



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO ON-GRID PARA PARQUE INTERACTIVO
INNOVAMENTE EN IBAGUÉ TOLIMA**

AUTOR:

EVER NORBERTO RUBIANO AVILA

DIRECTOR:

ANTONIO GAN ACOSTA

Título académico

Ph.d.

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
FECHA 20/06/2022**

TITULO

**SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO ON-GRID PARA PARQUE INTERACTIVO
INNOVAMENTE EN IBAGUÉ TOLIMA.**

AUTOR:

EVER NORBERTO RUBIANO AVILA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

DIRECTOR:

ANTONIO GAN ACOSTA

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
FECHA 20/06/2022**

DEDICATORIA

A mi familia maravillosa quienes han confiado en mí siempre, en especial mi madre ejemplo de superación y humildad, enseñándome apreciar todo lo que tengo, me ha formado con buenos valores, siempre apoyándome en los proyectos de superación, a todos los que creyeron en mí y contribuyeron en el proceso para llegar a este logro, a todos aquellos les dedicó este trabajo, espero contar siempre con ustedes, en mi tienen una amistad eterna.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión y proyecto, a todas las personas que me acompañaron en el proceso, amigos que me fortalecieron psicológicamente, sentimentalmente y espiritualmente cuando fue necesario, me motivo para seguir, a los profesores, ingenieros que facilitaron el conocimiento que ahora son mis herramientas para construirme un buen futuro y mejorar la calidad de vida de los míos, agradezco a la universidad de Pamplona que me dio la oportunidad de formarme como profesional y tener el orgullo de decir que es mi alma mater, a los compañeros y conocidos, con su ayuda pude superar obstáculos, gracias por confiar en mí, gracias a su aporte puedo materializar mis sueños, de corazón gracias a todos los que al final en algo han aportado a lo largo de este camino lleno de experiencias, gracias a la vida por estar aquí, por lo aprendido, porque cada situación, evento, cosa, cada mínima cosa me ha traído donde estoy, pase lo que pase, siempre lo hare de todos modos, porque agradecer para mí, si es una ley de oro.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
3.2 JUSTIFICACIÓN	14
4. ESTADO DEL ARTE MARO DE REFERECIA	15
5. RESULTADOS	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA	44

Tabla de figuras.

<i>Ilustración 1 cantidad de paneles</i>	14
<i>Ilustración 2 Conexión del smart meter</i>	16
<i>Ilustración 3 Cuadro de cargas</i>	17
<i>Ilustración 4 Calculo del barraje</i>	18
<i>Ilustración 5 Análisis de riesgo eléctrico</i>	18
<i>Ilustración 6 Características de los paneles del fabricante</i>	18
<i>Ilustración 7 Conductores, protecciones para el tablero fotovoltaico</i>	21
<i>Ilustración 8 Diámetro de los conductores para saber el área de ocupación en la ductería</i>	22
<i>Ilustración 9 Cubiertas donde se instalaron los paneles</i>	23
<i>Ilustración 10 Visita al sitio de trabajo hacer inspección visual.</i>	23
<i>Ilustración 11 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico tipo ON-GRID</i>	24
<i>Ilustración 12 Ubicación de los paneles distribución y orientación.</i>	25
<i>Ilustración 13 Nivelando la estructura para fijarla y que los paneles queden bien distribuidos.</i>	26
<i>Ilustración 14 Estructura en aluminio, que fija los paneles a la cubierta.</i>	26
<i>Ilustración 15 Accesorios de fijación en aluminio, utilizados para el montaje del sistema fotovoltaico.</i>	26
<i>Ilustración 16 Fijando los paneles con una torquedadora, para evitar el exceso de fuerza y quebrar los paneles.</i>	26
<i>Ilustración 17 96 paneles solares almacenados, material que conforma el sistema fotovoltaico.</i>	27
<i>Ilustración 18 cubiertas intervenidas, donde se instalaron los paneles del sistema fotovoltaico.</i>	27
<i>ilustración 19 áreas intervenidas donde se instalaron paneles solares.</i>	27
<i>ilustración 20 instalación de estructura y fijación de paneles terminada.</i>	27
<i>Ilustración 21 Inversor marca Fronius de 15kVA</i>	28
<i>Ilustración 22 Data manager del inversor, es el encargado de la comunicación con el Smart meter, medidor de inyección cero y controlar los MPPT.</i>	28
<i>ilustración 23 inversor de 15kwp y 10kwp fijados en la estructura.</i>	28
<i>ilustración 24 inversor de 15kwp y 10kwp fijados en la estructura.</i>	28
<i>Ilustración 25 Estructura donde se van a fijar los gabinetes para las protecciones del sistema fotovoltaico.</i>	29
<i>Ilustración 26 Gabinetes e inversores instalados y operando.</i>	29
<i>Ilustración 27 Tablero de generación fotovoltaico 208/120V</i>	29
<i>Ilustración 28 Placa característica del gabinete, los materiales con IP 65 aptos para intemperie.</i>	29
<i>Ilustración 29 Gabinete de medidor de inyección cero, Smart meter.</i>	30
<i>Ilustración 30 Placa característica del gabinete de inyección cero</i>	30
<i>Ilustración 31 Gabinete de medidor de inyección cero, Smart meter, internamente.</i>	30
<i>Ilustración 32 Smart meter y Totalizador del medidor de inyección cero.</i>	30
<i>Ilustración 33 Protecciones de los inversores y totalizador del sistema fotovoltaico.</i>	31
<i>Ilustración 34 Totalizador fotovoltaico.</i>	31
<i>Ilustración 35 Protección del inversor de 15kWp</i>	31
<i>Ilustración 36 Protección del inversor de 10kWp</i>	31
<i>Ilustración 37 Técnica de limpieza de paneles con cepillo removedor</i>	32
<i>Ilustración 38 . Partes del inversor Fronius.</i>	33
<i>Ilustración 39 Desmontaje de tapa de comunicaciones para acceder a los equipos, uso de destornillador.</i>	33
<i>Ilustración 40 Acceso a los fusibles dentro del inversor, verificación de continuidad, inversor Fronius.</i>	34

<i>Ilustración 41 Bornera de conexiones AC del inversor (FRONIUS CO, 2021)</i>	35
<i>Ilustración 42 Porta fusible Feed, Fusible conectado, fusible desconectado</i>	36
<i>Ilustración 43 DPS Suntime, ventanilla de verificación del estado del DPS de marca CHINASUNTREE.</i>	36
<i>Ilustración 44 DPS internos de los inversores.</i>	37
<i>Ilustración 45 Protección del inversor DPS internos de los inversores.</i>	37
<i>Ilustración 46 Monitoreo en tiempo real de la generación</i>	38
<i>Ilustración 47 Gráfica de costos de operación anual</i>	39
<i>Ilustración 48 Gráfica de proyección de costos de operación con el SFV en 6 años</i>	40
<i>Ilustración 49 Los 96 paneles del proyecto almacenados.</i>	44
<i>Ilustración 50 Labores en obra como ingeniero practicante</i>	44
<i>Ilustración 51 El primer panel instalado al iniciar labores.</i>	44
<i>Ilustración 52 Inicio de labores en la cubierta A.</i>	44
<i>Ilustración 53 Cubierta A con los paneles fijados a la estructura.</i>	44
<i>Ilustración 54 Montaje en la cubierta A</i>	44
<i>Ilustración 55 Labores de supervisión de obra con de la cuadrilla de trabajo.</i>	44
<i>Ilustración 56 Labores en cubiertas A,B y C terminadas paneles fijados a la estructura.</i>	44
<i>Ilustración 57 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.</i>	44
<i>Ilustración 58 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.</i>	44
<i>Ilustración 59 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.</i>	44
<i>Ilustración 60 Labores en sitio de trabajo.</i>	44
<i>Ilustración 61 Materiales y herramientas para el gabinete fotovoltaico.</i>	44
<i>Ilustración 62 Montaje del tablero fotovoltaico.</i>	44
<i>Ilustración 63 Protecciones y barrajes premoldeados del gabinete fotovoltaico.</i>	44
<i>Ilustración 64 Protecciones y barrajes premoldeados del gabinete fotovoltaico.</i>	44
<i>Ilustración 65 Inversores froniuss de 10 y 15 kW</i>	44
<i>Ilustración 66 Inversores internamente.</i>	44
<i>Ilustración 67 Estructura para fijar los gabinetes y equipos inversores.</i>	44
<i>Ilustración 68 Estructura para fijar los gabinetes y equipos inversores.</i>	44
<i>Ilustración 69 Labores de obra montaje de los gabinetes, ductos y conductores del sistema fotovoltaico.</i>	44
<i>Ilustración 70 Labores de obra como ingeniero practicante en jornada nocturna para cumplir con la entrega del proyecto.</i>	44
<i>Ilustración 72 Inversores fijados en la estructura metálica.</i>	44
<i>Ilustración 71 Gabinete fotovoltaico he inversores fijados en la estructura.</i>	44

RESUMEN

Con el presente trabajo de grado se puso en práctica los conocimientos ingenieriles adquiridos en el proceso de formación académica en la universidad de pamplona, mediante un proyecto de generación fotovoltaica, evaluando las ventajas y desventajas de implementar un sistemas de energías alternativas, también evidenciar los diferentes imprevistos que se pueden presentar mediante la dinámica de la obra, una de las funciones asignadas como ingeniero practicante en la empresa Suncolombia apoyar la ejecución y legalización de un sistema de generación fotovoltaico de 30Kwp como respaldo energético del Parque Innovamente en Ibagué-Tolima, es un parque interactivo y tecnológico que se abre al público con el fin de mostrar experiencias relacionadas con diferentes campos de la ciencia, es en un sector marginal de la ciudad, donde la gobernación dono un lote para su construcción, mejorando las condiciones socio-económicas de la zona, la energía será distribuida para los circuitos en las horas de operación del parque.

ABSTRACT

With this degree work, the engineering knowledge acquired in the process of academic training at the University of Pamplona, related to electrotechnics and photovoltaic generation processes, was put into practice, exposing the advantages and disadvantages of implementing alternative energy systems, also evidence the different contingencies that can occur through the dynamics of the work, the functions assigned as a practicing engineer in the Suncolombia company, supported the execution and legalization of a 30Kwp photovoltaic generation system as energy backup in the Innovamente Park in Ibagué -Tolima, is an interactive and technological park that is open to the public in order to show experiences related to different fields of science, it is in a marginal sector of the city, where the government donated a lot for its construction, improving conditions socio-economic of the area, the energy will be distributed to the circu Module lighting ites, perimeter areas and some internal areas.

1. INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como finalidad definir las actividades de instalación, operación y balance económico costo-beneficio para el sistema fotovoltaico instalado en el Parque Innovamente de Ibagué- Tolima, con el fin de mantener la vida útil del proyecto, mejorando la producción energética, optimizando los costos de operación para el parque, minimizando los riesgos de origen eléctrico, manteniendo estándares de control de calidad y seguridad e involucrando únicamente personal calificado.

Colombia está ubicado en una de las mejores posiciones geográficamente para la instalación de soluciones de energías renovables no convencionales, (Sistemas Solares Fotovoltáicos) dado que los promedios de radiación y horas de luz solar con que cuenta nuestro país son de los más altos del planeta, esto permite que la eficiencia alcanzada por los paneles solares y los demás elementos que componen el sistema, sea superior a la alcanzada por los mismos en países como Alemania o España quienes están a la vanguardia en estas soluciones.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar mediante supervisión la ejecución de un Sistema de generación fotovoltaica para parque interactivo Innovamente en Ibagué Tolima.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar el montaje y ejecución de un sistema de generación con energía renovable para un parque interactivo como herramienta de transformación social y económica.
- Establecer la carga instalada en el parque y relacionar la potencia que puede asumir el sistema de generación fotovoltaico como respaldo, haciendo una relación costo beneficio.
- Evaluar el beneficio del sistema fotovoltaico como respaldo energético teniendo en cuenta el costo de operación.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pandemia del covid-19 ha causado más trastornos en el sector energético que cualquier otro evento en la historia reciente, dejando impactos que se sentirán en los próximos años, En la primera línea de la batalla contra COVID-19, está la energía para los hogares y los centros de salud.[7]

En las regiones donde la red eléctrica es poco confiable o incluso inexistente, las tecnologías de energía limpia proporcionan soluciones que se pueden implementar rápidamente. Con energía confiable, los centros de salud rurales, entidades gubernamentales, sitios públicos, entre otros. pueden trabajar y ofrecer sus servicios. “Cada vez es más fácil encontrar pro-sumidores de energía, es decir, usuarios que consumen energía, pero también generan su propia energía de operación, con sistemas fotovoltaicos e incluso podrían vender sus excedentes de producción al operador de red, Aportando y mejorando déficit energético de algunas zonas del país, teniendo en cuenta que facilitar el suministro de energía y de buena calidad, lleva desarrollo, progreso a los lugares y mejor calidad de vida para las personas”.[7]

Se ejecuto la construcción de un generador fotovoltaico de autoconsumo con capacidad de 30kWp con el fin de ser suministrados como respaldo energético al Parque innovamente, se instalaron en las cubiertas disponible, que cumplieran las condiciones estructurales para soportar el peso y fijar los paneles, La potencia instalada será suministrada con paneles translúcidos y paneles convencionales. Los primeros se instalaron en sitios visibles con paso de personal y visitantes aprovechando sus propiedades que permiten la filtración de luz natural en los espacios, la potencia generada por el sistema fotovoltaico, se inyecta al tablero general de acometidas, aportando energía aprovechando las horas de mayor radiación solar, respaldando la operación del parque.

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

“Los Sistemas Fotovoltaicos son muy confiables y seguros, su vida útil puede extenderse hasta los 25 años. Sin embargo, un SFV está expuesto a intemperie, condiciones ambientales con esfuerzos considerables, como los cambios bruscos de temperatura, lluvia o tormentas, radiación UV, polución, entre otros, que con el paso del tiempo pueden afectar su rendimiento”.[7]

Para disminuir estos efectos y garantizar una óptima operación, también se implementa un plan de mantenimiento, Pese a que todos los componentes de un SFV tienen que cumplir los requerimientos normativos para su instalación en la intemperie, se pueden presentar fallas en los fusibles de las protecciones, por lo general estas fallas pueden ser reparadas a bajo costo, pero es necesario que todo los componentes, conexiones y materiales, estén en las mejores condiciones de trabajo, de lo contrario afectan el rendimiento y los ahorros esperados en la facturación de electricidad no se verá compensado.

Las ventajas de implementar un plan de operación y Mantenimiento se reflejan, por ejemplo, en:

- Mejorar el rendimiento del SFV, captando y suministrando la mayor cantidad de energía durante su operación.
- Preservar la vida útil de los componentes del sistema fotovoltaico.
- Minimizar los costos de operación del parque Innovamente y mantenimiento del SFV.

3.2 JUSTIFICACIÓN

El proyecto consiste en la instalación de un sistema de autogeneración de energía solar fotovoltaica, tipo On-Grid con inyección cero a la red con las siguientes características: capacidad instalada en DC de 30kWp que es captada y generada por los paneles solares, y una capacidad instalada para uso final en AC de 25kW, que es suministrada por los equipos inversores al transformarse y estar disponible para uso final, los sistemas On-Grid tienen conexión a la red eléctrica, trabajan en conjunto ya que el sistema fotovoltaico toma la señal de voltaje de la red como referencia, en baja tensión (220V/120V 3Φ). La potencia generada se aporta en el tablero eléctrico, del cuarto eléctrico del parque innovamente.

Los equipos, dispositivos y componentes del sistema, están definidos de la siguiente forma:

96 paneles que aportan el 29,92Wp DC.

2 inversores Fronius de 15kW y 10kW AC.

1 gabinete de protecciones en DC

1 tablero fotovoltaico en la cubierta.

1 sistema de inyección cero, compuesto por un medidor Fronius y un Datamanager.

54 paneles de 280w
30 paneles de 395w
12 paneles de 260w Translucidos

Ilustración 1 cantidad de paneles

“Según un informe reciente de XM, ente administrador de la comercialización de energía en Colombia, desde el 20 de marzo y al 16 de abril de 2020 se redujo la demanda energética en un 15%, producto de la cuarentena obligatoria que inicio en algunos departamentos y luego desde el 25 de marzo rigió para todo el país. Al igual que muchos otros países, Colombia necesita y ha empezado a experimentar una transición hacia un nuevo paradigma energético, caracterizado por cinco grandes tendencias, también conocidas como las 4Ds: descarbonización, La digitalización, La democratización, La desregularización”. [7]

La estructura de mercado del sector en Colombia tomó forma a mediados de los 90s gracias a la ley de servicios públicos y ley de energía eléctrica que permitió la entrada de las empresas. Sin embargo, bajo el nuevo paradigma de las 4Ds, la integración de nuevas tecnologías energéticas y digitales, así como nuevos agentes de mercado ciudadanos, empresarios con intereses y comportamientos particulares, genera grandes retos en la planeación y operación del sistema.

4. ESTADO DEL ARTE MARCO TEÓRICO

Sistema de inyección cero

Definición: Los sistemas de inyección cero, son dispositivos que miden en tiempo real la producción solar y el consumo eléctrico real de una instalación, de forma que en el momento en que la producción solar supera al consumo, se disminuye de manera automática la producción solar para evitar la entrega de excedentes a la red eléctrica del operador. Este proceso se realiza moviendo el punto de trabajo de los inversores asociados a la instalación. A partir de esta definición se especifica el sistema utilizado para garantizar la inyección de toda la energía generada en el parque innovamente.

Equipos relacionados en la inyección cero

- **Medidor bidireccional o de inyección cero, Fronius Smart Meter**
- **Inversor Master:** Fronius Symo 15.0-3 220, y 10.0-3 220
- **Controlador:** Data Manager
- **Elemento de medición de corriente:** Bobinas de Rogowski por fase.
- **Medición de Tensión:** Derivación de las fases directamente al Smart meter.

Funcionamiento

El sistema de inyección cero, está controlado por el datamanger a través de una conexión ethernet con cable UTP cat. 6A, entre inversores y el Fronius Smart meter. Este equipo recibe las señales de corriente y tensión en el punto de mayor consumo de la red eléctrica del cliente. El datamanger compara este valor con la producción de energía censada por los inversores y de esta manera modifica el punto de trabajo a conveniencia, en este caso para disminuir la producción solar, de ser necesario. La parametrización de la inyección cero se realiza mediante un comisionamiento, una configuración de los equipos, vinculando todos en una red, de tal manera que se pueda establecer un protocolo de datos. El proceso de comisionamiento se realiza en la plataforma Fronius por un ingeniero electricista al que se le asigna esa labor para ajustar los parámetros eléctricos.

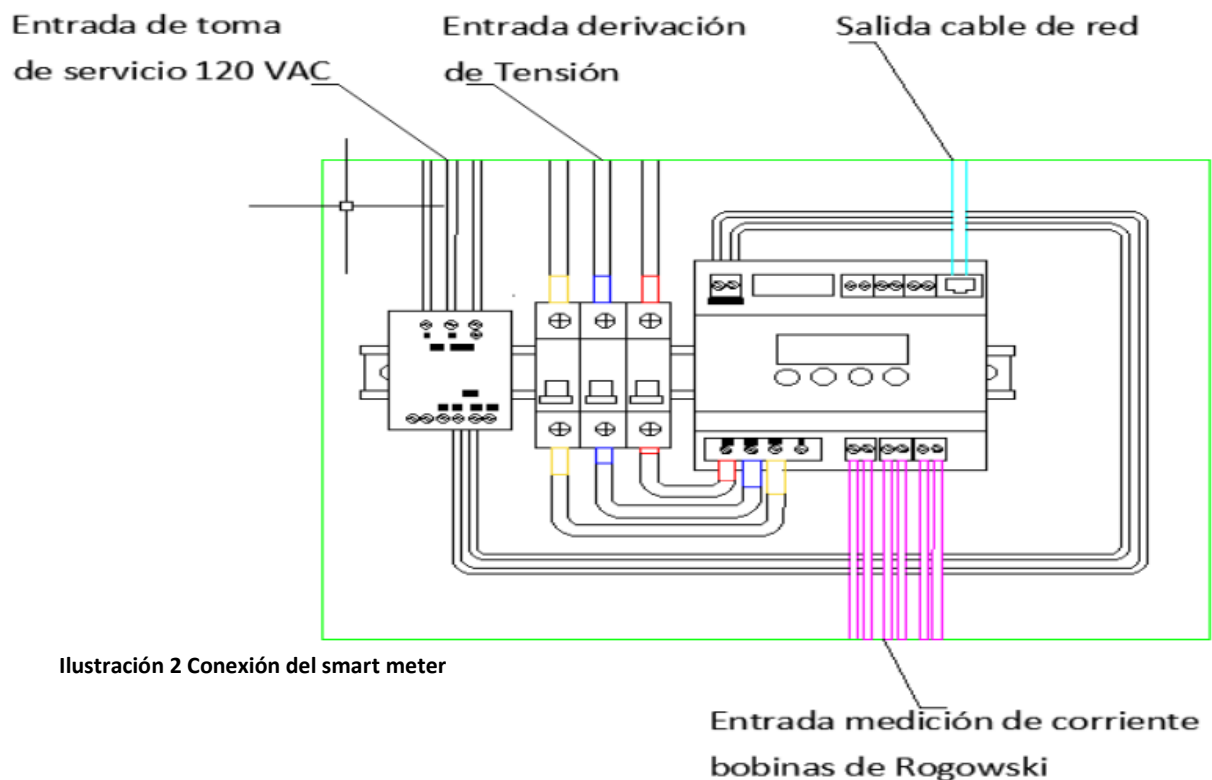


Ilustración 2 Conexión del smart meter

Topología de red

En la ilustración 2, se muestra la conexión para el sistema de inyección cero, también la medición indirecta en el punto de mayor flujo energético, que es el barraje del tablero general de acometidas. En general se dispone de 1 punto de red suministrado por el cliente, para la conexión del datamanager y el equipo de inyección cero, el cual estará ubicado cerca al tablero general de acometidas y se encargará de dar la referencia a los inversores para limitar la potencia a fin de lograr la inyección cero especificación requerida en el proyecto.

MEMORIAS DE CALCULOS.

CUADRO DE CARGAS: El sistema fotovoltaico del parque interactivo innovamente cuenta con un gabinete el cual contiene los totalizadores de la energía que aportan los inversores, estos a su vez está conectado al tablero general del parque para suministrar y distribuir a los circuitos del parque. A continuación, se presenta el cuadro de cargas correspondiente al tablero fotovoltaico.

TABLERO	OBSERVACIONES	CARGA (W)			CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN (A)	CIRCUITO	FASES	CIRCUITO	PROTECCIÓN (A)	CONDUCTOR AWG	CARGA (W)			OBSERVACIONES	TABLERO		
		FASE R	FASE S	FASE T								FASE R	FASE S	FASE T				
CARGA (W)	TIPO DE CARGA							R	S	T					TIPO DE CARGA	CARGA (W)		
tablero de generación fotovoltaica	INVERSOR 1	5000			6	3X50	1				2	6	3,33		INVERSOR 2	tablero de generación fotovoltaica		
			5000		6		3				4	6		3,33				
				5000	6		5				6	6		3,33				
	TOTAL (W)	5000	5000	5000				8,333	8,333	8,333			3,33	3,33	3,33			
	CARGA TOTAL (W)							25000			CARGA TOTAL (W)							
	CORRIENTE In (A)							69,39306			CORRIENTE In (A)							
	CORRIENTE In (A) X 1,25							86,7413			CORRIENTE In (A) X 1,25							
PROTECCIÓN TERMOMAGNETICA							3x100			PROTECCIÓN TERMOMAGNETICA								
ACOMETIDA ELÉCTRICA							3X2F+2N+6T			ACOMETIDA ELÉCTRICA								

Ilustración 3 Cuadro de cargas

CÁLCULO DE BARRAJES

Para el dimensionamiento de los barrajes del Tablero fotovoltaico usaremos las normas NTC 3444.

Dimensionamiento	CORRIENTE [A]	ANCHO X ESPESOR
FASE In 150%	104,089 A	15 x 2mm ²
NEUTRO In 100%	69,3930 A	15 x 2mm ²
TIERRA >200 A	200 A	15 x 2mm ²

Ilustración 4 Calculo del barraje

FACTORES DE RIESGO	RECOMENDACIONES
Arcos eléctricos	Se respetaron las distancias de seguridad, es especificaron conectores certificados para empalmes y uniones.
Contacto directo	Tableros que cumplen con la norma y aislamiento de partes activas, puesta a tierra,
Contacto indirecto	Se respetaron distancias de seguridad, tiene protecciones equipotenciales.
Corto circuito	Se cuentan con dispositivos automáticos con disparo de máxima corriente.
Equipos defectuosos	Diseño cumpliendo con las normas técnicas, mantenimiento solo por personal técnico capacitado.
Tensión de paso	Se cuenta con un sistema de puesta a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad de piso y sistema eléctrico equipotencializado.
Sobrecarga	Tiene interruptores automáticos con dispositivo de disparo máximo de corriente, dimensionamiento de conductores y equipos de acuerdo con la norma.

Ilustración 5 Análisis de riesgo eléctrico

SELECCIONAR LAS PROTECCIONES DPS PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

La conexión en DC string el arreglo que tiene mayor cantidad de paneles es de 18 y el menor es un string de 15 paneles. Con las características de la tabla. Debido a que el voltaje que pueden alcanzar los paneles varía dependiendo de la temperatura y según su desconexión (circuito abierto o bajo carga), se debe calcular el rango de variación de voltaje para seleccionar las protecciones DPS adecuados y aislamiento en materiales.

Formulas

$$(\max) = N_s * V_{oc} * (1 + (T_{\min} - 250) * K_{V_{oc}})$$

$$(\max) = 18 * 49.2 * (1 + (20 - 250) * 0,29\% = 630V$$

$$(\min) = N_s * V_{mp} * (1 + (T_{\max} - 250) * K_{V_{oc}})$$

$$(\min) = 12 * 40.7 * (1 + (30 - 250) * 0,29 = 536V$$

Donde:

N_s : Número de paneles en serie.

V_{oc} : Voltaje de circuito abierto en condiciones STC.

$T_{\min}$: Temperatura mínima ambiente posible.

$K_{V_{oc}}$: Coeficiente de temperatura de V_{oc} .

V_{mp} : Voltaje de máxima potencia.

$T_{\max}$: Temperatura máxima ambiente posible.

$K_{V_{mp}}$: Coeficiente de temperatura de V_{mp} .

A partir de las ecuaciones anteriores se observa que el voltaje DC del sistema está en un rango entre 630V y 536V, por lo que todos los componentes DC del sistema deberán tener un aislamiento de 1000V.

Coordinación de Aislamiento eléctrico en AC

El sistema en AC contará con un voltaje de 208V, por lo que todos los componentes de este lado del sistema deberán tener por lo menos un aislamiento para 600V.

En el diseño se evaluaron los factores de riesgo y se tomaron las medidas de protección requeridas para minimizarlos, logrando obtener un nivel de riesgo bajo, se deben implementar unas rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones eléctricas por parte de los diferente de la administración, el cual debe ser realizado por personal técnicamente capacitado y tomando las medidas de seguridad Necesarias.

- Análisis de tensión requerido: De acuerdo con la configuración del sistema el nivel de aislamiento para tensión se definió en 1000V DC, por lo tanto, todos los elementos que conforman el sistema en DC deben contar con un rango de operación de voltajes en DC de máximo 1000Vdc, El nivel de tensión de corriente alterna de la instalación eléctrica del proyecto, según la norma NTC 1340 se asocia al nivel I (Baja tensión) y uso final.
- Cálculo de campos electromagnéticos, para asegurar que en actividades de manejo rutinarias de las personas, no se supere los límites de exposición definidos, (no aplica).
- Cálculo de transformadores incluyendo el factor de potencia en la carga. (no aplica). El predio cuenta con su propio transformador de 112,5kVA, ante el operador de red se verifico la cargabilidad del transfo. y está en capacidad de recibir el aporte energético de 30kWp del sistema fotovoltaico.
- Cálculo del sistema de puesta a tierra: El sistema fotovoltaico se conectará al bus de tierras perteneciente a la malla de puesta a tierra, ubicada en la subestación eléctrica. La puesta a tierra del sistema de generación DC se acoplará directamente al barraje mediante un conductor desnudo calibre #6 Cu, que también se conecta a la estructura de aluminio donde se fijan los paneles, esto con el fin de aterrizar los string y disipar fallas de tipo eléctrico, De igual manera se dispone de un conductor de puesta a tierra para los voltajes en AC, el cual se conecta directamente barraje de puesta a tierra del tablero general de acometidas. En el diagrama unifilar del anexo 1, se evidencia la forma de conexión del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. Se realiza una analogía entre dos conductores para cada acometida, definiendo cuál de ellas es la que tiene un menor costo de energía mensual a 15 años de utilización.
- Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de accionamiento de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909; IEEE 242, capítulo 9 equivalente.

La capacidad de corriente de los conductores de fase y neutro se eligen de acuerdo a la tabla 310-16 Norma NTC 2050 a una temperatura 75° (Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales). Las capacidades de los conductores de tierra se realizan con la tabla 250-95 Norma NTC2050 (Calibre mínimo del conductor de continuidad de tierra para ductería y equipos).

TABLERO FOTOVOLTAICO PARQUE INNOVAMENTE
--

ORIGEN	Voltaje V	Distancia m	Carga kWp	Calibre conductor	Corriente Carga [A]	Corriente al 125%	Corriente conductor	Protección	Acometida
INVERSOR 1	220	22	15	6	42	52	65	3x50	3x8f+8N+8T
INVERSOR 2	220	20	10	8	42	52	50	3x50	3x8f+8N+8T

Ilustración 7 Conductores, protecciones para el tablero fotovoltaico

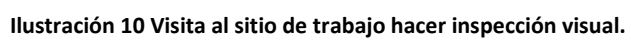
- Cálculo de coordinación de protecciones contra sobrecorrientes en baja tensión, se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2.
- Cálculo de canalizaciones (tubos, ductos, canaletas y electroductos) Para el cálculo de la tubería utilizada se tiene en cuenta lo indicado en la NTC 2050, adicional a esto se prevé la factibilidad de cualquier eventualidad futura, que requiera adicionar cableado o alambrar con conductores mayores en la misma tubería.

TABLA ÁREA DE OCUPACIÓN CONDUCTORES EN mm2			
Calibre AWG	Área de ocupación (mm2)		
	Desnudo	THW	THWN/THW N
14	2.08		
12	3.31	15.56	9.36
10	5.26	19.54	14.95
8	8.37	32.82	26.01
6	17.42	48.7	35.98
4	27.1	64.94	58.57
2	43.23	88.53	82.48
1/0	70.32	142.06	132.39
2/0	88.39	167.81	158.48
3/0	111.61	199.51	190.57
4/0	141.29	238.09	230.13

Ilustración 8 Diámetro de los conductores para saber el área de ocupación en la ductería

- Elaboración de diagramas unifilares, Todos los planos eléctricos se presentan en el archivo Pdf y DWG versiones compatibles Autocad, se anexo a este documento.
- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción, Todos los planos eléctricos se presentan en el archivo DWG en Autocad, anexo a este documento.
- Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. Para la construcción y montaje se aplicarán las Norma ICONTEC 2050 (Código Eléctrico Colombiano), El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos a instalar y las recomendaciones indicadas en esta especificación. Todos los materiales utilizados para la construcción de las instalaciones eléctricas deben tener y se requiere adjuntar la respectiva certificación y/o homologación RETIE de Materiales. Los planos muestran la ubicación de los equipos, tableros, las rutas de los bancos de ductos, canaletas y bandejas o ductos portacables, los circuitos de baja tensión y distribución de las instalaciones interiores.

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES EN LAS CUBIERTAS.



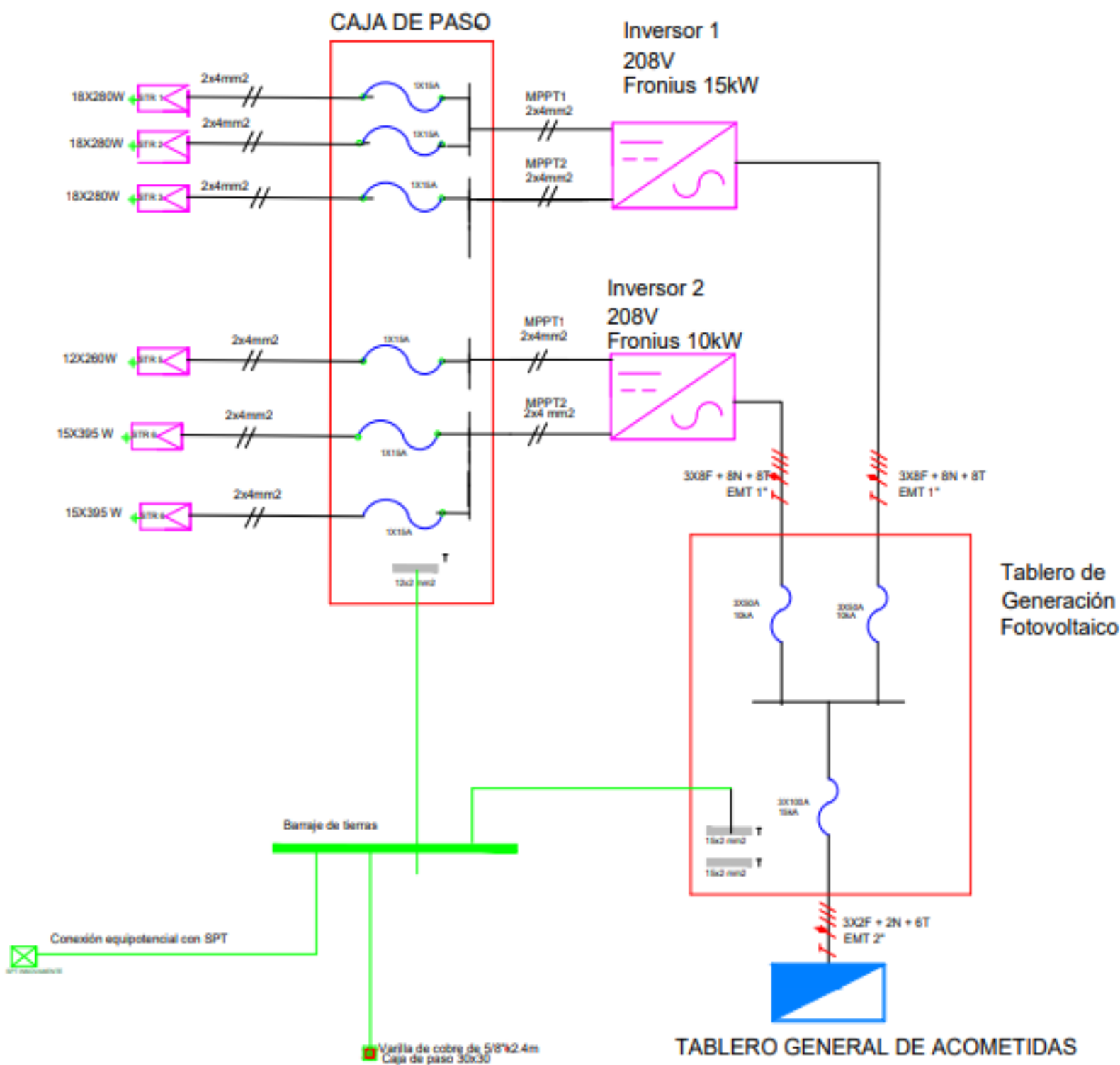


Ilustración 11 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico tipo ON-GRID

2. RESULTADOS

Localización del proyecto Lugar instalación: Parque interactivo Innovamente.
CARRERA 3 No. 33-30 barrio departamental. Ibagué-Tolima.

En color verde y rojo se pueden apreciar las zonas destinadas para la instalación de los paneles fotovoltaicos, distribuidos en las cubiertas con un total de 96 paneles. Las estructuras de soporte para los paneles fueron definidas por el tipo de techo que tiene el proyecto.



Ilustración 12 Ubicación de los paneles distribución y orientación.

COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL PARQUE INNOVAMENTE

Estructura de Soporte

La estructura es el armazón donde están soportados los paneles fotovoltaicos, este garantiza tanto la estabilidad mecánica de los paneles, como también la resistencia al viento, la estructura está constituida por rieles y accesorios hechos en aluminio con el que se busca disminuir el peso en la cubierta de toda la estructura, como también evitar que las condiciones a las que se expone a intemperie como deterioro, corrosión.



Ilustración 14 Estructura en aluminio, que fija los paneles a la cubierta.



Ilustración 13 Nivelando la estructura para fijarla y que los paneles queden bien distribuidos.



Ilustración 15 Accesorios de fijación en aluminio, utilizados para el montaje del sistema fotovoltaico.



Ilustración 16 Fijando los paneles con una torquedadora, para evitar el exceso de fuerza y quebrar los paneles.

Paneles Fotovoltaicos

Los paneles son los encargados de captar la energía de la radiación solar y generar energía eléctrica de corriente continua, a través del efecto fotovoltaico. Actualmente en el Parque innovamente se tienen 96 paneles distribuidos entre monocristalinos, policristalinos y traslucidos con potencias de 395w, 280w y 260w, con un total de potencia instalada 30Kwp en DC.



Ilustración 17 96 paneles solares almacenados, material que conforma el sistema fotovoltaico.



Ilustración 18 cubiertas intervenidas, donde se instalaron los paneles del sistema fotovoltaico.



ilustración 19 áreas intervenidas donde se instalaron paneles solares.



ilustración 20 instalación de estructura y fijación de paneles terminada.

Inversor

La principal función de este equipo es la de transformar la energía eléctrica proveniente de los paneles de corriente continua a corriente alterna, este equipo se sincroniza con la señal de voltaje de la red y aporta la energía a la operación del parque innovamente. Este tipo de tecnología cuenta con protecciones de sobrevoltaje, sub-voltaje, sobre frecuencia, sub-frecuencia y anti-isla. Actualmente hay 2 inversores Fronius de 10Kw y 15kW, instalados en la cubierta de concreto, que nos dice que se tienen 25Kwp en A.C para uso final.



Ilustración 21 Inversor marca Fronius de 15kVA



Ilustración 22 Data manager del inversor, es el encargado de la comunicación con el Smart meter, medidor de inyección cero y controlar los MPPT.



ilustración 23 inversor de 15kwp y 10kwp fijados en la estructura.



ilustración 24 inversor de 15kwp y 10kwp fijados en la estructura.

Gabinete fotovoltaico
Contiene las protecciones asociadas a los circuitos de la etapa de corrientes alterna, que suministran los inversores.



Ilustración 25 Estructura donde se van a fijar los gabinetes para las protecciones del sistema fotovoltaico.



Ilustración 26 Gabinetes e inversores instalados y operando.



Ilustración 27 Tablero de generación fotovoltaico 208/120V



Ilustración 28 Placa característica del gabinete, los materiales con IP 65 aptos para intemperie.

Smart meter

Es el encargado de hacer la medición indirecta de parámetros como voltaje, corriente y potencia, hacer comparaciones y comunicarse con el data manager de los inversores y controlar el aporte de energía del sistema fotovoltaico, utiliza bobinas de rubonsky para la medida de corriente, instaladas en el barraje del tablero general de acometida, para tomar la lectura en el punto de mayor potencia del sistema.



Ilustración 30 Placa característica del gabinete de inyección cero

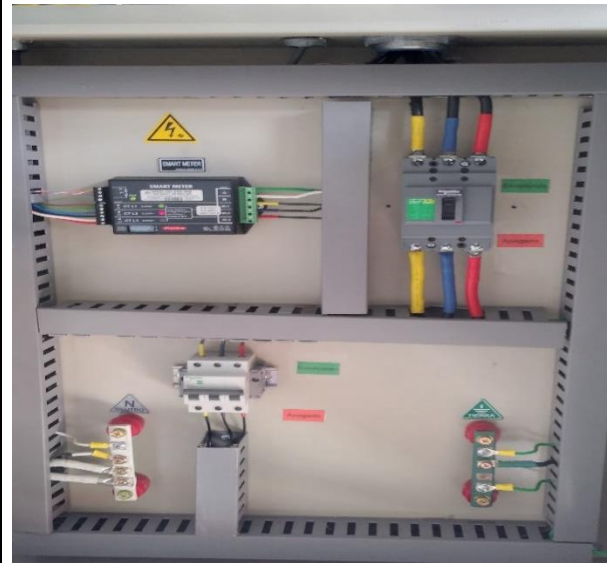


Ilustración 29 Gabinete de medidor de inyección cero, Smart meter.

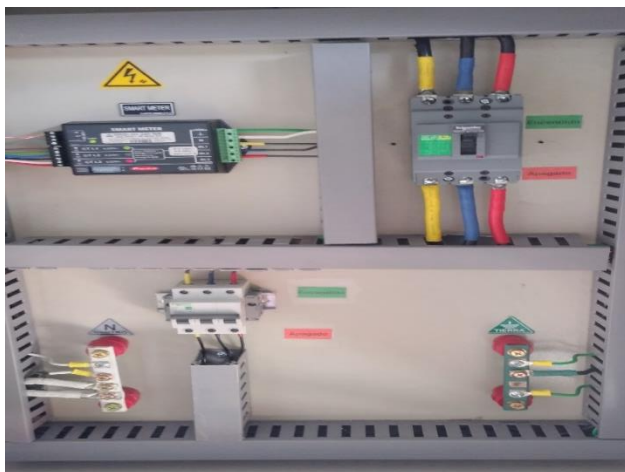


Ilustración 31 Gabinete de medidor de inyección cero, Smart meter, internamente.

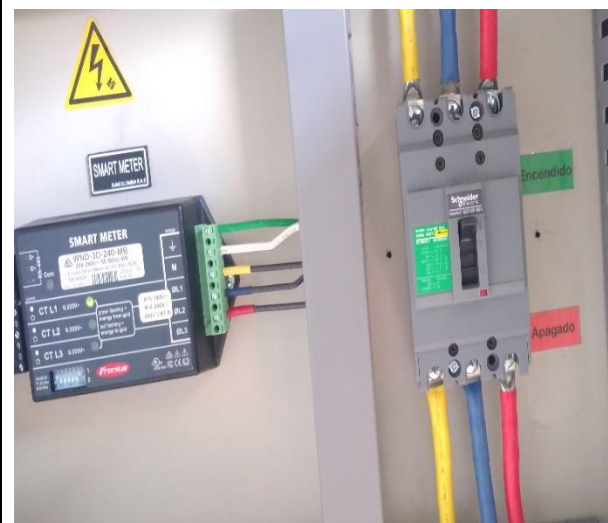


Ilustración 32 Smart meter y Totalizador del medidor de inyección cero.

RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO.

DESENERGIZADO DEL SISTEMA

Al momento de realizar maniobras de mantenimiento, es necesario desenergizar el sistema por medio del totalizador del tablero fotovoltaico. La forma correcta de hacerla es desenergizar primero las protecciones asociadas a los inversores y posteriormente los totalizadores asociados a cada uno de los tableros de generación respectivamente.

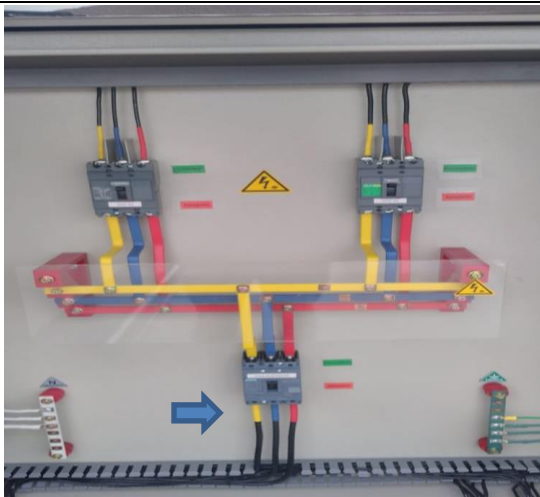


Ilustración 33 Protecciones de los inversores y totalizador del sistema fotovoltaico.



Ilustración 34 Totalizador fotovoltaico.



Ilustración 35 Protección del inversor de 15kWp



Ilustración 36 Protección del inversor de 10kWp

Posterior a la desenergización en la etapa de Ac, se des energiza los componentes DC a través del interruptor DC que tiene cada uno de los inversores.

MANTENIMIENTO DE LOS PANELES

Los paneles solares fotovoltaicos están expuestos constantemente a la intemperie, en la superficie del cristal se suelen depositar partículas llevadas por las corrientes de aire, contaminación vehicular, polvo, arena y otros que combinados con la lluvia y la exposición solar harán que se queden pegados en la superficie, esta acumulación de suciedad hace que el rendimiento del sistema sea afectado, el rendimiento disminuirá al pasar el tiempo, por lo anterior se recomienda que los paneles sean limpiados cada dos o tres meses con una solución de baja concentración de jabón y un chorro de agua a baja presión. [7]



Ilustración 37 Técnica de limpieza de paneles con cepillo removedor

La limpieza además del agua con poco jabón, se usa un cepillo o pértiga con cerdas para llegar todas las zonas de los paneles.

MANTENIMIENTO DEL INVERSOR

El mantenimiento del inversor generalmente se realiza estando desenergizado, se realizan chequeos de los fusibles internos, estado de los DPS, torque de los bornes, ubicación de eventuales deformaciones térmicas causadas por el calentamiento en los puntos de conexión de los conductores. [7]

El desmonte del inversor se hace con el interruptor DC abierto, este libera el inversor, se deben quitar los tornillos de la tapa de comunicación de datos, allí están los tornillos que aseguran al inversor, se recuerda que el destornillador no debe ser imantado para evitar interferir con los dispositivos electrónicos. [4]

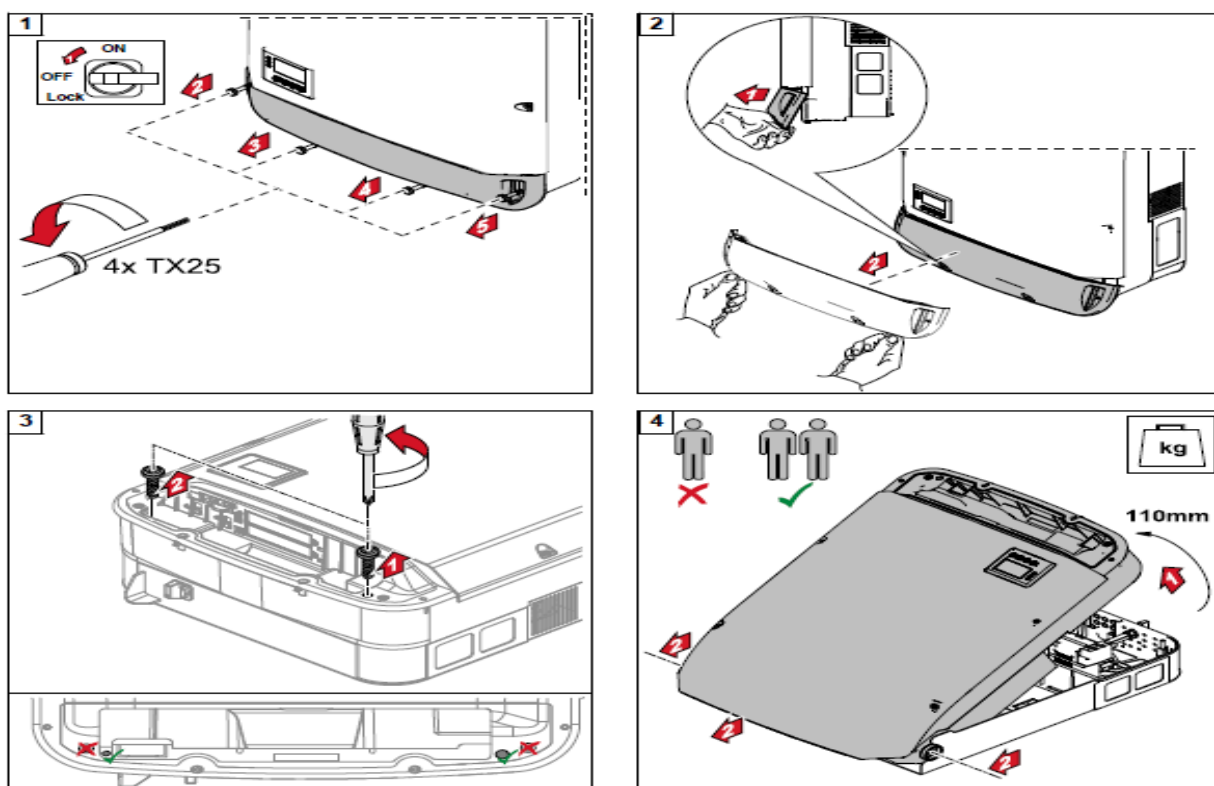
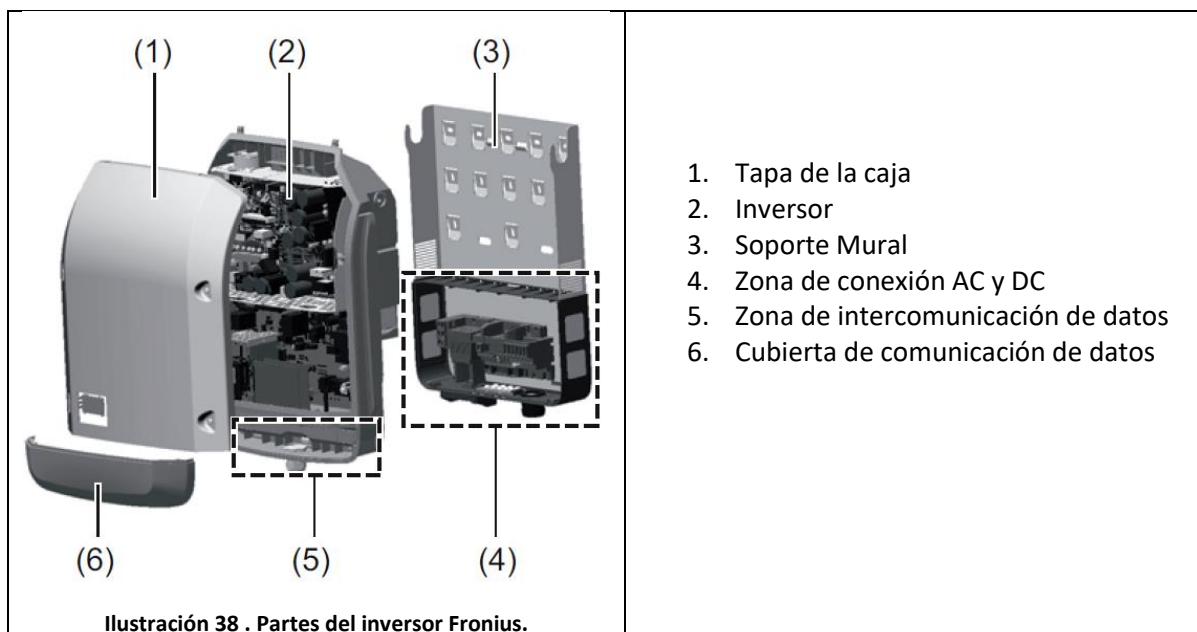


Ilustración 39 Desmontaje de tapa de comunicaciones para acceder a los equipos, uso de destornillador.

Para poder desmontar la tapa de comunicaciones se requiere de un destornillador, allí permitirá acceder a los tornillos que sujetan al inversor del soporte mural, después de desmontar la tapa se encuentran dos tornillos que aseguran al inversor, este desmontaje del inversor debe ser realizado por dos personas, el peso del mismo es bastante considerable.

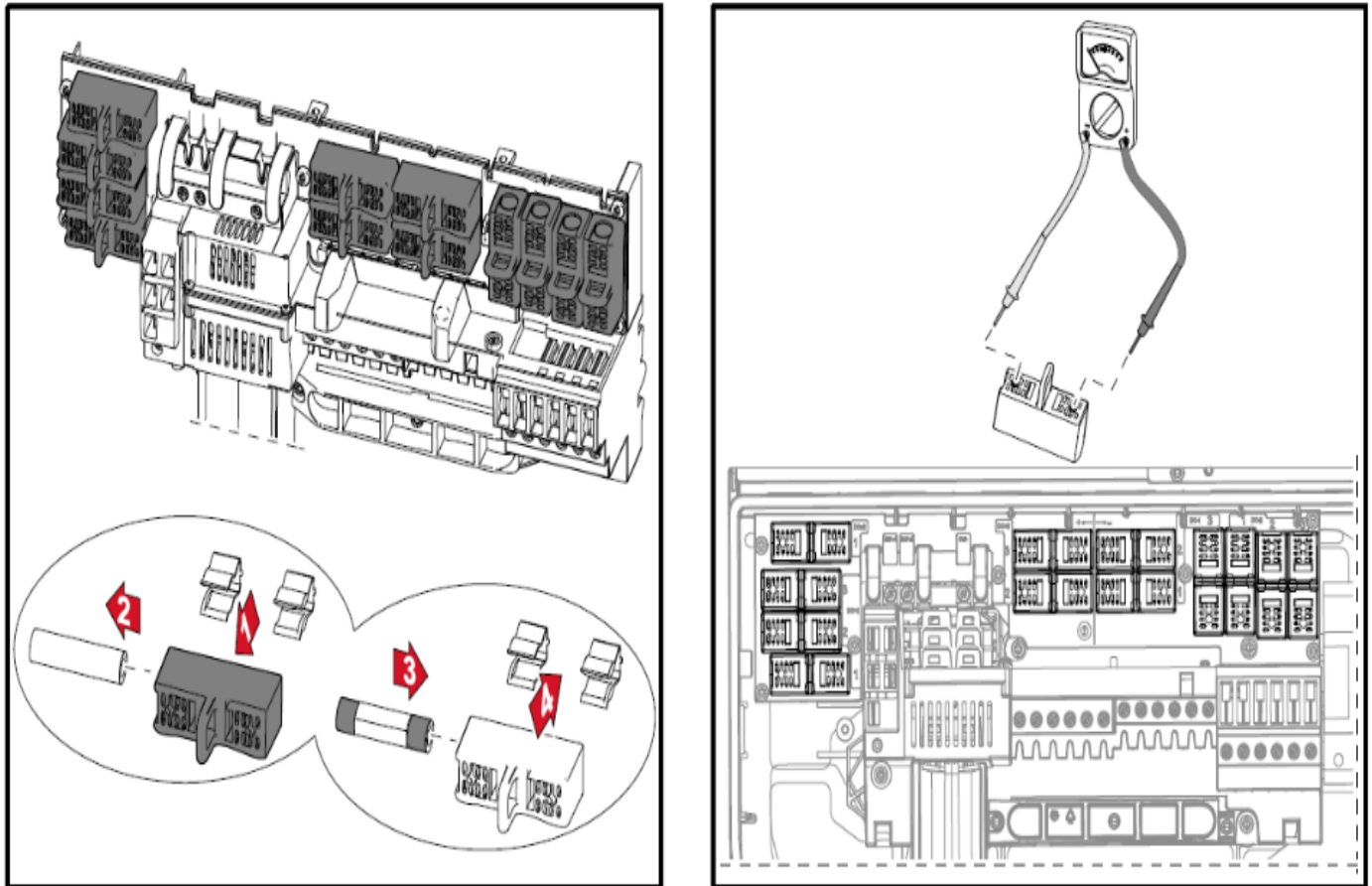


Ilustración 40 Acceso a los fusibles dentro del inversor, verificación de continuidad, inversor Fronius.

Los fusibles se encuentran en el soporte mural, se desmontan y verifica continuidad de los mismos con un multímetro, en caso no existir continuidad en alguno de ellos se debe proceder a sustituir por uno de las mismas características, este se puede conseguir en tiendas especializadas de materiales eléctricos.

VERIFICACIÓN DE TORQUE EN BORNES DEL INVERSOR

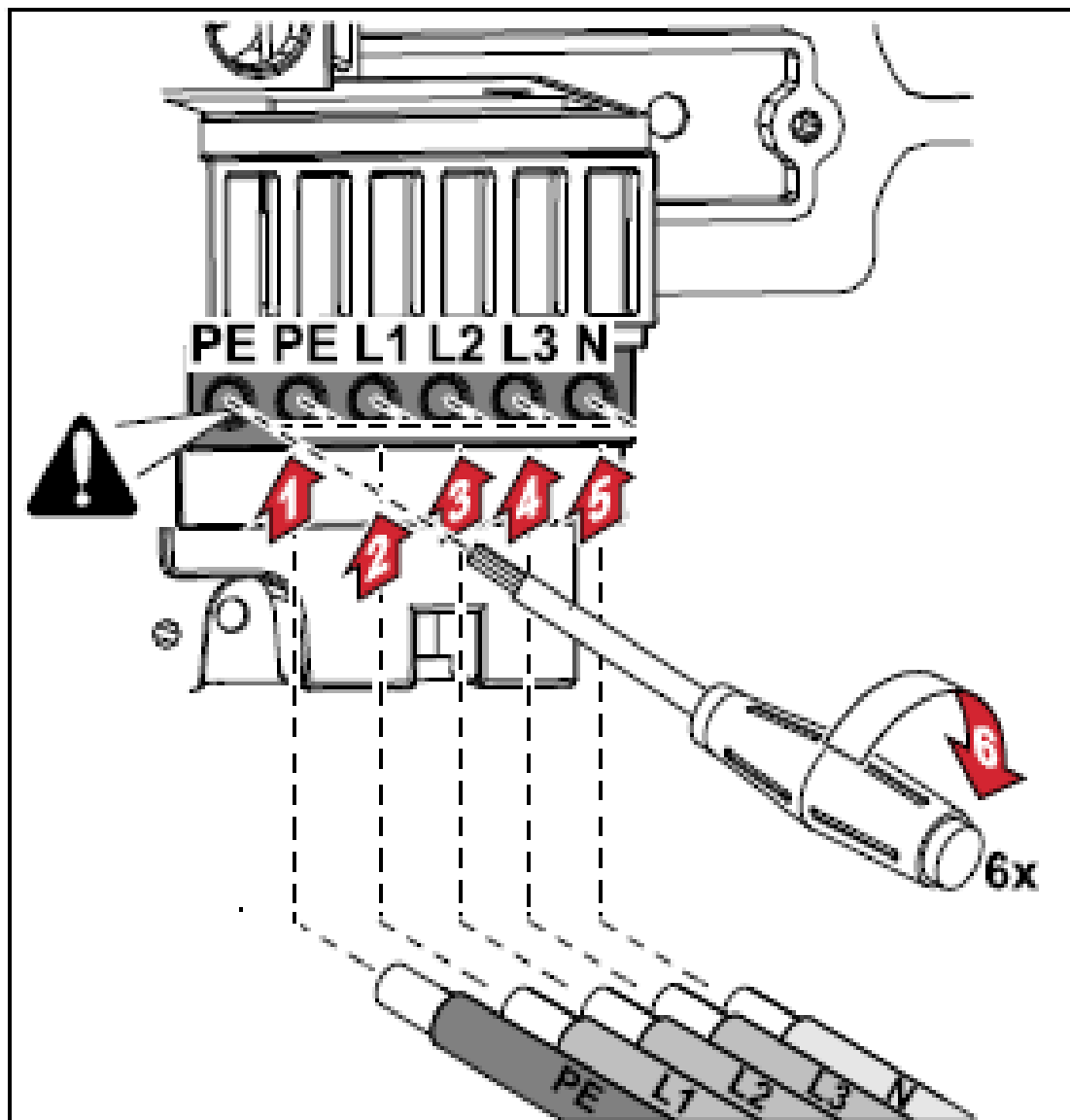


Ilustración 41 Bornera de conexiones AC del inversor (FRONIUS CO, 2021)

Los tornillos deben ser verificados en torque, por incidencia de temperatura el material suele expandirse y dejar sueltos los cables de las borneras, por tal situación se requiere retorquear los tornillos asegurándose que no se generen puntos calientes y un eventual daño al equipo.

LIMPIEZA DEL INVERSOR

En algunas ocasiones se hace necesario limpiar el inversor, no se deben usar químicos solventes o soluciones jabonosas, se recomienda solo hacerlo con un trapo húmedo.

VERIFICACIÓN DE LOS FUSIBLES

Los fusibles se encuentran conectados directamente al inversor, la forma de validar su funcionamiento, es a través del desmonte de la porta fusible interno del inversor y probando su continuidad con una pinza voltiamperimetrica o multímetro.



Ilustración 42 Porta fusible Feed, Fusible conectado, fusible desconectado

Para desmontar la porta fusible se baja el cartucho contenedor, este queda abierto y deja expuesto el fusible para ser extraído.

VERIFICACION DE LOS DPS

Los DPS que están en cada inversor, se inspeccionan visualmente, pues disponen de una ventanilla donde se puede observar el estado en el que están, si el DPS aún no ha sido accionado por sobretensiones o fallas en el sistema y se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento la ventanilla muestra Color verde, en caso de que hubiese sido accionado por una sobretensión aparecerá color rojo en la ventanilla, deberá ser reemplazado, es evidente en la inspección visual.

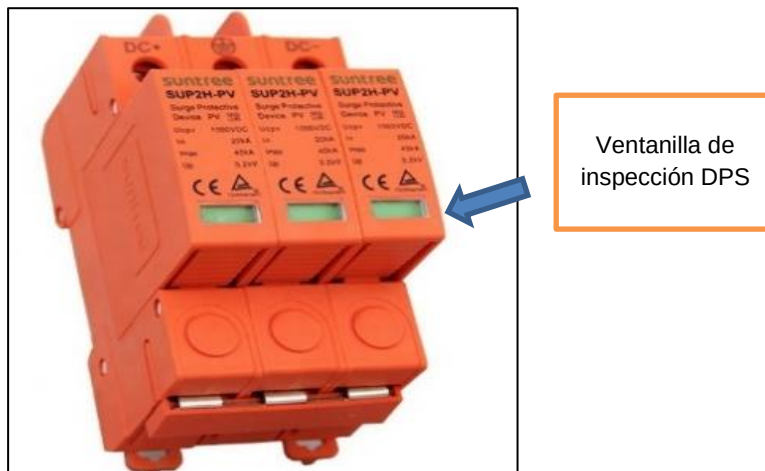


Ilustración 43 DPS Suntime, ventanilla de verificación del estado del DPS de marca CHINASUNTREE.

MANTENIMIENTO DE LOS GABINETES Y TABLEROS.

El mantenimiento del tablero fotovoltaico y gabinetes, requiere de verificar el torque de los tornillos en los breakers, totalizador, barrajes, inspección visual de los breakers que no presenten puntos calientes o deterioro por temperatura, accionamiento a tiempo de las protecciones los breakers, automáticos y que el DPS visualmente muestre estar habilitado para accionarse en caso de una sobretensión.[7]



Ilustración 44 DPS internos de los inversores.

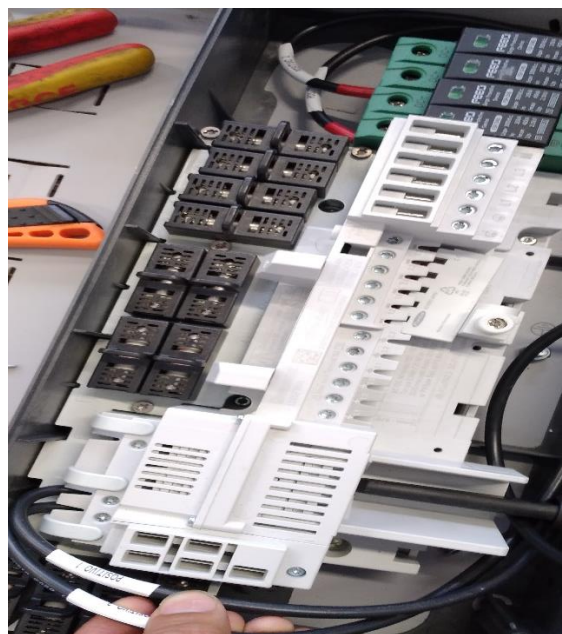


Ilustración 45 Protección del inversor DPS internos de los inversores.

TORQUEO DE TORNILLOS

El tornillo de los breakers de 50 amperios requiere de un destornillador tipo Philips o estrella para verificar el estado del torque de los tornillos, en caso de no estar asegurados se deben retorquee. Para el breaker totalizador los tornillos requieren de una llave Allen para verificar el torque, antes de realizar esta operación se debe verificar la tensión en los bornes de los breakers, puede que en algún punto pueda haber tensión, en caso de haberla en la acometida realizar la maniobra de desconexión de la tensión en el tablero totalizador fotovoltaico ubicado en la subestación.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE GENERACIÓN Y CONSUMO.

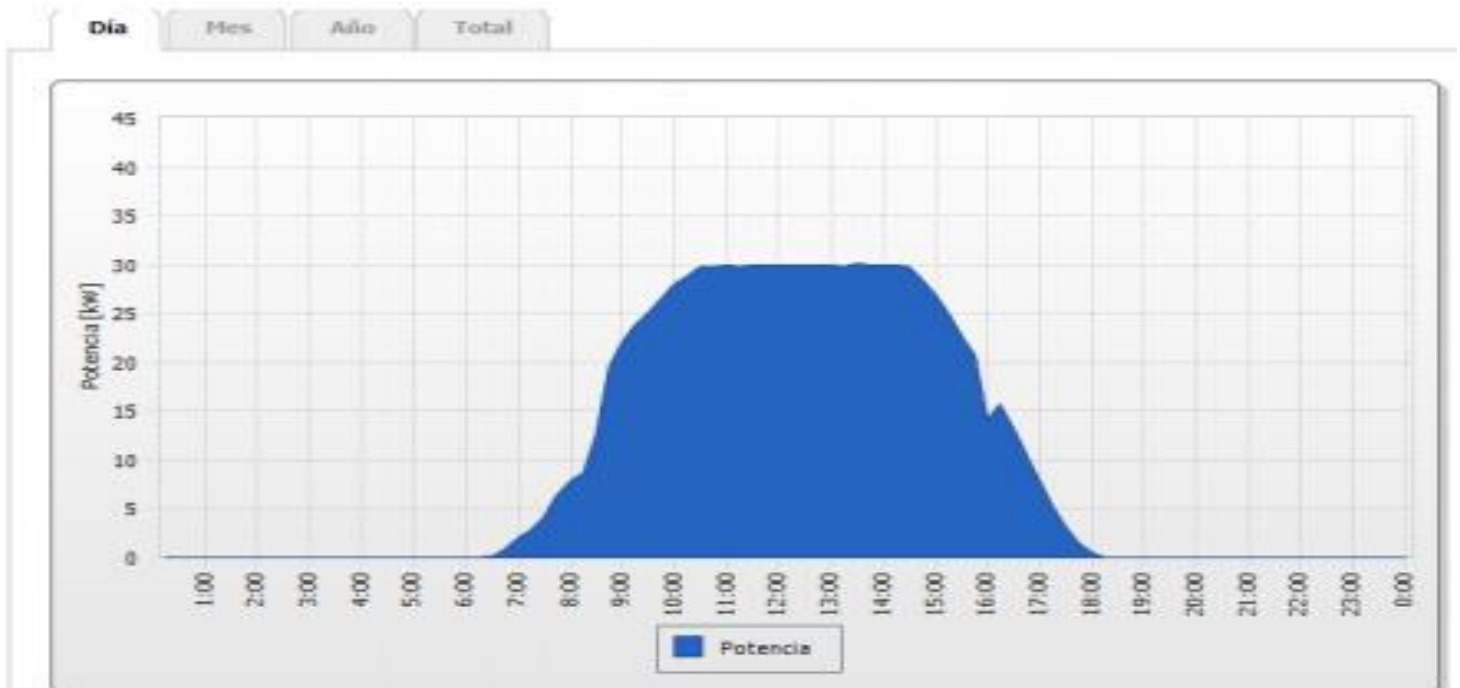


Ilustración 46 Monitoreo en tiempo real de la generación

Carga de 81kW en operación al 45%.

Carga $81\text{kW} \times 45\% = 36,450\text{kW}$

Potencia del parque (carga al 45%)
 $= 36,450\text{kW}$

Precio de 1h de Operación
 $(36,450\text{kW}) (600\$) = 21,870\$$

Precio 8h de operación
 $(21,870\$) (8\text{h}) = 174,960\$$
 Costo Tiempo de operación por día
 $= 174,960\$$

Costo Tiempo de operación por mes.
 $(24\text{días}) (174,960\$) = 4,199,040\$$

Aporte Sistema fotovoltaico

Carga instalada = 30kwp
 Carga del parque al 45% = 36.450kW

De los $36,450\text{kW}$ los paneles pueden asumir y "compensar" 30kW un aproximado del 83% de toda la operación y un 17% lo suministra el operador de red (celsia).

$36.450\text{kW} - 30\text{kW} = 6,450\text{kW}$

Precio de 1h de Operación
 $(6,450\text{kW}) (600\$) = 3,870\$$

Precio 8h de operación
 $(3,870\$) (8\text{h}) = 30,960\$$

Costo Tiempo de operación al mes (24 días al mes)
 $(24\text{días}) (30,960\$) = 743,040\$$

Ahorro en la operación con el sistema fotovoltaico:

$4'199,040\$ - 743,040\$ = 3'456,000 \$$

Ahorro mensual: 3'456,000 \$

$3'456,000 \$ \times 12 \text{ meses} = 41'472,000 \$$

Ahorro Anual: 41'472,000 \$

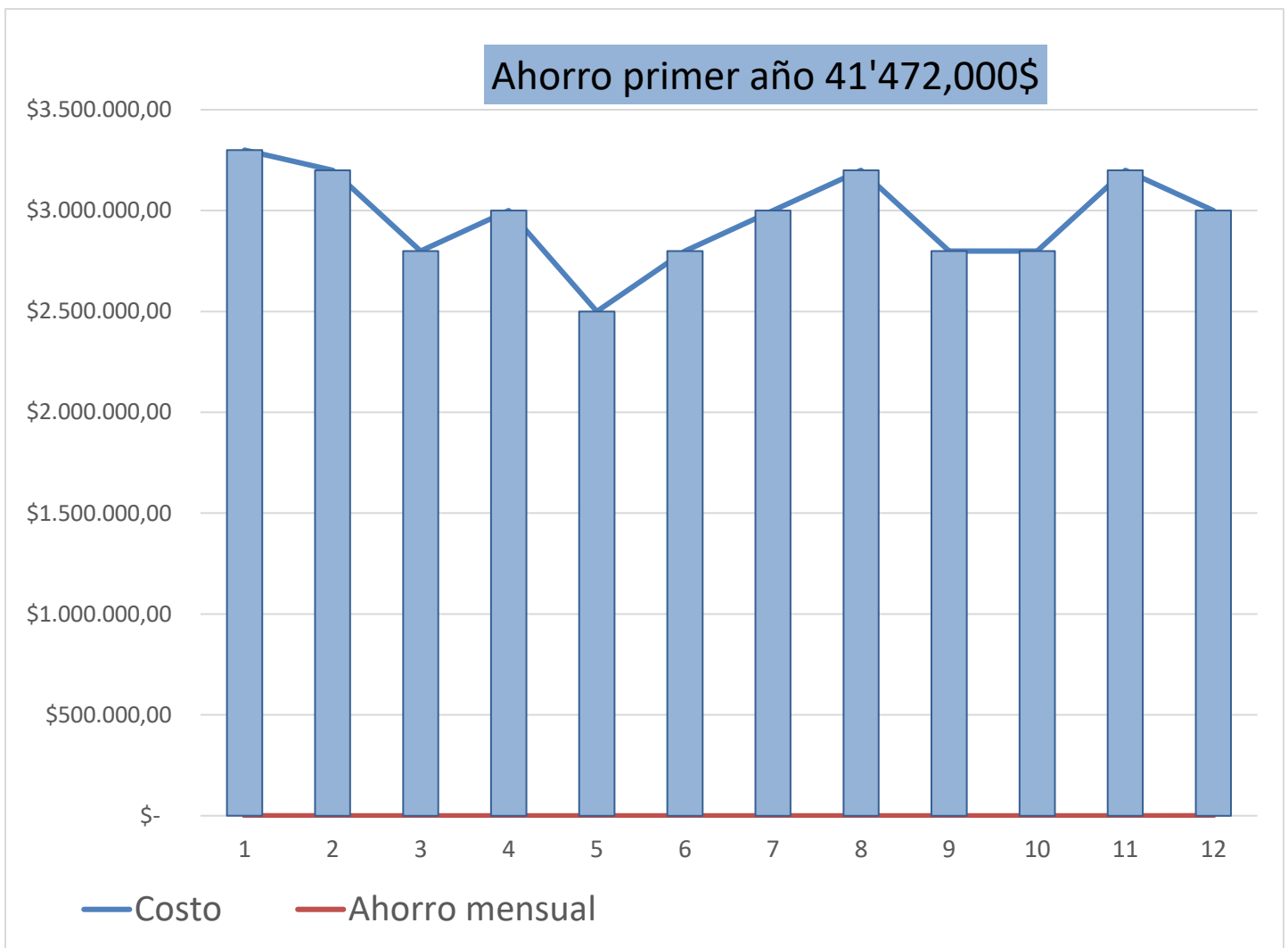


Ilustración 47 Gráfica de costos de operación anual

Inversión en el sistema fotovoltaico:

4'500,000 \$ = 1Kwp instalado.
4'500,000\$x30Kwp= 135'000,000 \$

ITEM	AÑOS
Sistema fotovoltaico	Seguimiento y garantía: 1 año.
Panel solar	Garantía de fábrica: 10 años. Manufactura: 25 años vida útil.
Inversores	Garantía de fábrica: 5 años. Manufactura: 15 años vida útil.

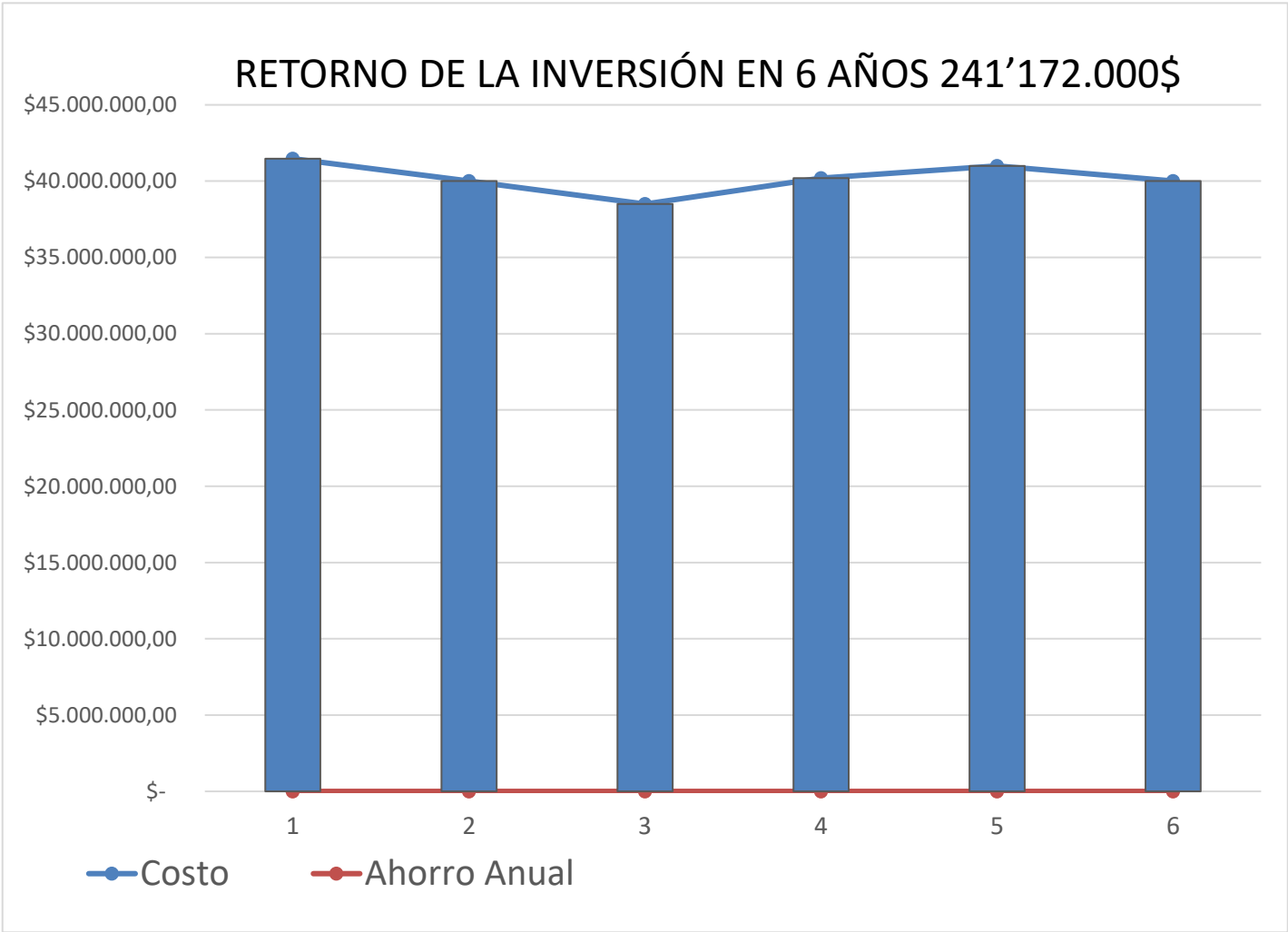


Ilustración 48 Gráfica de proyección de costos de operación con el SFV en 6 años

LEGISLACIÓN

La Ley 1715 de 2014, tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional. Así mismo, autoriza la entrega de excedentes de energía a la red por parte de los autogeneradores y le otorga a la CREG la facultad de establecer los procedimientos para la conexión, operación, respaldo y comercialización de energía de la autogeneración y de la generación distribuida.

Servicios Adicionales: Incentivos Tributarios El dueño acreditado podrá optar a los incentivos tributarios enmarcados en la Ley 1715 de Energías Renovables.

La presente oferta incluye los trámites ante las entidades habilitantes como UPME y Operador de Red. [9]

Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta. Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones. El valor a deducir anualmente no puede ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente. [9]

Depreciación acelerada. Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual. [9]

- Resolución CREG 030 de 2018.
- Resolución CREG 038 de 2014.
- Resolución CREG 174 de 2021.
- Resolución CREG 148 de 2021.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se cumplieron los objetivos propuestos ya que se evidencia las labores ingenieriles en la ejecución, también se planteó un análisis del costo beneficio de implementar un sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta los aspectos técnicos y legislación vigente, se hizo una proyección del ahorro mensual, anual y con base a esa información se estableció el retorno de la inversión inicial en el montaje e implementación de un sistema fotovoltaico de gran envergadura.
- Durante la operación del sistema fotovoltaico se pueden presentar calentamientos en los barrajes

A continuación, se mencionan las recomendaciones generales para el trabajo dentro de la planta fotovoltaico:

El personal que intervenga en las labores de operación y mantenimiento debe estar calificado para trabajos con sistemas fotovoltaicos. (técnicos o ingenieros)

Cuando se requiera realizar maniobras o intervenciones sobre equipos energizados, estos trabajos deben realizarse en grupos de al menos dos personas competentes en el área técnica y con un entrenamiento en primeros auxilios o reanimación cardiopulmonar.

- Este sistema está diseñado para operar sólo cuando exista voltaje proveniente de la red eléctrica y se realice sincronización con los inversores, es decir, que funcionará siempre y cuando la señal de la red esté presente.
- Para los trabajos o maniobras se deberán usar, como mínimo, los siguientes EPP:
 - Guantes dieléctricos
 - Botas dieléctricas
 - Gafas de seguridad
- Las visitas a la planta fotovoltaica deben estar autorizadas por el jefe de planta y deben ser registradas en una bitácora. En todo momento el personal visitante debe estar acompañado por trabajadores de la planta y deben hacer uso de los elementos de protección adecuados.
- Será responsabilidad del jefe de la planta, o de personal previamente autorizado, la verificación y exigencia de parafiscales para el ingreso de cualquier personal ajeno a la planta fotovoltaica.

- Antes de iniciar el mantenimiento del sistema fotovoltaico, compruebe que las partes metálicas como marcos, bandejas de metal, cajas de conexiones, armarios de interruptores, inversores, están conectados a tierra adecuadamente
- Se debe disponer de un espacio de pared bajo techo para instalar de manera segura de gabinete solar. El espacio debe estar a menos de 5 metros lineales del tablero principal del edificio.
- El aval para la conexión de la planta solar por parte del operador de red Celsia puede tardar de 30 a 90 días.

Entre las labores desempeñadas como ingeniero practicante de la universidad de Pamplona se cumplen las labores de apoyo, supervisión en cada una de las actividades antes mencionadas, como apoyo ingenieril y administrativo en la obra parque innovamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alurack. (20 de 03 de 2021). *Alurack Colombia*. Obtenido de <https://alurack.co/>
- [2] CHINASUNTREE. (01 de 04 de 2021). *CHINASUNTREE*. Obtenido de <https://www.chinasuntree.com/dc-spdc/sup4-pv-photovoltaic-surge-protective-device.htm>
- [3] FEEO INC. (01 de 04 de 2021). *DC PRODUCTS - DC FUSE*. Obtenido de <https://www.feeo.com.cn/products/fds-32-10x38-32a-fuse-linkfuse-holder-ID23.html>
- [4] FRONIUS CO. (20 de 03 de 2021). *FONIOUS MEXICO*. Obtenido de <https://www.fronius.com/es-mx/mexico/energia-solar/productos/comercial/inversor/fronius-symo/fronius-symo-15-0-3-208>
- [5] Trina Solar . (01 de 04 de 2021). *Trina Solar*. Obtenido de <https://www.trinasolar.com/en-glb/resources/downloads#TSM-DD05A-08-2>
- [6] Wega Lighting. (01 de 04 de 2021). *¿Cómo Funciona un Sistema Solar Fotovoltaico?* Obtenido de <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>
- [7] <https://www.suncolombia.com/energia-solar-en-colombia-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- [8] https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm
- [9] <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales#:~:text=Se%20crea%20la%20Ley%201715,la%20respuesta%20de%20la%20demanda.>
- [10] <https://www.creg.gov.co/comunicaciones/noticias/noticias-2021/la-creg-actualizo-las-reglas-de-autogeneracion-pequena-escala-y-generacion-distribuida#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20de%20Regulaci%C3%B3n%20de,de%20conexi%C3%B3n%20a%20la%20red.>

ANEXOS

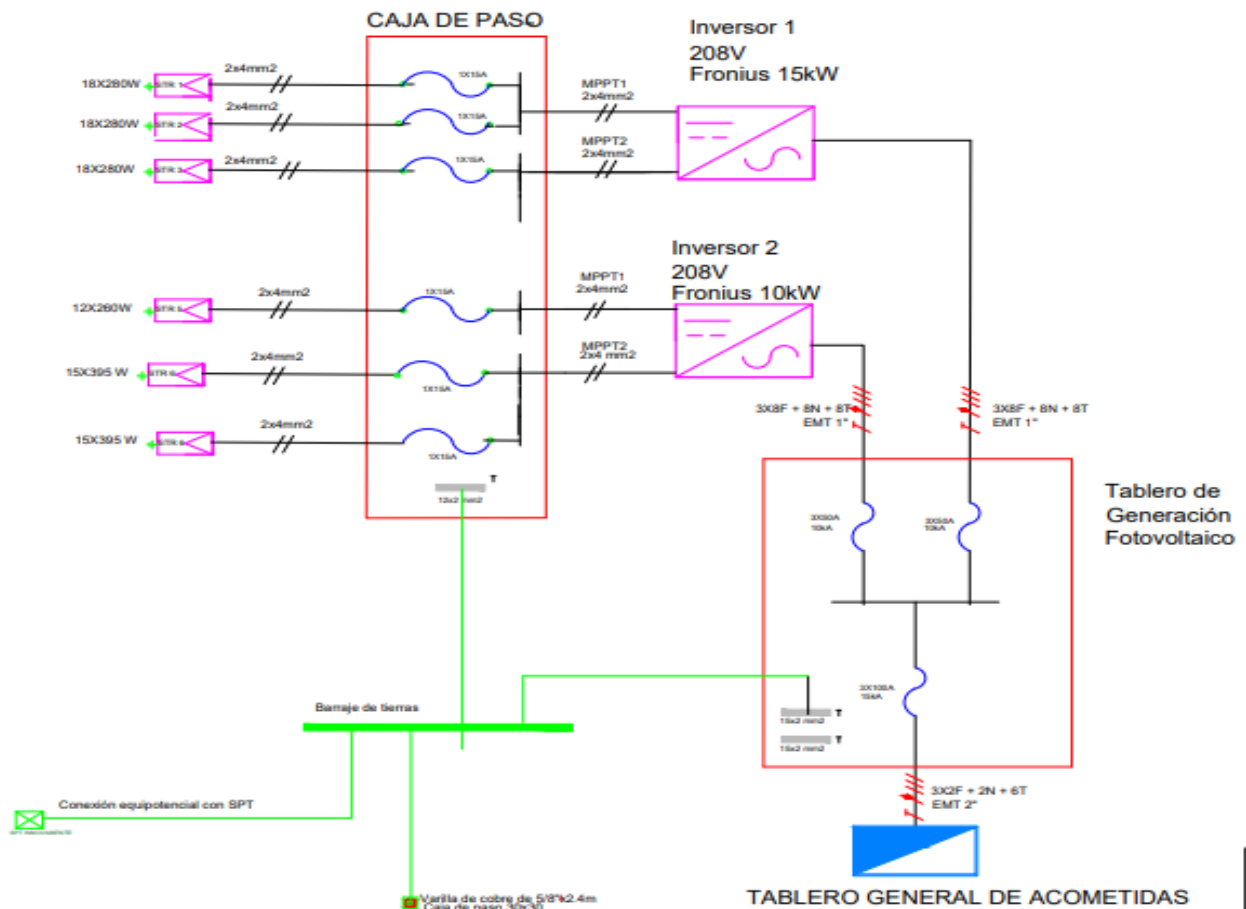
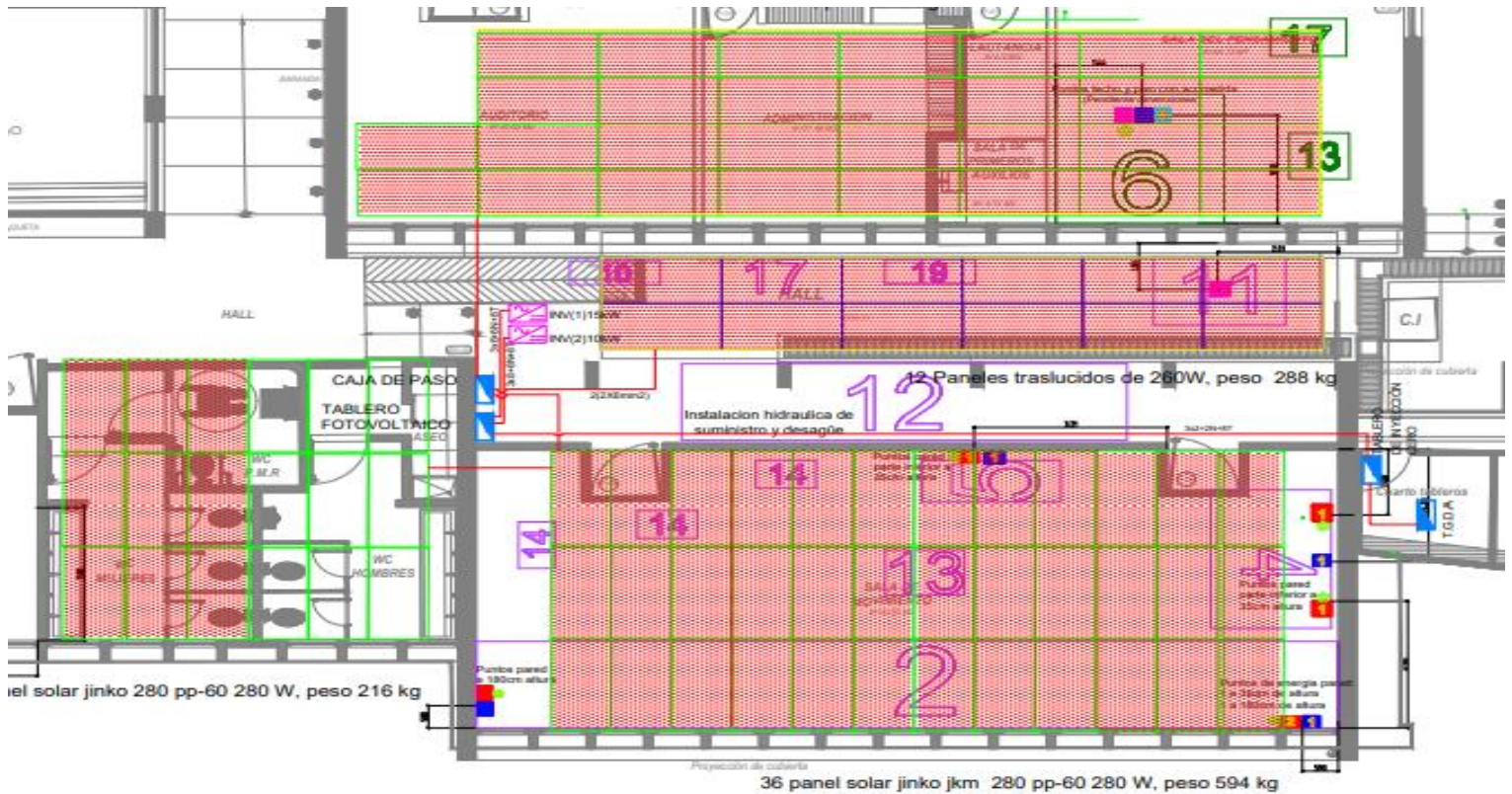




Ilustración 49 Los 96 paneles del proyecto almacenados.



Ilustración 50 Labores en obra como ingeniero practicante



Ilustración 51 El primer panel instalado al iniciar labores.



Ilustración 52 Inicio de labores en la cubierta A.



Ilustración 53 Cubierta A con los paneles fijados a la estructura.



Ilustración 54 Montaje en la cubierta A



Ilustración 55 Labores de supervisión de obra con de la cuadrilla de trabajo.

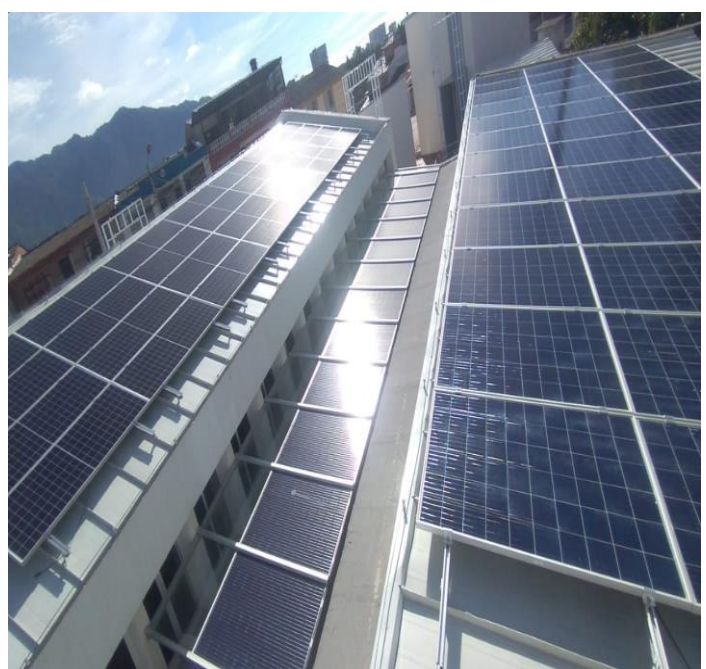


Ilustración 56 Labores en cubiertas A,B y C terminadas paneles fijados a la estructura.



Ilustración 57 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.



Ilustración 58 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.



Ilustración 59 Envergadura de los paneles en las cubiertas intervenidas.



Ilustración 60 Labores en sitio de trabajo.



Ilustración 61 Materiales y herramientas para el gabinete fotovoltaico.

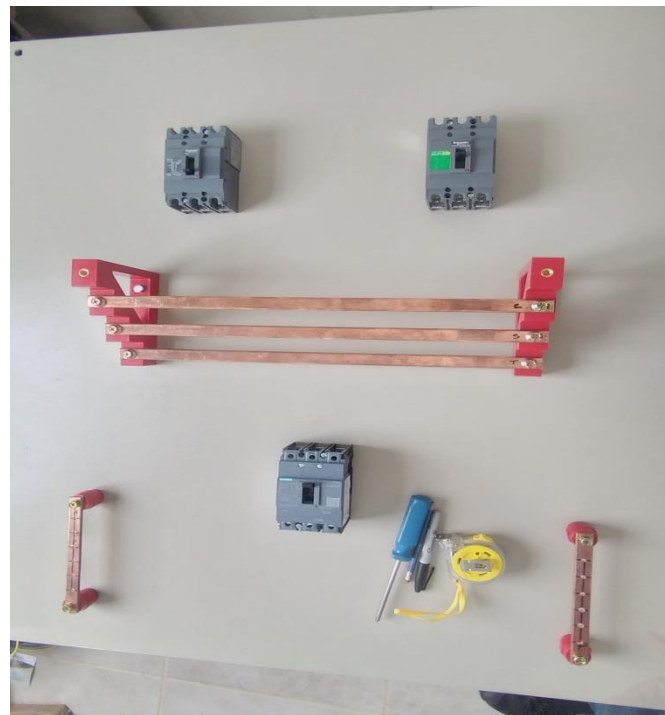


Ilustración 62 Montaje del tablero fotovoltaico.

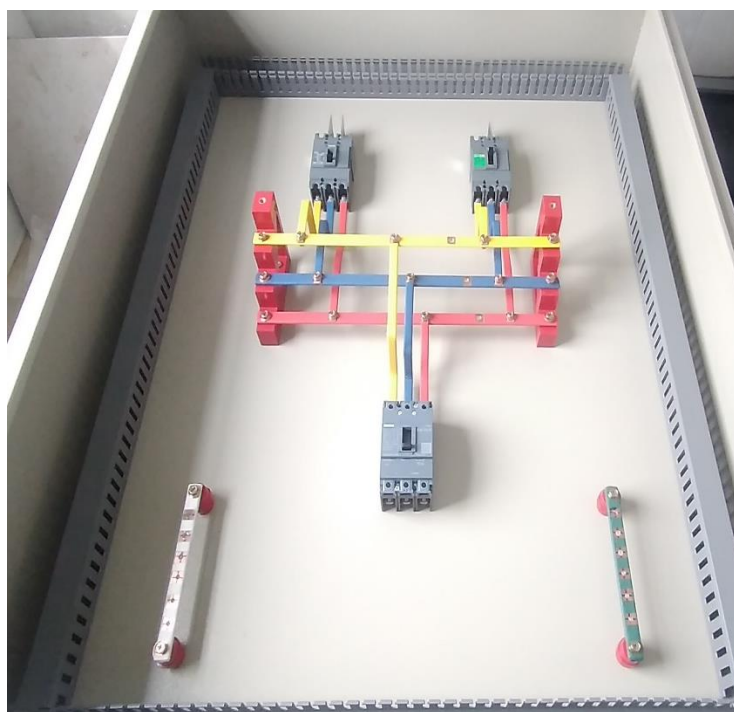


Ilustración 63 Protecciones y barrajes premoldeados del gabinete fotovoltaico.

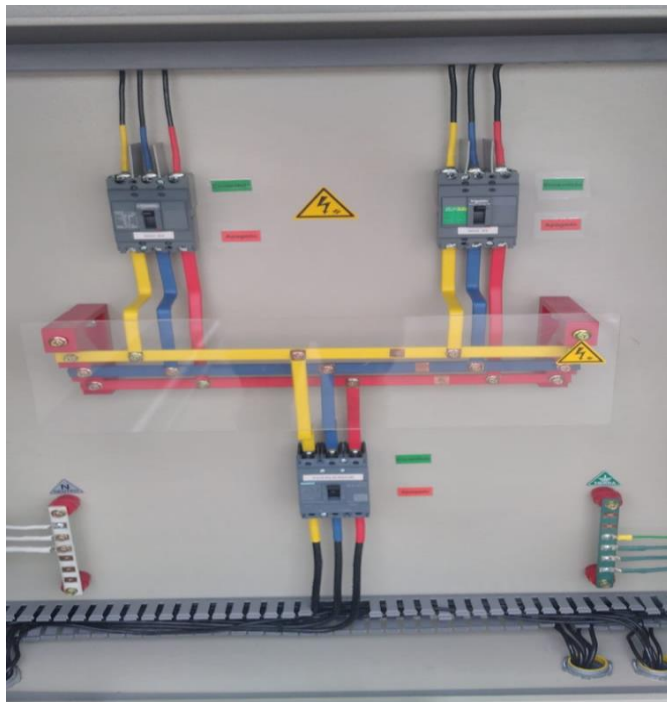


Ilustración 64 Protecciones y barrajes premoldeados del gabinete fotovoltaico.



Ilustración 65 Inversores fronius de 10 y 15 kW

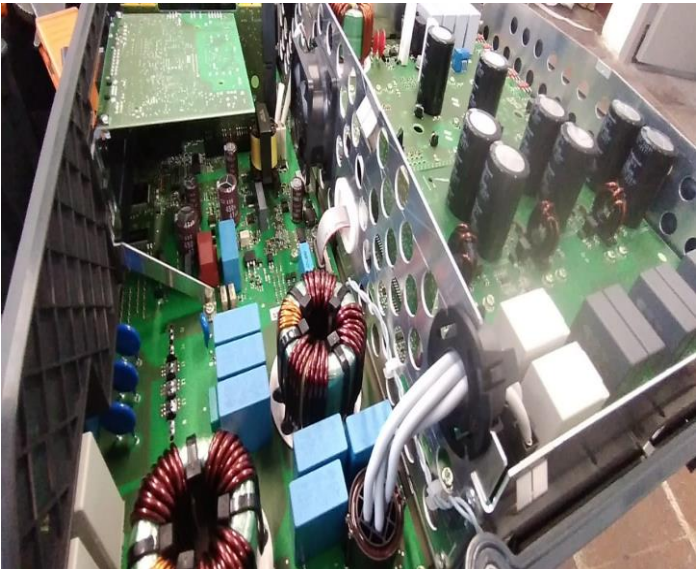


Ilustración 66 Inversores internamente.



Ilustración 68 Estructura para fijar los gabinetes y equipos inversores.



Ilustración 67 Estructura para fijar los gabinetes y equipos inversores.



Ilustración 69 Labores de obra montaje de los gabinetes, ductos y conductores del sistema fotovoltaico.



Ilustración 70 Labores de obra como ingeniero practicante en jornada nocturna para cumplir con la entrega del proyecto.



Ilustración 71 Inversores fijados en la estructura metálica.



Ilustración 72 Gabinete fotovoltaico he inversores fijados en la estructura.

Certificados de conformidad de los equipos y materiales utilizados en el proyecto.

 04966 CERTIFICADO CABLES Y CONDUCTORES	14/05/2021
 05929 CERTIFICADO MEDIDORES DE ENERGIA	14/05/2021
 06023 CERTIFICADO INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS (2)	14/05/2021
 06024 CERTIFICADO INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS	14/05/2021
 06142 CERTIFICADO INTERRUPTORES AUTOMATICOS	14/05/2021
 07726 CERTIFICADO CONDUCTORES ELECTRICOS	14/05/2021
 CERTIFICADO CINTA AISLANTE	14/05/2021
 CERTIFICADO CINTAS DE VINILO	14/05/2021
 CERTIFICADO CONECTORES DE COMPRESION	14/05/2021
 CERTIFICADO CONECTORES ELECTRICOS	14/05/2021
 CERTIFICADO CONECTORES Y EMPALMES	14/05/2021
 CERTIFICADO CORAZA METALICA	14/05/2021
 CERTIFICADO DE CONECTORES ELECTRICOS	14/05/2021
 CERTIFICADO DE PANELES SOLARES	14/05/2021
 CERTIFICADO DE TABLEROS	14/05/2021
 CERTIFICADO ESTRUCTURA METALICA	14/05/2021
 CERTIFICADO FUSIBLES Y PORTAFUSIBLES (2)	14/05/2021
 CERTIFICADO FUSIBLES Y PORTAFUSIBLES	14/05/2021
 CERTIFICADO INTERRUPTORES	14/05/2021
 CERTIFICADO PANELES SOLARES	14/05/2021
 CERTIFICADO TUBOS CONDUIT	14/05/2021

260-280 Watt POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001
certified factory.
IEC61215, IEC61730 certified products.

(4BB)



KEY FEATURES



4 Busbar Solar Cell:

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Power Output:

Polycrystalline 60-cell module achieves a power output up to 280Wp.



PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85°C/85%RH, 96hours) for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability against extreme environmental conditions:

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

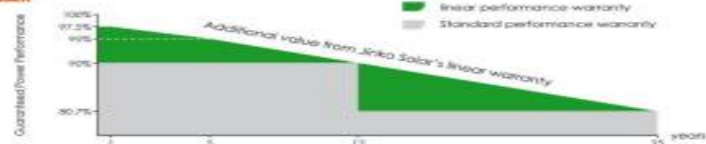


Temperature Coefficient:

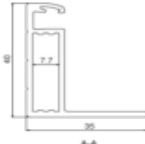
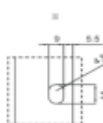
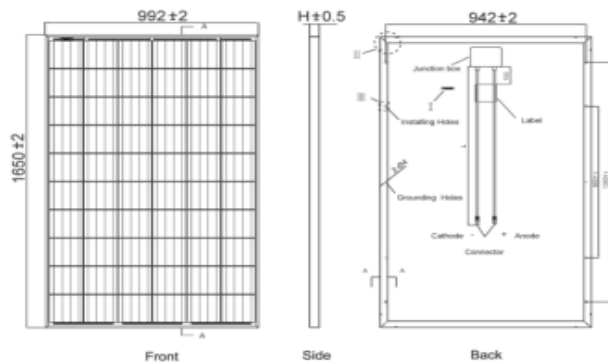
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty

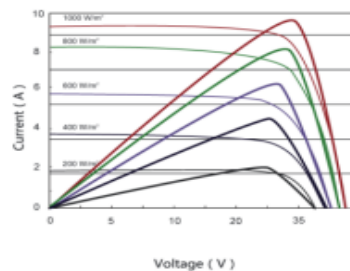


Engineering Drawings

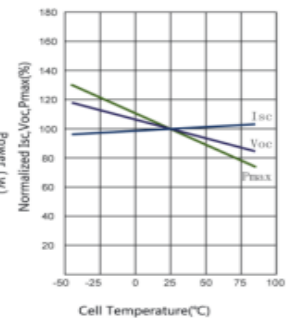


Electrical Performance & Temperature Dependence

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (265W)



Temperature Dependence of Isc, Voc, Pmax



Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 728 pcs/40'HQ Container

Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)
No. of cells	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40mm (65.00×39.05×1.57 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² , Length: 900mm or Customized Length