establecida como modelo para futuros proyectos.

En la fase de hincado de incas metálicas, observé que la clave del éxito operativo estuvo en la articulación entre el equipo de topografía y las cuadrillas de trabajo, la planificación diaria, la interpretación adecuada de los planos y el uso correcto del equipo hidráulico fueron aspectos determinantes para alcanzar un rendimiento de más de 6.400 incas instaladas en solo dos semanas, lo cual considero uno de los logros más representativos durante mi proceso de formación profesional. Sin embargo, también pude percibir que algunas desviaciones en la verticalidad inicial de ciertas incas se debieron a deficiencias en el marcaje previo, por lo que propuse fortalecer el proceso de verificación conjunta antes de iniciar el hincado en cada punto.

En cuanto al montaje de los trackers y módulos fotovoltaicos, fue evidente que el cumplimiento de protocolos de seguridad y el seguimiento de manuales técnicos por parte de las cuadrillas permitió que esta etapa se desarrollara con precisión y sin incidentes. La calidad del trabajo quedó reflejada en la correcta alineación de los módulos y la consolidación estructural del sistema, lo cual fue validado mediante inspecciones y pruebas preliminares antes de la conexión eléctrica.

Finalmente, considero que uno de los aprendizajes más significativos fue haber comprendido la importancia de la planificación, trazabilidad y documentación en proyectos de gran escala. Cada informe, cada PPI, cada base de datos y cada registro fotográfico constituyeron

una evidencia concreta del trabajo realizado, y reforzaron mi disciplina como futuro ingeniero mecánico. Esta pasantía me permitió consolidar competencias en gestión de obra, control técnico, trabajo en equipo y solución de problemas reales en tiempo limitado.

5. Conclusiones

Las actividades desarrolladas durante mi pasantía en la empresa Green Energy Builders S.A.S., en el marco del proyecto Parque Solar Jardín, permitieron cumplir de forma clara y medible con los objetivos específicos planteados desde el inicio del proceso formativo, a continuación, se presentan las conclusiones que corresponden directamente a cada uno de los objetivos.

Respecto al acompañamiento técnico en la construcción de zanjas tipo DC, se logró participar activamente en todas las etapas del proceso: revisión de planos, replanteo topográfico, excavación, instalación de ductos, relleno y elaboración de informes PPI. Este acompañamiento fortaleció mi criterio técnico en la ejecución de obras civiles bajo normativas como el RETIE (ministerio de minas y energía, 2025), y me permitió comprender la importancia de la supervisión continua y la documentación precisa.

En cuanto al control y registro de maquinaria y equipos menores, diseñé e implementé un sistema digital basado en Excel que permitió clasificar, monitorear y conciliar el uso de equipos en obra. Esta herramienta resolvió fallas en la trazabilidad inicial y mejoró la eficiencia administrativa del proyecto, cumpliendo así con el objetivo de asegurar el uso adecuado y la disponibilidad de estos recursos.

Con relación a la supervisión del hincado de incas metálicas, se participó activamente en coordinación con el equipo de topografía, el seguimiento en campo y el control de verticalidad,

profundidad y alineación, este proceso que resultó en la instalación de más de 6.400 incas en dos semanas, consolidó mis habilidades para gestionar personal, interpretar planos estructurales y tomar decisiones técnicas en tiempo real.

En definitiva, esta pasantía no solo representó una etapa de aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional, sino que también me permitió aportar soluciones reales dentro de un proyecto de gran impacto en el marco de la transición energética del país, haber hecho parte del Parque Solar Jardín me deja la satisfacción de contribuir técnicamente a una obra sostenible, y el compromiso de seguir preparándome como ingeniero para enfrentar con criterio y responsabilidad los retos del sector energético en Colombia.

6.Recomendaciones

A partir de las observaciones realizadas durante el desarrollo de mis funciones como pasante en la oficina técnica del Parque Solar Jardín, propongo las siguientes recomendaciones como sugerencias para fortalecer los procesos constructivos, operativos y administrativos en futuros proyectos de la empresa:

Digitalizar de forma centralizada el control de maquinaria y equipos menores desde el inicio del proyecto. Aunque se logró establecer una herramienta digital para este fin durante el desarrollo de la obra, se recomienda que este sistema sea diseñado, probado e implementado desde la etapa de planeación, esto permitiría evitar inconsistencias en la conciliación de horas trabajadas y facilitaría el monitoreo de disponibilidad, fallas y mantenimiento de equipos, mejorando así la trazabilidad y la eficiencia operativa.

Por otra parte, se sugiere desarrollar una plataforma integrada donde cada formato preoperacional diligenciado por los operadores pueda alimentar automáticamente el historial de uso y estado técnico de los equipos esto permitiría establecer alertas tempranas para mantenimiento preventivo, mejorar la toma de decisiones y reducir el riesgo de fallas en momentos críticos del proyecto.

Aunque se lograron altos índices de productividad en el hincado de incas metálicas, se recomienda mejorar la precisión del marcaje inicial en campo mediante doble verificación topográfica y registro fotográfico de cada punto antes de ejecutar el hincado, esta práctica

reduciría el margen de error en la verticalidad o alineación de estructuras, evitando retrocesos y afectaciones a la instalación posterior de los módulos.

Implementar un sistema de control documental técnico unificado por frentes de trabajo
En obras de gran escala como la del Parque Solar Jardín, donde coinciden múltiples frentes (obra civil, obra mecánica), se sugiere estructurar una carpeta digital compartida con documentos clasificados por actividad, fecha, responsable y evidencia visual, esto facilitaría el acceso rápido a los registros técnicos y evitaría retrasos en aprobaciones, auditorías o cierres de hitos constructivos.

Finalmente, es recomendable construir un documento final interno que consolide los aprendizajes adquiridos, los errores comunes evitados, y las soluciones implementadas exitosamente durante este proyecto, esta herramienta podrá servir como base para estandarizar procesos y capacitar al personal en futuros desarrollos fotovoltaicos.

En conclusión, las recomendaciones aquí presentadas surgen de la experiencia directa vivida durante el desarrollo del proyecto, y buscan aportar al mejoramiento continuo de los procesos técnicos, logísticos y administrativos de la empresa. Confío en que su implementación permitirá optimizar tiempos y fortalecer la eficiencia operativa en futuras obras, como futuro ingeniero mecánico, me siento agradecido por haber contribuido a un proyecto de esta magnitud y me comprometo a seguir construyendo soluciones que impulsen el desarrollo sostenible del país.

Referencias

AkzoNobel. (2024). Interthane® 990 (Normas ASTM D4587 / ISO 16474-3).

https://international.brand.akzonobel.com/m/2a7bc2f796297109/original/Interthane_990_spa_usa_LTR_20221020.pdf

ASTM International. (2017). ASTM D3359-17: Standard test methods for rating adhesion by tape test. <https://www.astm.org/d3359-17.html>

ASTM International. (2021). ASTM D4541-21: Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers. <https://www.astm.org/d4541-21.html>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (s.f.). Página oficial. <https://www.anla.gov.co/>

Congreso de la República de Colombia. (1991). No Title. *Constitucion Politica de Colombia*.

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 55 de 1993: Por la cual se dictan normas sobre sustancias químicas. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687>

Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 143 de 1994. *Diario Oficial No. 41.434*.

Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 697 de 2001. *Diario Oficial No. 44.509*.

Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014. *Diario Oficial No. 49.149*.

Ministerio de Ambiente de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993: Normas ambientales, Colombia.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Ministerio de Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015: Normas de seguridad y salud en el trabajo.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Ministerio de Trabajo. (2023). Resolución 2851 de 2023: Normas de seguridad y salud en el

trabajo. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=153457>

Presidencia de la República / Ministerio de Relaciones Exteriores. (1995). Decreto 1973 de

1995: Normas sobre sustancias químicas. [https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)