



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 06 - 03 - 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Jesús Hernán Quintero Gahona, con C.C. No. 1.075.316.256,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o informe de Pasantía

titulado Pasantía Supervisada SUNNY APP S.A.S

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

Ingeniero Electrónico

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permite la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Pasantía Supervisada: SUNNY APP S.A.S

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Quintero Gahona	Jesús Hernán

DIRECTOR Y CODIRECTOR DE PASANTÍA:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Díaz Franco	Fernand

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO:

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2013 NÚMERO DE PÁGINAS: 57

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos  Ilustraciones en general  Grabados   
Láminas  Litografías  Mapas  Música impresa  Planos  Retratos  Sin ilustraciones  Tablas o Cuadros

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español	Inglés	Español	Inglés
1. Inversor	Inverter	6. Radiación	Radiation
2. Panel	Panel	7. Ahorro	Saving
3. Voltaje	Voltage	8. Autoconsumo	Self-Consumption
4. Corriente	Current	9. Exportación	Export
5. Energía	Power	10. Tablero Protección	Protection Board

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Se desarrollaron las actividades realizadas durante la pasantía en la empresa SUNNY APP, junto al aporte específico del pasante a las necesidades de la empresa y los resultados logrados.

Se presentaron 4 líneas principales de trabajo:

- ① Monitoreo: Realizar el seguimiento de la generación de energía a través de plataformas online y diagnosticar el estado del sistema solar
- ② Mantenimiento: preparar el procedimiento y confirmar el estado real de los equipos.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

- 3) Análisis de Facturación de energía eléctrica: Analizar los Valores de la factura generada por el operador de red a los usuarios.
- 4) Calidad del Servicio al cliente: Garantizar una buena experiencia del servicio al cliente, al atender las PQRS generadas.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The activities carried out during the internship at the SUNNY App company were developed, together with the specific contribution of the intern to the needs of the company and the results achieved:

4 main lines of work were developed:

- 1) Monitoring: Track power generation through online platforms and diagnose the state of the solar system
- 2) Maintenance: prepare the procedure and confirm the real state of the equipment.
- 3) Analysis of electricity billing: Analyze the values of the invoice generated by the network operator for users.
- 4) Quality of customer service: Guarantee a good customer service experience when dealing with the PQRS generated.

**APROBACIÓN DE LA PASANTÍA:**

Nombre Presidente Jurado: Fernand Díaz Franco

Vigilada Mineducación



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

## **DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO**

CÓDIGO AP-BIB-FO-07 VERSIÓN 1 VIGENCIA 2014 PÁGINA 4 de 4



Firma: Fernando Díaz Franco.  
Nombre Jurado: Diego Fernando Sendoya Losada

Firma: 

Nombre Jurado: Jesús David Quintero Polanco  
Firma:

Firma: 



# **Informe Final Pasantía Supervisada SUNNY APP**

**Jesús Hernán Quintero Gahona**

Director (a):  
Ingeniero Fernand Díaz

Línea de la propuesta: Pasantía supervisada.

Universidad Surcolombiana  
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Electrónica  
Neiva, Colombia

2022

# Contenido

	Pág.
<b>Tabla de contenido</b>	
<b>Resumen .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>7</b>
1.1 MARCO CONCEPTUAL: .....	7
1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	13
1.3 PROPÓSITO DE LA PASANTÍA .....	15
1.3.1 Mantenimiento .....	16
1.3.2 Análisis de Facturación de la Energía Eléctrica.....	16
1.3.3 Monitoreo .....	17
1.3.4 Calidad del servicio al cliente .....	18
<b>2. CONTEXTO DE LA EMPRESA.....</b>	<b>19</b>
2.1 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SUS FUNCIONES: .....	19
2.2 PROCESO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, LEGALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SSFV DE SUNNY APP .....	21
2.3 REGLAMENTACIÓN/NORMATIVIDAD QUE APLICA A LOS SSFV:.....	22
2.3.1 Ley 1715 del 2014 .....	22
2.3.2 Resolución CREG 030 de 2018 y 174 de 2021: .....	23
2.3.3 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE .....	27
2.4 SOFTWARE O HERRAMIENTAS UTILIZADAS:.....	29
<b>3. RESULTADOS DE LA PASANTÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1 MONITOREO .....	30
3.2 MANTENIMIENTO .....	37
3.3 ANÁLISIS DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: .....	42
3.4 CALIDAD DEL SERVICIO AL CLIENTE .....	48
3.5 OTRAS ACTIVIDADES.....	49
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>

## Listado de figuras

	Pág.
Ilustración 1: Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red.....	10
Ilustración 2: Sistema solar fotovoltaico aislado de la red interconectado con baterías ...	10
Ilustración 3: Curva I-V panel JA SOLAR 540 W en función de la irradiación .....	10
Ilustración 4: Curva I-V panel JA SOLAR 540 W en función de la temperatura .....	10
Ilustración 5: Curva de potencia panel solar JA SOLAR 540 W.....	11
Ilustración 6: Organigrama SUNNY APP S.A.S.....	20
Ilustración 7: Fronius Solar Web .....	30
Ilustración 8: Archivo “SEG. PROYECTOS – SUNNY APP”.....	31
Ilustración 9: Mensajes de servicio y códigos de estado.....	32
Ilustración 10: Tensión de AC de alimentación.....	33
Ilustración 11: Tabla de generación-consumo de energía y gráfica de generación .....	34
Ilustración 12: Grafica de consumo de energía .....	34
Ilustración 13: Liquidación de facturación para AGPE por Electrohuila .....	36
Ilustración 14: Plataforma de mantenimientos SSFV – SUNNY APP.....	38
Ilustración 15: Ahorro de excedentes de EXP 2 – Electrohuila .....	43
Ilustración 16: Ahorro de excedentes de EXP 2 – CREG 174 del 2021 .....	45
Ilustración 17: Reporte de ahorro y generación de energía – Información general y ahorro .....	46
Ilustración 18: Reporte de ahorro y generación de energía – Generación .....	47
Ilustración 19: Reporte de ahorro y generación de energía – Facturación .....	47
Ilustración 20: Reporte de ahorro y generación de energía – Conclusiones .....	48

## **Lista de tablas**

	Pág.
Tabla 1: Componentes de un sistema solar .....	7
Tabla 2: Documentación requerida según el usuario, tomado de la CREG 174 de 2021	23
Tabla 3: Descripción de los documentos de la Tabla 2, según al CREG 174 de 2021 ....	23
Tabla 4: Ahorro del SSFV – ejemplo ilustración 11 .....	35
Tabla 5: Facturación de energía eléctrica – ejemplo ilustración 11 .....	37
Tabla 6: Yield 2021 de usuarios SUNNY APP S.A.S .....	50

## Resumen

El siguiente informe recopila las actividades desarrolladas durante la pasantía en la empresa SUNNY APP del prospecto ingeniero Jesús Hernán Quintero Gahona, realizadas durante el periodo del 10 de junio de 2021 al 25 de noviembre del 2021, donde se cumplieron los requisitos de duración expuestos por la universidad, donde la pasantía fue de 24 semanas y con una dedicación de 48 horas semanales.

Se presentan de manera detallada las actividades realizadas, evidenciando el trabajo realizado en la empresa SUNNY APP junto al aporte específico del pasante a las necesidades de la empresa y los resultados logrados durante el ejercicio de la pasantía.

Se definieron cuatro líneas principales de trabajo:

- **Mantenimiento:** Consiste en la preparación de todo lo necesario para realizar un mantenimiento de un sistema solar. Dentro de las actividades se encuentran:
  - a. El registro de las actividades a través de la plataforma de proyectos de SUNNY APP
  - b. Verificación de las fechas y de la confirmación de los requisitos del cliente
  - c. Diagnóstico del sistema solar basado en el historial del monitoreo
  - d. Ejecución y seguimiento de las actividades del mantenimiento
  - e. Análisis de los resultados del mantenimiento, para la realización de un informe con las actividades realizadas y donde se evidencia que las variables eléctricas de la red y de producción de energía del sistema solar, se encuentran en orden.
- **Monitoreo:** Realizar el seguimiento de las variables de producción y consumo de energía a través de las plataformas que ofrecen los proveedores de los equipos, revisando que estos valores se encuentren dentro de los rangos estimados y no presenten fallos, para garantizar el buen funcionamiento del sistema solar y un ahorro en su factura de energía eléctrica.
- **Análisis de facturación de energía eléctrica:** Analizar los valores de la factura generada por el operador de red a los usuarios, para revisar y evidenciar que los valores de producción del sistema solar fotovoltaico se encuentran dentro de los rangos normales. Este proceso depende de las solicitudes que se realicen

directamente por el Gerente, Coordinador de Proyectos o Ingeniero de Operaciones de SUNNY APP S.A.S, y/o también dependen de las solicitudes como PQRs realizadas por los clientes

- **Calidad del servicio al cliente:** Garantizar una buena experiencia del servicio al cliente al atender las solicitudes de peticiones, quejas y reclamos, que puedan presentarse respecto al funcionamiento del sistema solar una vez se haya realizado la entrega del proyecto. También se encuentra la aclaración y formación a los clientes respecto a los cambios en los valores de energía del sistema solar, cobros, conceptos en general de la factura de energía y el monitoreo diario.

# 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En este capítulo se encuentra la explicación de los conceptos técnicos que se van a desarrollar a lo largo del documento, el argumento principal de la pasantía supervisada, antecedentes de la empresa y del inicio de la pasantía, junto a los acuerdos realizados entre el practicante y la empresa de la pasantía.

## 1.1 MARCO CONCEPTUAL:

**SSFV:** Sistema Solar Fotovoltaico, conjunto de equipos que sirven para aprovechar la radiación solar y convertirla en electricidad, esta energía se transforma en corriente alterna por el uso de un inversor, siendo finalmente utilizada en la industria o en los hogares.

### Descripción de componentes de un SSFV:

Tabla 1: Componentes de un sistema solar

Componente	Definición
Panel solar	Son un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen una diferencia de potencial eléctrico al ser excitados por la radiación de la energía solar, transformándola en energía eléctrica continua.
Tablero de protección DC	Garantiza los niveles de tensión e intensidad se encuentren dentro de los permitidos para la correcta operación del circuito eléctrico.
Inversor	Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica de corriente continua que recibe de los paneles solares, en corriente alterna.
MPPT (Maximun Power Point Tracker)	Es un dispositivo que generalmente viene integrado con el inversor, se encarga de seguir el comportamiento de la tensión e intensidad de salida de los paneles solares y se encarga de fijar el punto donde se garantice la máxima transferencia de potencia, según los valores de las variables de entrada que reciba.
Tablero de interconexión	Encargado de interconectar la energía de la salida del inversor y la energía del operador de red.

	También tiene integrado protecciones para garantizar los rangos de tensión e intensidad nominales.
Smart Meter	Dispositivo inteligente de medición de energía eléctrica.
Tablero de medida	<p>Encargado de registrar la lectura de energía de corriente alterna consumida del operador de red. Se conecta entre la red de energía del operador de red y del tablero de interconexión.</p> <p>Pueden existir distintos tipos de medición de energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directa: aplica cuando el medidor de energía toma los valores de energía directamente desde la acometida del usuario. El valor de energía es el mismo registrado por el medidor.</li> <li>- Semi-directa: aplica cuando el medidor toma los valores de tensión directamente de la red de energía eléctrica pero la medición de la intensidad se realiza a través de transformadores de corriente o CT's. La energía medida se debe multiplicar por un factor determinado para obtener el valor real de energía consumida.</li> <li>- Indirecta: es aquella cuyo medidor de energía no está conectado directamente a la red eléctrica sino a los equipos auxiliares de medición de potencial y de corriente, tales como transformadores de corriente (CT's) y de potencial (PT's). La energía medida se debe multiplicar por el resultado de la multiplicación de los dos factores multiplicadores de los PT's y CT's.</li> </ul>
Tablero de distribución	Encargado de la distribución interna de la energía que recibe el usuario del tablero de interconexión, según las diferentes líneas de consumo que tengan dentro del predio.
Baterías	Se utilizan normalmente para los sistemas solares aislados a la red. Su función es almacenar la energía producida por el sistema solar durante el día, para ser aprovechada en la noche o cuando no se disponga de energía eléctrica.

**Tipos de Sistemas Fotovoltaicos:**

## Características

- No genera contaminación ni emisiones de gases de efecto invernadero.
- Su contribución al cambio climático es mínima. Los sistemas solares fotovoltaicos aislados que utilizan baterías son los únicos que aportan.
- No requiere combustible. Únicamente la radiación del Sol.
- Su dimensionamiento es escalable. Es fácil añadir o quitar módulos según la demanda energética.
- Está en proceso de desarrollo a nivel mundial.
- Su complejidad es baja-media.

A continuación, se explican los tipos de sistemas fotovoltaicos y el funcionamiento de la generación de energía en un panel solar:

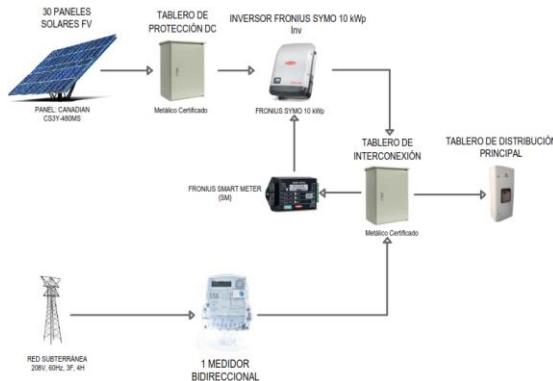
- Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica:

El sistema se encuentra conectado a la red de consumo interno del usuario y a la red de energía eléctrica del operador de red. La energía producida por el sistema fotovoltaico puede ser aprovechada para autoconsumo y la energía excedente es exportada a la red.

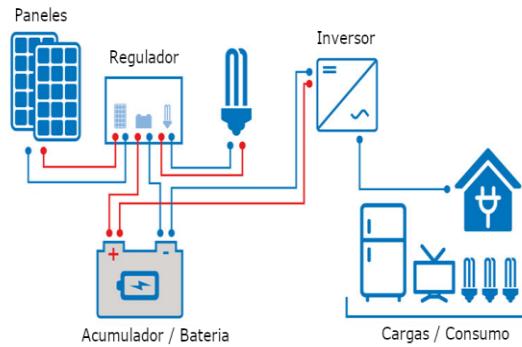
- Sistema fotovoltaico aislado:

Sistema totalmente independiente de la red de distribución o punto de interconexión. Aquí se aplica la generación, distribución y almacenaje de la energía. Este tipo de sistemas se utilizan cuando el lugar no posee servicio de conexión a un operador de red eléctrica y los costos de implementación son muy elevados, por ello, cuenta con un sistema de baterías que permiten almacenar la energía eléctrica cuando no hay radiación solar para después utilizarla.

Podemos observar a continuación en las ilustraciones 1 y 2, los diagramas de un SSFV interconectado a la red y aislado:

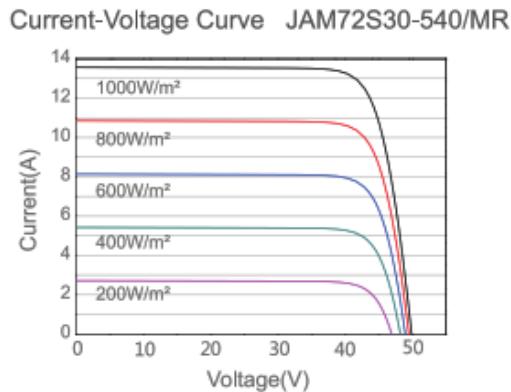


*Ilustración 1: Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red*

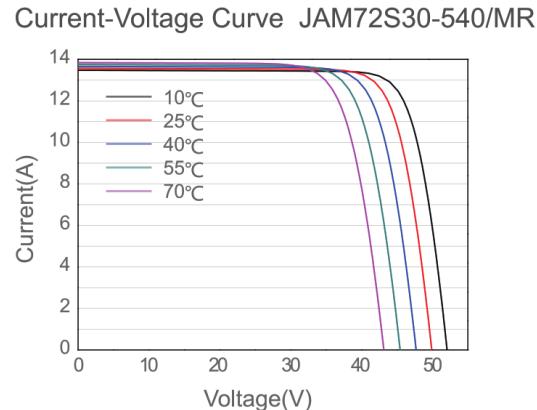


*Ilustración 2: Sistema solar fotovoltaico aislado de la red interconectado con baterías*

A continuación, podemos observar el comportamiento de la tensión y corriente de un panel solar. En la ilustración 3, la corriente aumenta en función de la irradiación recibida del sol, y en la ilustración 4 la tensión disminuye conforme la temperatura aumenta:



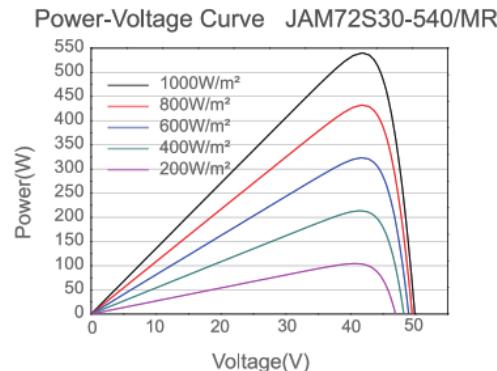
*Ilustración 3: Curva I-V panel JA SOLAR 540 W en función de la irradiación*



*Ilustración 4: Curva I-V panel JA SOLAR 540 W en función de la temperatura*

Podemos decir que un escenario óptimo para el buen funcionamiento de un sistema solar con paneles depende de un buen nivel de irradiación y que no supere altas temperaturas, recomendadas por el fabricante.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta en la ilustración 5, la curva de potencia de un panel solar:



*Ilustración 5: Curva de potencia panel solar JA SOLAR 540 W*

Podemos observar que la curva de potencia aumenta conforme la irradiación aumenta, ya que el voltaje no tiene una variación muy significativa según lo que se observó en la ilustración 3, a medida que exista una mayor irradiación se obtendrá una mayor potencia de salida.

Es importante mencionar que la mayoría de los inversores traen consigo un MPPT, el cual realiza el seguimiento de las variables de tensión y corriente constantemente, para garantizar entregar la máxima potencia de los paneles solares.

A continuación, se mencionan los demás conceptos que se deben tener en cuenta dentro del marco conceptual:

**FNCER:** Fuente no convencional de energía renovable.

**String:** Cantidad de n módulos fotovoltaicos conectados en serie.

**Corriente eléctrica:** Es el flujo de cargas (electrones) que se desplazan entre un material conductor de energía eléctrica.

**Tensión (Voltaje):** Es la diferencia de potencial o energía que existe entre las cargas eléctricas o electrones en un circuito.

**Autogenerador a pequeña escala, (AGPE):** Es un usuario que tiene una FNCER instalada con una potencia instalada igual o inferior a 1MW y que puede generar energía tanto para su consumo como para la entrega a la red local de energía.

**Generador distribuido (GD):** Los usuarios son personas jurídicas que únicamente generan energía eléctrica para centros de consumo, y están conectados al sistema de distribución local. Tienen una potencia instalada menor o igual a 0,1 MW.

**Operación y mantenimiento (O&M):** Es el servicio que presta SUNNY APP a los SSFV donde incluye monitoreo de las variables de producción energéticas, mantenimientos de los equipos y paneles, y un acompañamiento en el comportamiento del SSFV para asegurar un funcionamiento óptimo.

**Variables de producción energética:** son las variables que se utilizan para diferenciar la energía que produce un sistema solar, se dividen en:

- **Energía de Autoconsumo:** energía producida por el sistema solar utilizada para el consumo de energía propio del usuario
- **Energía de Exportación (Excedentes):** energía producida por el sistema solar que es entregada a la red de energía eléctrica.

**Plataformas de monitoreo:** Son plataformas dadas por los proveedores de los equipos de medición de las variables eléctricas y de producción energéticas del SSFV. Fronius Solar Web es una de ellas.

**Operador de red (OR):** Empresa de servicios públicos domiciliarios. Para este caso, se encuentra enfocado hacia las empresas que prestan el servicio energía eléctrica.

**Yield:** Se define como la cantidad de energía que es generada en un periodo de tiempo, por cada unidad de potencia instalada. Por lo general se expresa en razón de kWh generados mensualmente, por kWp instalados en un sistema solar.

**Contratos E.P.C:** EPC proviene de las siglas en inglés “Engineering, Procurement and Construction”, qué significa “Ingeniería, Compras y Construcción”. Un contrato E.P.C incluye el diseño preliminar detallado, la gestión de compras, construcción, supervisión, legalización ante el OR y puesta en marcha de los sistemas solares fotovoltaicos.

**Importación de energía eléctrica:** Cantidad de energía eléctrica consumida de la red por un Autogenerador.

**Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME):** Es una entidad que busca fomentar el desarrollo de los sectores de Minas y Energía, a través de la formulación de políticas y toma de decisiones, para el beneficio del país.

#### **Variables de facturación de energía eléctrica:**

En Colombia, la resolución CREG 174 del 2021 explica las variables que se deben tener en cuenta al momento de realizar el cálculo de valoración de excedentes y facturar la energía eléctrica. A continuación, se presentan las variables registradas para las facturas de energía eléctrica generales, y las que son aplicadas a un Autogenerador a pequeña escala (AGPE):

- a) Costo de la factura (\$): Es el costo total de todos los conceptos cobrados en la factura.
- b) Costo unitario de prestación del servicio (\$kWh/h): es la tarifa de energía eléctrica que se cobra por cada kWh que se consume del OR.
- c) Importación de energía (kWh/h): es la cantidad de energía eléctrica consumida de la red por un AGPE.
- d) Exportación de energía (kWh/h): Cantidad de energía entregada a la red por un Autogenerador o Generador distribuido.
- e) Valoración del excedente del AGPE (\$): es ingreso para el usuario cuando esta variable sea mayor a cero.
- f) Contribución (\$): es el impuesto que tiene un valor del 20% de la energía facturada y que se cobra con el objeto de subsidiar el costo del servicio público de energía eléctrica de los estratos 1, 2 y 3, cuyos sujetos pasivos son los usuarios residenciales de estratos 5 y 6 y los usuarios industriales y comerciales.
- g) Alumbrado público (\$): es un impuesto determinado por el concejo municipal y su valor depende de los tipos de usuario.
- h) Otros cobros (\$): aplican otros impuestos o deudas que haya adquirido el usuario; varía según cada caso.
- i) Generación (\$/kWh): Costo de Compra de Energía en el mes definido
- j) Transmisión (\$/kWh): Costo por Uso del Sistema Nacional de Transmisión para el mes definido
- k) Distribución (\$/kWh): Costo por Uso de Sistema de Distribución correspondiente al nivel de tensión definido para el mes definido
- l) Comercialización (\$/kWh): Costo por comercializar la energía
- m) Compra, transporte y reducción de pérdidas de energía (\$/kWh): acumuladas hasta el nivel de tensión definido en el mes definido
- n) Restricciones: Servicios Asociados con Generación para el mes (\$/kWh)

## 1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

SUNNY APP es una compañía que se dedica a brindar soluciones energéticas por medio del diseño, construcción e instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel nacional, mediante el liderazgo de la alta gerencia y un proceso metodológico basado en el aprendizaje y la mejora continua en los diferentes procesos de gestión con sus clientes y equipo de trabajo.

La empresa abarca los campos de la ingeniería en el diseño, instalación y legalización de los sistemas solares, impulsando el desarrollo de la región hacia un impacto mayor en la utilización de las energías renovables. Fue creada el 02 de marzo del 2016, cuenta con un sistema de Gestión de Calidad certificado de acuerdo con la norma NTC-ISO 9001: 2015

por Applus + Colombia Ltda en la actividad de: Diseño e instalación de Sistemas Fotovoltaicos.

Los proyectos que han realizado de impacto para el sector son:

- **Edificio Prohuila:** Instalación de 234 paneles solares en el parqueadero del edificio Prohuila en la ciudad de Neiva. Obteniendo un reconocimiento por parte de la marca austriaca Fronius, reconocida en la industria mundial de energía solar por su alta calidad, quedando en el primer lugar, dentro de las cinco mejores instalaciones de energía solar en América Latina. Este proyecto tiene una potencia de 193.37 kW y dentro de su contribución implica una disminución en la emisión de 45 toneladas de CO<sub>2</sub> y 18.000 m<sup>3</sup> de agua utilizada para generar la energía eléctrica.
- **Durawod:** Reconocimiento de mejor proyecto en Colombia 2020, por el proyecto solar realizado en las instalaciones de Durawod con una potencia de 107,44 kWp.
- **Iniciativa “Neiva Ciudad del Sol”:** Es una iniciativa liderada por SUNNY APP para llevar a la ciudad a ser un modelo futurista a nivel mundial en la implementación de energía solar a través de tecnologías como: generación distribuida SmartGrid, Internet of Things (IoT), BigData, BlockChain, entre otras. Creando un ecosistema de economía colaborativa - transactiva y desarrollando una planta de energía solar virtual sobre las cubiertas de la ciudad.
- Resultado de la convocatoria 891 MinCiencias: Sunny CleanBott
- Más de 12 mil paneles solares instalados en 200 proyectos, en los siguientes departamentos: Huila, Cundinamarca, Valle del Cauca, Meta, Amazonas, Cesar, Bolívar, Caquetá, Boyacá, Atlántico y La Guajira. Teniendo un total de más de 7 MWp de potencia instalada, y con un impacto en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2.100 toneladas por año y 480 m<sup>3</sup> de agua ahorrada.

La empresa se ha enfocado en trabajar hacia el desarrollo de nuevas alternativas que ofrezcan una solución a la problemática energética y la sostenibilidad, abordando los conceptos de energías renovables para obtener un mayor impacto a nivel ambiental, económico y sostenible en los sectores residenciales, comerciales, industriales y granjas solares.

En sus 6 años de existencia, la compañía ha tenido los siguientes reconocimientos:

- Ganador del concurso “Fronius en Acción - todas las miradas en tu trabajo” realizado por Fronius International GMBH (2019).
- JINKO SOLAR (Fabricante de Paneles Solares): Newsletter JinkoSolar’s Partner SUNNY APP Installed the Greatest PV Carport Project of Colombia (debido al Proyecto solar del Edificio Empresarial Prohuila).
- CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ (CCB): Ganadores de los concursos que se realizaron en el Festival del Emprendimiento de Bogotá GO FEST 2019 ¡Concurso Inversor Pitch y Concurso Bogotá Emprende para el Mundo!
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA (CAM): Reconocimiento por nuestro compromiso con la Región, su Crecimiento y Sostenibilidad.

### 1.3 PROPÓSITO DE LA PASANTÍA

Se presentó la información definida en la propuesta de anteproyecto de pasantía supervisada SUNNY APP S.A.S, la cual fue construida en conjunto con el ingeniero Fernand Díaz y el ingeniero designado por la empresa durante los meses de febrero, marzo y abril del 2021. Una vez definida la propuesta de anteproyecto, se presentó ante los jurados de viabilidad que fueron los ingenieros Jesús David Quintero y Diego Fernando Sendoya, donde se dio aprobación el 03 de mayo del 2021. Se presentan los enfoques planteados en la propuesta:

- 1) Acompañamiento y aprendizaje en la preparación e instalación del proyecto de sistemas inteligentes de baterías alimentadas con sistemas fotovoltaicos provistos por SUNNY APP en ubicaciones de telecomunicaciones remotas de difícil acceso. Por otro lado, los sistemas de telecomunicaciones presentan desafíos para la operación y mantenimiento en sus sistemas de alimentación, como lo son un alto costo para sus condiciones de operación (alto costo transporte de combustible, vandalismo y el mantenimiento frecuente a equipos).
- 2) Calibración y pruebas de trabajo de campo en el proyecto de la convocatoria 891 del 2020 de Min Ciencias, en el desarrollo de un prototipo robótico para limpieza de paneles solares.
- 3) Aprendizaje y participación en los procesos de evaluación, diseño, gestión e instalación de paneles solares en proyectos que pueden ser de carácter residencial, comercial o industrial conectados a la red eléctrica.

Sin embargo, en vista de la duración desde el inicio del planteamiento de las actividades para la construcción de la propuesta y el inicio de la ejecución de la práctica (10 de junio de 2021), se tomó la decisión de reevaluar con la empresa en la semana #2 de inicio de la práctica (17-24 de junio de 2021) los enfoques planteados anteriormente de las actividades que se iban a realizar, y se replantearon dichas actividades en base a los proyectos que

se encontraban desarrollando en la empresa y los conocimientos académicos del estudiante, los cuales son los 4 enfoques que se mencionan en el resumen de este documento.

Se designó al ingeniero Carlos Andrés Vargas Argüelles, que posee como cargo “Coordinador de Proyectos” de la empresa SUNNY APP S.A.S, y en conjunto, se definieron estos 4 enfoques de trabajo, teniendo en cuenta la capacitación en materia de cada enfoque junto con el objetivo o resultado esperado, el cual se detalla a continuación:

### **1.3.1 Mantenimiento**

En este enfoque se pretende dar estructuración de un proceso de digitalización de la información de los proyectos que tienen el servicio de operación y mantenimiento, se pueda realizar un seguimiento a las fechas de mantenimientos programados, se verifique en campo el buen funcionamiento de las variables de producción energéticas y la presentación de un informe de resultados verificando el impacto y resultado del mantenimiento.

Se capacitó en las siguientes actividades:

- Creación del plan de trabajo y formatos que se requieren para los procesos de diseño, construcción y legalización establecidos de un sistema solar.
- Funcionamiento y configuración de un sistema solar
- Puesta en marcha de un sistema solar
- Funcionamiento de plataforma de monitoreo Fronius Solar Web.
- Plataforma principal de trabajo SUNNY APP

Los requerimientos planteados fueron:

- Organizar la información de los proyectos que tienen O&M en la plataforma de SUNNY APP
- Plan de seguimiento de cronograma de mantenimientos con el equipo operativo y el cliente
- Creación del proceso de preparación de necesidades para la ejecución de un mantenimiento del SSFV
- Construcción de un informe de resultados de O&M para evidenciar el trabajo realizado y el estado en el que se encuentran los equipos de SSFV

### **1.3.2 Análisis de Facturación de la Energía Eléctrica**

En el momento de realizar la entrega de la instalación de un SSFV, se habilita la interconexión a la red del sistema solar con el OR, haciendo que la facturación habitual de energía eléctrica cambie, ajustándose a la normativa de la resolución CREG 174

del 2021, donde al no contar con un sistema estandarizado para realizar el seguimiento y la verificación de las variables necesarias para generar los reportes de los valores facturados por el OR y que relacione los datos de la plataforma de monitoreo Fronius Solar Web, es necesario dar una garantía continua de la verificación del buen funcionamiento y lectura de información de los equipos, junto con un servicio de acompañamiento óptimo para los usuarios de SUNNY APP S.A.S.

Se capacitó en las siguientes actividades:

- Explicación del procedimiento para generar la facturación de energía eléctrica por parte de los operadores de red que están relacionados con SUNNY APP.
- Socialización del proceso interno de la empresa para la recopilación y documentación de la facturación.

Los requerimientos planteados fueron:

- Creación de una matriz para organizar los datos de la facturación, se generen análisis de las variables de la facturación de manera automática.
- Estructurar y mejorar los informes de reportes externos (usuarios) del estado del sistema solar fotovoltaico instalado.
- Creación de reportes a nivel interno para la evaluación y comparación de los procesos que se realizan previo a la instalación y los resultados posteriores a la instalación de los sistemas solares fotovoltaicos.

### **1.3.3 Monitoreo**

Dentro de los elementos que se utilizan en la instalación de un sistema solar fotovoltaico encontramos el Smart Meter (medidor inteligente de energía) y las tarjetas Datamanager (tarjetas de comunicación de los valores de la instalación fotovoltaica al portal de monitoreo). Estos elementos se conectan a través de conexión a internet mediante LAN o WLAN, donde transmiten los valores de la instalación fotovoltaica (producción de energía, comportamiento del SSFV) directamente al portal online Fronius Solar Web para proporcionar en todo momento una vista general sobre el funcionamiento de la instalación.

Es necesaria la programación de los elementos de transformación y medición de energía eléctrica y el seguimiento de los datos que se reportan en la plataforma Fronius Solar Web, para la vinculación de las variables medidas con una plataforma que organice y centralice la información, para poder generar reportes de forma más eficiente, que contengan las variables de ahorro, generación y consumo de energía.

Se capacitó en las siguientes actividades:

- Funcionamiento de los sistemas de medida de energía eléctrica (directa y semidirecta)
- Conexión y configuración de un SSFV.

- Programación de los inversores que componen el SSFV y conexión con la plataforma Fronius Solar Web.
- Funcionamiento e interpretación de plataforma de monitoreo Fronius Solar Web.

Los requerimientos planteados fueron:

- Definir un cronograma de monitoreo, actualización y reporte del estado de los proyectos de SUNNY APP a través de la plataforma de monitoreo de los sistemas solares: Fronius Solar Web.
- Programación de los elementos de medición de energía eléctrica en SSFV (inversores y Smart Meters)
- Enlazar los sistemas de monitoreo con la plataforma Fronius Solar Web
- Plan de seguimiento de generación de resultados de medición de la energía generada por el SSFV.

#### **1.3.4 Calidad del servicio al cliente**

Se debe tener un canal de comunicación para la atención y solución de peticiones, quejas y reclamos de los clientes, que puedan presentarse respecto al funcionamiento del SSFV, reconocimiento de excedentes de energía en su factura de energía eléctrica, cobros y conceptos en general de la factura de energía, monitoreo y seguimiento del comportamiento del SSFV.

Se capacitó en las siguientes actividades:

- Procedimiento para solicitar PQRs ante los operadores de red
- Acceso a la base de datos de contactos de los clientes de SUNNY APP

Los requerimientos planteados fueron:

- Atender, dirigir y solucionar las PQRs que se generen para los clientes de SUNNY APP.

Los 4 anteriores enfoques fueron el argumento en el que se desarrolló la pasantía supervisada y que se presentan en el desarrollo de este informe. A continuación, se presenta un resumen de los siguientes capítulos del informe:

Capítulo 2: Contexto de la empresa; aquí se presenta el propósito de la empresa con la misión, visión, y su estructura organizacional. En el capítulo 3: Resultados de la pasantía, se encuentran las actividades principales realizadas, las habilidades desarrolladas y adquiridas por el practicante, el aporte realizado a la empresa. Por último, en el Capítulo 4: Conclusiones, se detalla el cumplimiento de los objetivos y el impacto resultado de la experiencia de la pasantía tanto para la empresa como para el pasante.

## 2.CONTEXTO DE LA EMPRESA

En el siguiente capítulo se encuentra la información principal de la empresa SUNNY APP S.A.S, su estructura interna y la organización de sus procesos para poder ejecutar los contratos EPC de los sistemas solares fotovoltaicos.

**MISIÓN:** Liderar la masificación de la energía solar distribuida en Colombia y América Latina.

**VISIÓN:** ¡El sol es el límite! para el 2030 ser la empresa líder en el desarrollo de la energía solar distribuida residencial, comercial e industrial en América Latina con más de un millón de usuarios.

### 2.1 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SUS FUNCIONES:

La empresa está planteada partiendo de las necesidades y expectativas de los clientes en el marco de servicios de la empresa, los cuáles son:

1. Proyectos EPC: Todo lo concerniente al diseño, compras, construcción y legalización de los sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, comercial e industrial.
2. Robótica: Construcción, operación y mantenimiento de sistemas de energía solar fotovoltaica utilizando tecnologías 4.0.
3. Comercialización de energía: Alternativas a la compra y venta de energía tradicional, que busca empoderar a los usuarios ofreciendo una mejor experiencia de usuario y un mayor ahorro en las tarifas de la energía eléctrica

Para poder llevar a cabo cada línea de servicios, existen 3 tipos de procesos:

- Procesos Estratégicos:
  - Planeación estratégica de la empresa: Conformado por la Gerencia y es el encargado de la toma de decisiones, evaluación de objetivos y plantear la visión de trabajo a cada equipo de la empresa, para cumplir los objetivos, misión y visión.
  - Sistema de gestión de calidad, seguridad y salud en el trabajo: Conformado por la ingeniería del sistema de gestión integrado, y es la encargada de velar porque cada uno de los procesos dentro de la empresa se cumplan y se apliquen las buenas prácticas de los empleados según las normativas.

- Procesos Misionales:
  - Gestión Comercial: Se encarga de las ventas de los servicios planteados anteriormente, mostrar los resultados y el acompañamiento con el cliente para asesorarlo en el servicio que necesite.
  - Diseño, construcción, legalización y mantenimiento de SSFV: Se encarga de toda la planeación, preparación ejecución de los proyectos E.P.C y del servicio de mantenimiento de los SSFV, el cual puede ser realizado por el equipo operativo o área de robótica.
- Procesos de Apoyo:
  - Gestión Humana: Realiza las actividades de capacitación, inducción, y de bienestar de todo el personal de la empresa.
  - Gestión de bienes y servicios: Se encarga de la gestión de la parte contable, legal y administrativa.

A continuación, se presenta en la ilustración 6, el organigrama de la empresa y la ubicación del pasante, en el enfoque de trabajo que desarrolló durante su pasantía:

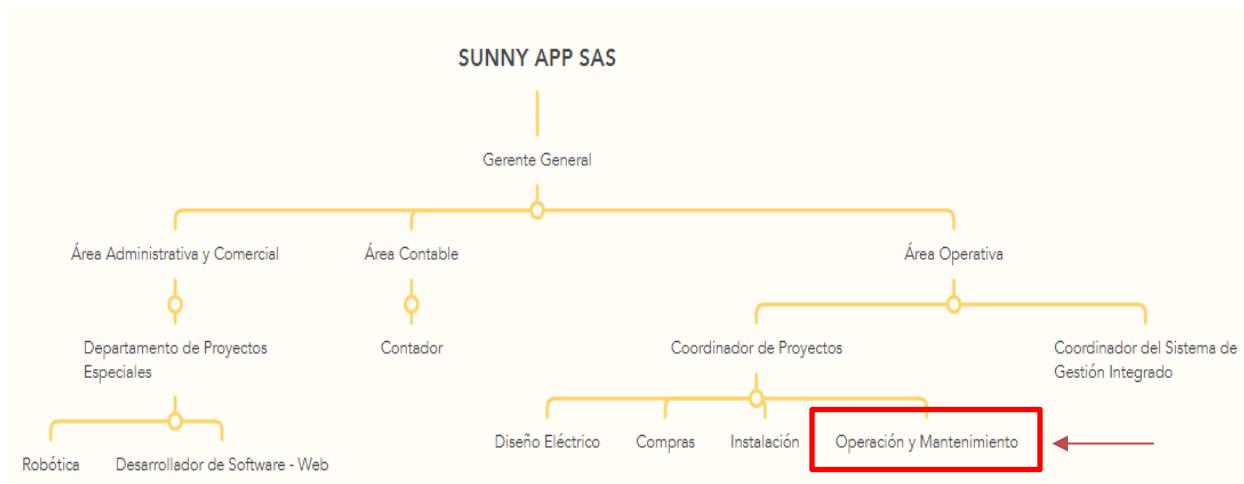


Ilustración 6: Organigrama SUNNY APP S.A.S

El practicante se ubicó en el área operativa, bajo la dirección del coordinador de Proyectos, en el área de Operación y Mantenimiento.

## **2.2 PROCESO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, LEGALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SSFV DE SUNNY APP**

En SUNNY APP existen definidos los procesos para el desarrollo de los proyectos de los SSFV. A continuación, se presenta las etapas en las que se desarrolla:

### **Etapa 1: Diseño**

Se realizan visitas técnicas para obtener la información necesaria del lugar, elementos instalados, espacios disponibles, conexiones, entre otros. Una vez obtenida esa información, se procede a realizar los diseños de la estructura, obra eléctrica y ubicación de los equipos, para socializar con el cliente y posteriormente aprobarlos.

### **Etapa 2: Construcción**

Se realizan las cotizaciones y las compras de los equipos, para iniciar el proceso de importación. Mientras llegan los equipos para su instalación, se realizan los trámites ante el OR, donde se comparte la documentación y se hacen los estudios y solicitudes de conexión del SSFV a la red.

### **Etapa 3: Legalización**

Finalizada la construcción, se realizan pruebas del SSFV para verificar su correcto funcionamiento, para luego hacer la solicitud de una empresa que pueda realizar el certificado RETIE del sistema solar para que haga la inspección y autorice la certificación, para luego poder realizar la solicitud ante el OR de programar la visita al SSFV para realizar las pruebas de exportación a la red.

### **Etapa 4: Mantenimiento**

Con la autorización de la conexión a la red por el OR, se realiza la puesta en marcha del SSFV y la entrega del proyecto. Esta entrega es realizada por el equipo Operativo o de Operación y Mantenimiento de SUNNY APP.

En la etapa de Mantenimiento se realiza el monitoreo, mantenimientos, realización de informes de generación y ahorro, y la atención del cliente. En esta etapa se desarrollaron las actividades principales del practicante, las cuáles ha ayudado a estructurar. Actualmente se encuentra en construcción de sus procesos, formatos, metodologías de seguimiento, entre otras.

## **2.3 REGLAMENTACIÓN/NORMATIVIDAD QUE APLICA A LOS SSFV:**

Se presenta de manera general la explicación de la normativa, y su aplicación a lo largo de toda la gestión del proyecto EPC de los SSFV, incentivos tributarios que aplican a los usuarios y el reconocimiento de excedentes de energía en la facturación de energía eléctrica.

### **2.3.1 Ley 1715 del 2014**

El objeto de la ley es promover el desarrollo y otros usos de las energías no tradicionales, principalmente las renovables, mediante su integración al mercado eléctrico, la participación en industrias no relacionadas y el sistema energético nacional.

Dentro de los incentivos que aplican quienes adquieran un sistema solar, se encuentran:

- Dedución del impuesto de renta: Los contribuyentes que declaran el impuesto sobre la renta, tienen derecho a una deducción de hasta el 50% del monto invertido por nuevos gastos directos en investigación, desarrollo e inversión en producción y uso de energía.

Nota: El máximo valor que se puede deducir de manera anual es del 50% o menor, de la renta del contribuyente.

- Depreciación acelerada: Son los gatos que, por ley, se permiten deducir al presentar una declaración de impuestos hasta el 20% del valor anual de la propiedad.
- Exclusión de IVA: En la compra de los equipos, bienes y servicios que sean incluidos en el contrato de instalación del SSFV, ya sean de carácter nacional o internacional.
- Exención de gravámenes arancelarios: Exención en el pago de derechos de importación de maquinarias, equipos, materiales e insumos utilizados únicamente para trabajos de pre inversión e inversión en proyectos de energía no convencional

### 2.3.2 Resolución CREG 030 de 2018 y 174 de 2021:

La CREG es la Comisión de Regulación de Energía y Gas, cuyo objetivo es regular el monopolio de los servicios públicos domiciliarios de electricidad y gas en Colombia, en la cual propone normas aplicables a los usuarios de autogeneración, los cuales pueden ser residenciales, comerciales e industriales, para la producción de energía en pequeña escala y distribuida, simplificando y aclarando los procesos de conexión, operativos, y comercialización de energía.

A continuación, se menciona el procedimiento planteado en la CREG 030 de 2018 para la conexión y operación de un AGPE son energía solar, junto con la documentación que se debe presentar, actualizada en la CREG 174 de 2021:

➤ **Procedimiento para la conexión y operación de un AGPE con energía solar:**

1. Solicitud de conexión AGPE: Según la resolución CREG 030 de 2018, se realiza la solicitud al OR para iniciar el trámite, y solicitar la lista de requisitos y documentación. La lista de documentos establecidos se encuentra en el *Capítulo III artículo 14. Procedimientos de conexión simplificados* de la resolución CREG 174 de 2021:

Tabla 2: Documentación requerida según el usuario, tomado de la CREG 174 de 2021

Condición (1)	Tipo	Capacidad instalada o nominal	Documentación tipo (SÍ: es necesario, NO: no es necesario)						
			A	B	C	D	E	F (3)	G
Entregan energía a la red	AGPE	≤ 100 kW	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
	GD	≤ 100 kW	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ
	AGPE	> 100 kW	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
	GD	> 100 kW	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ
	AGGE	< 5 MW (2)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
No entregan energía a la red	AGPE	≤ 1 MW	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
	AGGE	Cualquier capacidad	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ

Notas:

- (1) La condición de entrega o no de energía a la red aplica para autogeneradores. El GD siempre entrega energía a la red conforme a su actividad económica.
- (2) Corresponde a la potencia máxima declarada para el AGGE
- (3) Solo en el caso de usar inversores para conexión a la red. De lo contrario, NO aplica

Tabla 3: Descripción de los documentos de la Tabla 2, según al CREG 174 de 2021

Tipo	Descripción del documento tipo
A	Estudio de conexión simplificado de que trata el artículo 12 de la presente Resolución
B	Formulario de conexión simplificado de que trata el artículo 12 de la presente Resolución.
C	<p>Certificado de capacitación o experiencia en la instalación tipo.</p> <p>La empresa encargada de la instalación, o el instalador, deben certificar al menos 1 año de experiencia específica acorde con el tipo de tecnología a instalar, o adjuntar un certificado de capacitación del personal en la instalación tipo que se llevará a cabo.</p> <p>Mientras el Ministerio de Minas y Energía regla lo anterior, la certificación deberá ser clara sobre la experiencia a acreditar y el tiempo requerido, o el certificado de capacitación. Transitoriamente se entiende que son certificaciones de capacitación que pueden ser expedidas por una institución educativa acreditada o que son de índole de educación no formal ofrecida por alguna empresa o que son certificaciones de experiencia certificada por alguna empresa donde se demuestre la experiencia en las instalaciones tipo que se lleven a cabo. La certificación debe contener la información suficiente para que los aspectos anteriormente mencionados puedan ser verificados en caso de aclaraciones.</p>
D	Manual del (de los) dispositivo(s) que controla(n) la no inyección a red o la inyección a red en algún nivel fijo de potencia o energía. Si el inversor cuenta con dicha función, se debe entregar el manual del inversor. Si se tiene entrega de energía a la red y no se tiene un control de inyección en algún nivel fijo de potencia o energía, el documento no es necesario. Si no se tiene entrega de energía a la red, el documento sí es necesario. Para un GD no aplica, pues la potencia máxima declarada corresponde a la capacidad efectiva neta.
E	Archivo de la consulta de la disponibilidad de red en el punto de conexión en la página web del OR, esto para los casos de AGPE que inyectan energía a la red y los GD y que se conectan a nivel de tensión 1. El sistema de información de disponibilidad de red debe generar el archivo con el resultado de la búsqueda en formato PDF, JPG u otros, para que el usuario lo pueda descargar.
F	Documento donde se demuestre el cumplimiento de normas para inversores, definidas en el formulario de conexión simplificado.
F	La demostración del cumplimiento de las normas técnicas debe ser mediante certificado de producto emitido por un organismo de certificación acreditado, que haga parte de acuerdos de reconocimiento internacional. En todo caso, si el RETIE ya establece la demostración anterior, se realizará conforme este o su actualización lo determine.
G	<p>Otra documentación: i) los diagramas unifilares (usar una norma nacional o internacional), ii) documento con la identificación esquemática de la conexión del sistema de puesta a tierra con su conductor correspondiente y que contenga el esquema de protecciones con sus características, iii) documento con las distancias de seguridad respecto a las redes existentes y el cuadro de cargas de la demanda total.</p> <p>Se deberá aplicar lo que el RETIE especifique para la documentación anterior.</p>

2. Aprobación de la conexión: El OR tendrá siete (7) días hábiles a partir de la fecha de la recepción de la solicitud para proporcionar su aprobación respecto a la viabilidad técnica de la conexión.

- De ser aprobada la conexión, el OR debe especificar las condiciones de conexión y la fecha para realizar las pruebas. La fecha de inicio será especificada por el solicitante.
- En caso de ser rechazada la conexión, el operador deberá justificar técnicamente el motivo de la denegación de la conexión, indicar la base técnica o reglamentaria que la justifica, listar los requisitos no cumplidos y recomendar exactamente qué requisitos deben cumplirse para conceder la conexión. El período de validez de la confirmación de conexión es de seis meses, si el usuario no se conecta después de este período por razones ajenas al operador del servicio, el solicitante puede volver a presentar la solicitud solo dentro de los 7 meses posteriores a la fecha de vencimiento.

3. Posterior a la aprobación de conexión, el O.R inspeccionará los parámetros especificados y deberá informar la fecha de la visita como mínimo, con dos días hábiles de anticipación. De encontrar fallos o no conformidades en la visita, el O.R deberá aclarar los requisitos por los cuales no se aprueba la conexión, y deberá programar una nueva visita de inspección dentro de los siete días hábiles siguientes a la primera visita.

Si el resultado de la segunda visita no es satisfactorio, el OR deberá explicar la razón por la cual no es posible efectuar la conexión, y podrá programar visitas adicionales, sin embargo, el costo de estas visitas irá por cuenta del usuario.

4. El O.R dispone de dos días hábiles para efectuar la conexión a la red, sin embargo, la conexión puede efectuarse el mismo día de la visita de la última prueba.

5. El O.R puede consultar las condiciones de conexión en cualquier momento a partir de la fecha de su puesta en funcionamiento. Si al momento de la inspección no se cumple alguno de los parámetros contenidos en la solicitud de conexión o las especificaciones de calidad de energía emitidas por el comité, el O.R podrá deshabilitar la conexión de AGPE hasta que se corrijan las desviaciones detectadas.

#### ➤ **Valoración de excedentes de energía:**

Según el capítulo V, artículo 26 de la resolución CREG 074 de 2021, los AGPE que utilizan fuentes no convencionales de energía renovable, la empresa encargada de comercializar los excedentes de energía que el sistema solar exporte a la red, deberán aplicar y comunicar a los usuarios la siguiente fórmula según la capacidad nominal instalada:

1. Autogenerador a pequeña escala (AGPE) que utiliza una fuente no convencional de energía regulada con capacidad instalada menor o igual a 100 kW:

$$VE = (Exc1 - Imp) * CU - (Exc1 * Cv) + \sum Exc2 * Pbolsa. \quad (2.1)$$

2. Autogenerador a pequeña escala (AGPE) que utiliza una fuente no convencional de energía regulada con capacidad instalada mayor a 100 kW y menor o igual a 1000 kW:

$$VE = (Exc1 - Imp) * CU - (Exc1 * Cv) - [Exc1 * (Tm + Dn + Pr + R)] \\ + \sum_{h=hx, hx+1 \dots H} Exc2 * Pbolsa \quad (2.2)$$

Donde:

VE: Es el resultado del cálculo entre los valores de importación y exportación de energía, la tarifa y el precio de bolsa. Este valor se expresa en \$, y se denomina como ingreso para el usuario, cuando esta variable sea mayor a cero.

Imp: Es el consumo de energía de la red que el usuario acumuló durante todo el mes y se expresa en kWh.

Exc1: Es la energía que el usuario ha exportado/entregado a la red eléctrica, sin embargo, este valor puede ir desde que la energía exportada sea igual a cero hasta el valor de la energía consumida de la red del usuario durante el mes. Se expresa en kWh.

CU: Es la tarifa que se cobra por la energía eléctrica, y se expresa en \$/kWh. En el caso de usuarios no regulados es el costo del servicio que se haya pactado.

Cv: Es el costo de comercialización en \$/kWh. En el caso de usuarios no regulados es el costo pactado.

Exc2: Es la energía que el usuario ha exportado/entregado a la red eléctrica, pero en esta ocasión, este valor empieza a acumularse desde la hora en la que la energía de exportación 1 (Exc1) sea igual al valor total de la energía consumida de la red (Imp). Tener en cuenta que:

- La Exc2 se debe tratar hora a hora.
- Esta variable solamente aplica cuando la exportación total de energía, supere la Imp durante el mismo mes.
- La Exc2 aplica para los valores de energía exportada, que sean superiores al valor de Exc1, corresponden al mismo valor de energía exportada, para cada hora.

Pbolsa: Es el precio de bolsa que el O.R compra los excedentes de energía de Exc2 que le entregó el usuario, se define hora a hora durante el mes definido y se expresa en \$/kWh. Este valor no puede superar el precio de escasez ponderado, y en caso de hacerlo, el precio de bolsa será igual a dicho precio de escasez (es el valor máximo que puede pagar la demanda del país por la energía).

Tm: Es el costo por el servicio de Transmisión de la energía eléctrica, en \$/kWh, en el mes.

Dn: Es el costo por el servicio de Distribución de energía eléctrica, en \$/kWh, en el mes.

Pr: Es el costo por el servicio de Compra, transporte y reducción de pérdidas de energía en \$/kWh, en el mes.

Rm: Es el costo por las restricciones y servicios asociados con generación en \$/kWh, en el mes.

### **2.3.3 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE**

El RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) es un reglamento del Ministerio de Minas y Energía, donde se encuentra toda la reglamentación que se debe tener en cuenta al momento de realizar un diseño, arreglo, o construcción de las redes eléctricas en Colombia. El propósito de este reglamento es velar porque se cumplan los estándares de protección para los diferentes tipos de riesgos eléctricos, la seguridad de las personas y la protección del medio ambiente.

La ONAC es el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, y se encarga de certificar a las empresas que presten servicios de evaluación de conformidad en diferentes servicios. En este caso, las empresas que certifican el RETIE para los SSFV deben estar avaladas por la ONAC.

Dentro de estas empresas, encontramos SERVIMETERS y RETIE & RETILAP, que ya han certificado a SUNNY APP, y cuyos requisitos principales exigidos son:

- DISEÑO ELECTRICO
  - Planos, diagramas y esquemas
  - Análisis de riesgo y origen eléctrico
  - Especificaciones técnicas – Memorias de calculo
  - Matriculas profesionales de personas calificadas
- PROTECCIONES
  - Accesibilidad a todos los dispositivos de protección
  - Funcionamiento del corte automático de alimentación
  - Selección de conductores

- Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes y sobretensiones
- PROTECCIÓN CONTRA RAYOS
  - Evaluación del nivel de riesgo
  - Implementación de la protección
- SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
  - Continuidad de los conductores de tierra y conexiones equipotenciales
  - Resistencia de puesta a tierra
- SEÑALIZACIÓN
  - Identificación de tableros y circuitos
  - Identificación de canalizaciones
  - Identificación de conductores de fase, neutro y tierra
  - Diagramas, esquemas, avisos y señales
- DOCUMENTACIÓN FINAL
  - Memoria del proyecto
  - Plano(s) de lo construido
  - Certificaciones de producto
- OTROS
  - Compatibilidad térmica de equipos y materiales
  - Ejecución de las conexiones
  - Ensayos funcionales
  - Materiales acordes con las condiciones ambientales
  - Protección contra electrocución por contacto directo
  - Protección contra electrocución por contacto indirecto
  - Resistencia de aislamiento
  - Sujeción mecánica de elementos de instalación

Los requisitos anteriores, son los principales exigidos por las empresas que expedan el certificado (SERVIMETERS y RETIE & RETILAP), sin embargo, dependiendo de la visita de inspección RETIE, cada SSFV puede tener sus propios requerimientos según el tipo de usuario y las características específicas de la instalación, que pueden hacer que aumenten otros requisitos.

## 2.4 SOFTWARE O HERRAMIENTAS UTILIZADAS:

### ➤ Plataforma de Administración – SUNNY APP:

Es una plataforma que se encuentra en desarrollo por ingenieros de software de SUNNY APP, donde se registra la información de los proyectos y el monitoreo realizado a los SSFV. Los temas que podemos encontrar son:

- Información del proyecto
- Datos del cliente
- Datos técnicos
- Información del OR
- Certificaciones
- Ajustes de facturación
- Cronograma de mantenimientos
- Reporte diario del monitoreo de los SSFV

### ➤ Google Sheets:

Se utilizó como soporte de base de datos y realización de reportes temporalmente, mientras se implementan cambios y actualizaciones a la plataforma de Administración – SUNNY APP.

### ➤ Fronius Solar Web:

Es una plataforma de monitoreo creada por la empresa Fronius, que registra el comportamiento de las variables de producción energéticas de los SSFV. También detalla las variables eléctricas y de potencia, presentan mensajes de servicio que alertan anomalías del SSFV y permiten la realización de análisis e informes de los SSFV.

## 3. RESULTADOS DE LA PASANTÍA

Se realizaron actividades de capacitación y de solución a necesidades que tenía la empresa en los 4 enfoques planteados en el resumen de este informe. Para cada enfoque se presenta a continuación una descripción general y un caso de muestra donde se evidencia el trabajo realizado:

### 3.1 MONITOREO

El primer enfoque consiste en realizar el seguimiento periódico del estado de los SSFV a través de plataformas de monitoreo, para la emisión de fallas y análisis de los SSFV. El proveedor principal de los SSFV de SUNNY APP es Fronius, el cual incluye un servicio de monitoreo a través de la plataforma Fronius Solar Web. En esta plataforma se permite monitorear en tiempo real las variables de producción energéticas, emitir alertas de una mala operación y realizar desde análisis hasta reportes, involucrando las condiciones de la red eléctrica que está interconectado el SSFV.



Ilustración 7: Fronius Solar Web

Para el desarrollo del enfoque de monitoreo, se dividieron dos líneas para el desarrollo del practicante:

#### Línea 1: Seguimiento de producción energética

Se construyó una estrategia de monitoreo, para realizar el seguimiento diario de las variables medidas por los componentes electrónicos (Inversor y Smart Meter) mencionadas anteriormente y así garantizar el cumplimiento y la calidad en el servicio de producción de energía. En esta estrategia, se realizó la creación de un archivo llamado "SEG. - PROYECTOS SUNNY APP" que analizara las variables de:

- Generación de energía (autoconsumo y exportación)
- Cálculo del Yield diario
- Porcentaje de generación (energía contratada por el cliente vs energía real generada)

Y cuyo procedimiento consistió en dos etapas:

### ETAPA 1:

- a. Acceder a la plataforma de monitoreo Fronius Solar Web para obtener los datos de generación del día anterior.
- b. Registrar los datos en el archivo “SEG. PROYECTOS - SUNNY APP”, el cual se presenta en la ilustración 8.
- c. Calcular el porcentaje de producción de energía del proyecto.
- d. Verificar que los valores de producción se encuentren en un estándar igual o superior al 90%, en caso contrario, se procede a realizar la revisión detallada del proyecto en la plataforma en la etapa 2.

SEGUIMIENTO OPERACIÓN CLIENTES SUNNY APP												
	FECHA ANALIZADA	PROYECTO	DURACIÓN AÑOS OEM	VENCIMIENTO OEM	GENERACIÓN MENSUAL PROMETIDA	YIELD EN EL CONTRATO	YIELD REAL	GENERACIÓN DIARIA IDEAL	AUTOCONSUMO	EXPORTACIÓN	GENERACIÓN DIARIA REAL	PORCENTAJE
4			1	26/1/2023	7405 kWh	110.0	70.7	246.84 kWh	158.63 kWh	158.63 kWh	64.26%	
5			1	31/1/2023	2025 kWh	125.0	116.3	67.50 kWh	62.79 kWh	62.79 kWh	53.02%	
6			0	19/03/2018	1350 kWh	125.0	0.0	45.00 kWh	0.00 kWh	0.00 kWh	0.00%	
7			0	02/06/2018	1080 kWh	100.0	15.5	36.00 kWh	5.58 kWh	5.58 kWh	15.60%	
8			0	16/04/2018	1350 kWh	125.0	87.1	45.00 kWh	7.83 kWh	23.72 kWh	31.35 kWh	
9			3	03/12/2024	3375 kWh	125.0	96.7	112.50 kWh	85.89 kWh	1.18 kWh	87.07 kWh	
10			1	10/06/23	2158 kWh	110.0	0.0	71.93 kWh		0.00 kWh	0.00%	
11			1	14/06/23	1333 kWh	111.2	96.6	44.43 kWh	23.65 kWh	14.95 kWh	38.60 kWh	
12			0	29/03/2019		0.0	0.0	749.48 kWh		0.00 kWh	0.00%	
13			5	11/07/2027	3813 kWh	126.3	93.2	127.10 kWh	86.93 kWh	6.85 kWh	93.78 kWh	
14			5	11/07/2027	1525 kWh	125.0	97.1	50.83 kWh	33.30 kWh	6.19 kWh	39.49 kWh	

Ilustración 8: Archivo “SEG. PROYECTOS – SUNNYAPP”

### ETAPA 2:

- a. Verificar los mensajes de servicio de la plataforma FRONIUS SOLAR WEB y los códigos de estado, para identificar el posible mal funcionamiento del sistema solar.
- b. Verificar la conectividad a internet del SSFV y la transmisión correcta de los equipos que envían los datos a la plataforma.
- c. Verificar las variables de tensión y corriente de la red en AC (salida del inversor y de las fases o líneas de la red eléctrica)
- d. Verificar las variables de tensión y corriente de la red en DC (strings que se interconectan a la entrada del inversor).

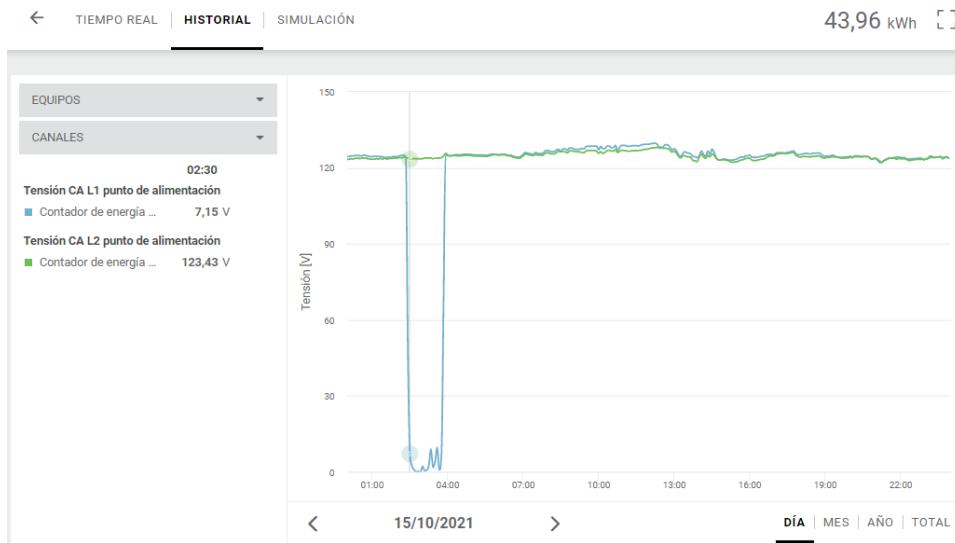
Fecha	ID de la fuente de datos	Nombre del equipo	Instalación fotovoltaica	Código de estado	Descripción	Acciones
29/11/2021 11:42	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
27/11/2021 11:41	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
23/11/2021 19:56	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
21/11/2021 19:56	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
19/11/2021 19:49	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
15/10/2021 02:58	240.870909	Primo 8.2-1 208-240 (1)		213 (Error)	Tensión de CA de L1-N demasiado baja	
15/10/2021 00:02	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	
14/10/2021 21:27	240.870909	Fronius Solar.web		999 (Error)	Inverter Blackout Detection - Solar.web did not receive logdata within user-defined period	
12/10/2021 23:40	240.870909	Fronius Solar.web		996 (Error)	Error de comunicación entre el inversor y Solar.Web	

Ilustración 9: Mensajes de servicio y códigos de estado

En la ilustración 9 se observa un ejemplo de códigos de estado, los cuáles dan una descripción general de la alerta del SSFV. En este caso en particular, se encuentran las alertas:

- Código 996: indica una falla en la comunicación entre la plataforma de monitoreo Solar Web y el inversor. Se debe revisar la configuración de conexión a internet del inversor.
- Código 213: indica un registro de tensión por debajo de los valores configurados, entre la línea 1 y neutro. Se debe revisar el histórico de tensión de alimentación AC en el día 15/10/2021 para verificar que exista una alimentación sobre los valores nominales de operación.

Existe una amplia gama de códigos de estado, con ellos se puede conocer las características de la energía de alimentación de la red (sobretensiones, arcos voltaicos, tensión de AC baja o alta), configuración de conexión de los paneles solares (niveles de tensión DC altos o bajos, excesos de temperatura, error de ventilación), configuración interna de los equipos, entre otros.



*Ilustración 10: Tensión de AC de alimentación*

En la ilustración 10 observamos la tensión de AC de alimentación del inversor para la línea 1 y la línea 2. Podemos observar que sobre las 2:50 am del 15/10/2021 se presentó la caída de tensión en la línea 1, generando la alerta que encontramos en la ilustración 9.

En el transcurso del resto del día se observó normalidad en la alimentación de la red AC, y teniendo en cuenta que el error sucedió una vez, en horas de la madrugada y no se volvió a presentar en los mensajes de estado, se omite la alerta y se continúa con el monitoreo del SSFV.

**Nota:** También se pueden analizar las variables de frecuencia, factor de potencia, potencia por cada MPPT, potencia generada durante el día, entre otros.

Si al finalizar la etapa 2 no se encuentra la causa de la reducción de la generación de energía, se programa una visita técnica de O&M al SSFV.

## Línea 2: Informes y reportes de generación

Se realizó la creación de modelos de informes donde se analicen y presenten el comportamiento de la generación de energía de los SSFV, se combinen con el cálculo estimativo del ahorro obtenido y se realice un contraste con los valores estipulados de energía y cobros, en la facturación de energía por los operadores de red.

Un informe o reporte puede contener los siguientes análisis:

### a. Producción de energía:

Se toman las variables de autoconsumo y exportación, y mediante informes presentados a los clientes, se realizan gráficas donde se observa su perfil de generación y de consumo de energía y se sustentan las proyecciones y el consumo que el usuario está supliendo con el SSFV.

GENERACIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA 2021					
MES	AUTOCONSUMO (kWh)	EXPORTACIÓN (kWh)	CONSUMO DE LA RED (kWh)	GENERACIÓN SOLAR (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)
ENERO	773	954	2.189	1.727	2.962
FEBRERO	797	706	2.114	1.503	2.911
MARZO	797	857	2.215	1.654	3.012
ABRIL	796	747	2.232	1.543	3.028
MAYO	748	890	2.174	1.638	2.922
JUNIO	682	902	2.112	1.584	2.794
JULIO	561	515	2.197	1.076	2.758
AGOSTO	725	951	2.077	1.676	2.802

Tabla 2: Generación energía 2021

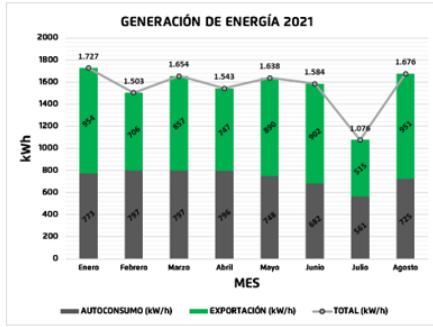


Ilustración 1: Generación de energía 2021

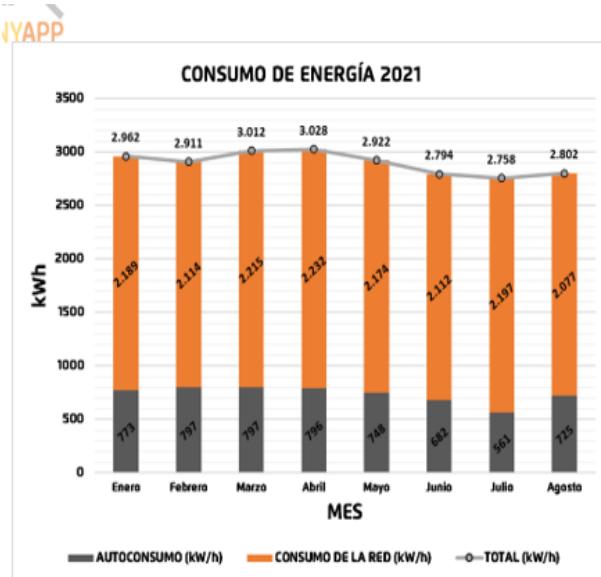


Ilustración 2: Consumo de energía 2021

Ilustración 11: Tabla de generación-consumo de energía y gráfica de generación

Ilustración 12: Grafica de consumo de energía

En las ilustraciones 11 y 12, se detalla de manera gráfica el comportamiento de la generación y consumo de un SSFV, donde se clasifican las variables de Autoconsumo, Exportación y Consumo de la red para uno de los clientes de SUNNY APP.

Lo anterior, nos permite conocer un promedio del consumo mensual que tiene el usuario y compararlo con la energía mensual que genera el SSFV y así, poder calcular el ahorro mensual. A continuación, se presenta el cálculo del ahorro de un SSFV:

### b. Ahorro:

**Por Autoconsumo:** Es la multiplicación de la energía de autoconsumo, por la tarifa (\$kWh) que se le cobra el usuario:

$$\text{Ahorro Autoconsumo} = \text{Energía Autoconsumo (kWh)} * \text{CU.} \quad (3.1)$$

**Por Exportación:** Según la potencia instalada del AGPE puede variar, pero para SSFV menores a 100 kWp es la multiplicación de la exportación 1 (Exc1), por el resultado de la resta de la tarifa menos el costo de comercialización, más la exportación 2 (Exc2) horaria, multiplicada por el valor del precio de bolsa:

$$\begin{aligned} Ahorro \ Exportación = & Exc1 \ (kWh) * (\$kWh - Cv) + \\ & Exc2 \ (kWh) * Pbolsa \end{aligned} \quad (3.2)$$

**Por Impuestos:** Es el porcentaje aplicado (contribución y/o alumbrado público) al ahorro obtenido por Autoconsumo y de Exportación:

$$\begin{aligned} Ahorro \ Impuestos = & (Energía \ autoconsumo * CU * \%impuestos) + \\ & (Exc1 * (CU - Cv) * \%impuestos) \end{aligned} \quad (3.3)$$

A continuación, se presenta la tabla 4, con los valores de ahorro para el SSFV mencionado en la ilustración 11, con impuesto de contribución del 20% y alumbrado público del 13,4%:

Tabla 4: Ahorro del SSFV – ejemplo ilustración 11

PERÍODO	Tarifa (\$kW/H)	Cv (\$kW/H)	Autoconsumo	Excedentes	Impuestos	Total Ahorro
<b>ENERO</b>	624,4	99,87	\$ 482.692	\$ 500.440	\$328.366	<b>\$ 1.311.498</b>
<b>FEBRERO</b>	629,55	104,26	\$ 501.751	\$ 475.913	\$326.540	<b>\$ 1.304.204</b>
<b>MARZO</b>	652,36	104,43	\$ 519.931	\$ 469.576	4330.495	<b>\$ 1.320.002</b>
<b>ABRIL</b>	637,97	107,08	\$ 507.824	\$ 396.575	\$302.609	<b>\$ 1.206.468</b>
<b>MAYO</b>	643,75	112,29	\$ 481.525	\$ 472.999	\$318.811	<b>\$ 1.273.336</b>
<b>JUNIO</b>	657,91	110,5	\$ 448.695	\$ 493.764	\$314.781	<b>\$ 1.257.240</b>
<b>JULIO</b>	678,22	112,02	\$ 380.481	\$ 291.593	\$224.473	<b>\$ 896.547</b>
<b>AGOSTO</b>	700,41	111,33	\$ 507.797	\$ 560.215	\$356.716	<b>\$ 1.424.728</b>

### c. Facturación de energía eléctrica:

En los informes se comparan los valores de energía del consumo del usuario, junto con los cobros realizados por la energía y los impuestos que el usuario debe pagar.

Para comprobar que el OR está facturando de manera correcta y validar la proyección del ahorro que se realizó del SSFV, se realiza el siguiente cálculo de los cobros que se le aplican al usuario:

**Consumo facturable:** Es el consumo que el O.R cobra al usuario, después de haber descontado la energía que el usuario exportó a la red:

$$\text{Consumo facturable} = (\text{Importación (kWh)} - \text{Exc1}) * \text{Tarifa} \quad (3.4)$$

**Comercialización (permuto):** Es el cobro que el O.R hace al AGPE por comercializar la energía de Exc1 que el SSFV exportó a la red:

$$\text{Comercialización} = \text{Exc1 (kWh)} * (CV) \quad (3.5)$$

**Impuestos:** Es el cobro que puede ser por contribución (20% del consumo facturable) y/o alumbrado público (el porcentaje de alumbrado varía según el tipo de usuario. También se calcula sobre el consumo facturable):

$$\text{Impuestos} = (\% \text{ impuestos}) * \text{Consumo facturable} \quad (3.6)$$

**Otros cobros:** Son otros cobros que pueden ser por servicios extras que el usuario ha solicitado, o que el O.R ha presentado al cliente por arreglos o visitas realizadas.

En la siguiente ilustración se observan los cálculos finales para la factura de energía eléctrica.

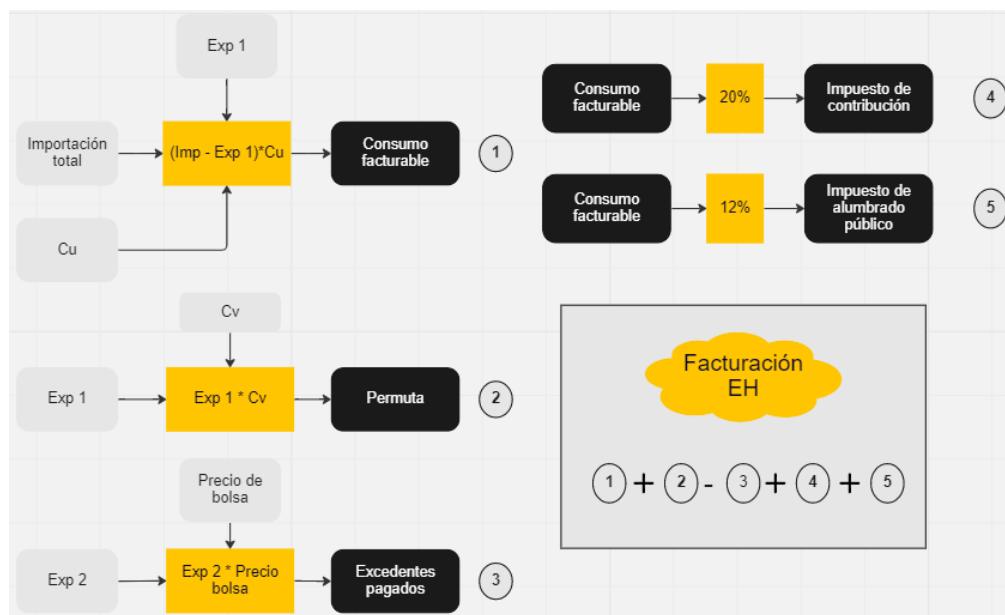


Ilustración 13: Liquidación de facturación para AGPE por Electrohuila

**NOTA:** El porcentaje del impuesto de alumbrado público y la aplicación del impuesto de la contribución puede variar, según el tipo de usuario (residencia, comercial, industrial, y el estrato).

Tabla 5: Facturación de energía eléctrica – ejemplo ilustración 11

PERIODO	Importación (kWh)	Exportación (kWh)	Tarifa (\$kW/h)	CV (\$kW/h)	Consumo facturable	Comercialización	Contribución y alumbrado	Otros cobros	Total a pagar
<b>ENERO</b>	2.189	954	624,4	99,87	\$ 771.134	\$ 95.276	\$ 257.559	\$ 34.080	\$ 1.158.049
<b>FEBRERO</b>	2.144	706	629,55	104,26	\$ 905.292	\$ 73.608	\$ 302.368	\$ 34.080	\$ 1.315.348
<b>MARZO</b>	2.215	857	652,36	104,43	\$ 885.904	\$ 89.497	\$ 295.892	\$ 34.080	\$ 1.305.373
<b>ABRIL</b>	2.232	747	637,97	107,08	\$ 947.355	\$ 79.989	\$ 316.417	\$ 34.080	\$ 1.377.841
<b>MAYO</b>	2.174	890	643,75	112,29	\$ 826.575	\$ 99.938	\$ 276.076	\$ 34.080	\$ 1.236.669
<b>JUNIO</b>	2.112	902	657,91	110,5	\$ 796.071	\$ 99.671	\$ 265.888	\$ 34.080	\$ 1.195.710
<b>JULIO</b>	2.197	515	678,22	112,02	\$ 1.140.766	\$ 57.690	\$ 381.016	\$ 34.080	\$ 1.613.552
<b>AGOSTO</b>	2.077	951	700,41	111,33	\$ 788.661	\$ 105.875	\$ 263.413	\$ 34.080	\$ 1.192.029

Los valores calculados se corroboran con los valores definidos en la factura de energía del usuario, y de esta manera se verifica el impacto del ahorro que presenta el SSFV en el consumo de energía eléctrica.

### 3.2 MANTENIMIENTO

El segundo enfoque se basó en la estructuración de la metodología del servicio de Mantenimiento, el cual consiste en la visita en campo de un ingeniero que pueda operar y verificar el correcto funcionamiento del SSFV, la programación de los equipos de monitoreo, la inspección y limpieza de los equipos del SSFV, y el conocimiento de las variables eléctricas que operan para los tipos de corriente DC (producción de los paneles solares) y AC (salida del inversor).

Para el desarrollo del enfoque de mantenimiento, se dividieron dos líneas para el desarrollo del practicante:

## Línea 1: Programación de mantenimientos y construcción de reportes de O&M

Para que un SSFV pueda funcionar de una manera óptima, se recomienda la realización de mantenimiento a los equipos, conexiones y la instalación en general. Estos mantenimientos pueden ser de carácter preventivo y correctivo:

**Preventivos:** Su propósito es evitar o mitigar las consecuencias de fallas de los equipos y del SSFV en general a través de la limpieza, ajustes y mediciones del sistema. De esta manera, aumentar su disponibilidad, limitar los costos y aumentar su vida útil. Se recomienda que un mantenimiento preventivo se realice, por lo menos, con un periodo de 6 meses a partir de la fecha de instalación.

**Correctivo:** Se realiza cuando existe una falla en alguno de los equipos o un daño en la instalación. Una vez identificado el problema, se realiza un análisis de la falla para encontrar la causa y tomar las medidas necesarias en la reparación y/o sustitución de los elementos del SSFV que han sido dañados, para evitar un posible fallo nuevamente.

Los mantenimientos correctivos se realizan cuando se presentan fallas en el SSFV por causa de la red eléctrica, condiciones ambientales o exteriores, y fallos por garantía de los equipos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se programaron los mantenimientos preventivos de los SSFV que tienen vigente el servicio de O&M brindado por SUNNY APP, a través de la Plataforma de Administración – SUNNY APP, que se encuentra actualmente en desarrollo por los programadores de la empresa y se muestra en la ilustración 14:

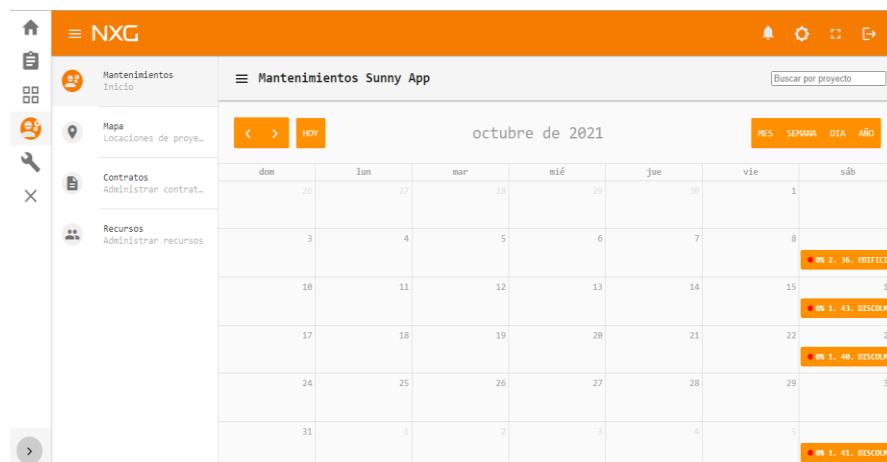


Ilustración 14: Plataforma de mantenimientos SSFV – SUNNY APP

En esta plataforma se realizó el ingreso de los proyectos que contaban con vigencia del servicio de Mantenimiento. Allí se llevó un seguimiento de los próximos mantenimientos preventivos, y el registro de la información de los resultados de cada mantenimiento realizado.

Para realizar un mantenimiento, se estableció el siguiente procedimiento:

**Preliminares de mantenimiento:**

1. Diagnóstico del SSFV: Se debe revisar en la plataforma de monitoreo el histórico de producción de energía y los mensajes de estado del SSFV, para conocer el comportamiento del sistema y de las variables energéticas y eléctricas.
2. Requerimientos y confirmación con el cliente: Se debe realizar la confirmación del personal operativo que va a realizar el mantenimiento, permisos de trabajo y se confirma la fecha de ejecución del mantenimiento con el cliente (se puede reprogramar según lo defina el cliente), asignación de herramientas y el envío de documentación del personal que asiste al mantenimiento.
3. Reunión de socialización de O&M: Se debe programar una reunión con el personal operativo encargado de realizar el mantenimiento, el Coordinador de Proyectos, el Ingeniero de Operaciones y el Auxiliar de ingeniería, para revisar el Cronograma de fechas de mantenimientos preventivos, explicación del contexto del SSFV para la realización de las pruebas (diagrama de conexiones, equipos instalados) y socializar las fechas de los mantenimientos próximos a realizar.

**Ejecución del mantenimiento preventivo:**

El mantenimiento se debe realizar en la fecha acordada con el cliente. Se registra un Acta de Reunión para dejar un soporte del mantenimiento realizado, y se registran los resultados del mantenimiento evidenciando en un antes y después, a través de registro fotográfico y registro escrito de las actividades y mediciones realizadas.

Dentro de las actividades realizadas en la ejecución de un mantenimiento, se encuentran las siguientes:

1. Introducción al mantenimiento: el equipo de mantenimiento se presenta con el cliente o la persona designada por el mismo, para explicarle las actividades a realizar y el acompañamiento que es necesario, para los requerimientos que puedan presentarse durante la ejecución del mantenimiento.

2. Inspección de equipos: se realiza una inspección visual y limpieza de los equipos instalados para evaluar su estado y verificar que no presenten daños o intervenciones ajenas a las realizadas por el personal de SUNNY APP.
3. Limpieza de paneles solares: se realiza el lavado de los paneles solares con jabón neutro (es el tipo de jabón que no afecta las propiedades del panel solar). Antes de realizar el lavado, se debe verificar la temperatura de los paneles solares; de ser superior a los 50°C, se debe esperar a que la temperatura disminuya, para no generar un choque térmico y forzar la composición física del panel.
4. Ajustes de conexiones: se verifican y ajustan las conexiones en los terminales de los paneles, tableros de protección (AC y DC) y del inversor, para evitar posibles cortos y puntos calientes por el mal flujo de la energía.
5. Mediciones de tensión y de corriente: se realizan las mediciones en la parte DC del SSFV, la cual corresponde a las tensiones de los strings. Se verifica que el valor de tensión proyectado por string debe ser muy cercano al valor medido.

En la parte AC se miden las tensiones entre línea y línea, y línea y neutro, y se verifican que se encuentren dentro de los valores nominales de la red eléctrica.

6. Sistema de monitoreo: se verifica la correcta comunicación de datos del SSFV a la plataforma de monitoreo y se observan los mensajes de servicio que se pudieron haber presentado durante el mantenimiento, para verificar que la instalación quedó en orden, después de haber realizado las pruebas y limpieza del SSFV.

#### **Entrega de resultados:**

Después de finalizar el mantenimiento preventivo, se debe realizar un Informe del mantenimiento realizado. En este informe se anexan evidencias fotográficas, mediciones, el registro del antes y después de la realización del mantenimiento. También se debe presentar el estado de los equipos, las acciones correctivas que hay que realizar (en caso de requerirse) y las recomendaciones para mejorar la vida útil del SSFV.

De encontrarse alguna falla en los equipos, se reporta al cliente y se evalúa su aplicación por garantía. En caso contrario, se pasará la cotización al cliente para programar un mantenimiento correctivo y solucionar la falla.

## Línea 2: Visitas técnicas de O&M

Cuando un SSFV presenta una falla o mensaje de servicio que no puede ser solucionado desde el enfoque de Monitoreo, se procede a realizar una visita técnica de O&M para realizar la inspección del SSFV en campo, tener un diagnóstico real y en lo posible, solucionar en la misma visita el fallo encontrado.

El procedimiento para realizar estas visitas es el siguiente:

- Diagnóstico del SSFV y preparación: Se realiza una valoración desde el enfoque de Monitoreo, del estado del SSFV, su configuración de conexión y la programación del inversor, con el propósito de tener un contexto claro del SSFV y poder preparar las herramientas previa a la visita.
- Confirmación con el cliente: Se confirma con el cliente el permiso para ingresar al SSFV.
- Inspección de equipos: Se realiza la inspección visual de los equipos y se corrobora que los componentes se encuentren en buen estado (empalmes del cableado, fusibles, conexión del equipo a internet, buen estado de los equipos y tableros de protección).
- Mediciones y pruebas: Se realizan las mediciones de los valores de tensión y corriente de los strings de los paneles del SSFV, salida en AC del inversor, tablero de distribución y/o interconexión, y los valores de potencia de salida del SSFV.

Al encontrar la falla, se cataloga en dos tipos, que, a su vez, tienen sus clasificaciones:

a) Del SSFV:

- Garantía de instalación: Si la falla proviene por una inadecuada instalación de los equipos, la empresa asume los costos de los repuestos y mano de obra, y soluciona la falla en la visita.
- Garantía de proveedor: Si la falla proviene de un mal funcionamiento de los equipos del SSFV (inversor, elementos de medición, paneles), se procede a registrar la falla y presentar el reporte al proveedor para la evaluación del estado del equipo.

b) Variables ajenas al SSFV:

- Del cliente: Si la falla proviene por una inadecuada operación de los elementos del SSFV del cliente, se procede a realizar el reporte de la falla, las causas y presentar

al cliente el caso, donde el mismo tendrá que asumir los costos de reparación con los materiales necesarios, para la correcta puesta en marcha del SSFV.

- Del OR: Si la falla proviene de la baja calidad del servicio de la red eléctrica por parte del OR con el usuario, se realiza el reporte de la falla al usuario y se notifica al enfoque de Calidad del Servicio al Cliente para la realización y seguimiento de una PQR, hasta que se defina una solución al cliente.

### **3.3 ANÁLISIS DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:**

El tercer enfoque del practicante consistió en verificar y comprobar que el cálculo en la facturación de energía eléctrica por parte del OR de ELECTROHUILA a los usuarios AGPE, se realizara de manera correcta, teniendo como referencia el *Artículo 26. Información al AGPE por la entrega de excedentes*, de la resolución CREG 174 del 2021, donde se explica cómo se deben aplicar la fórmula para liquidar los excedentes de energía que el SSFV exporta a la red, explicado en el ítem 2.3.2 de este documento.

Dentro de las actividades realizadas por el practicante para aportar al desarrollo del enfoque se encuentran:

- a) Creación del formato en Excel para el reconocimiento de excedentes por la energía exportada, según Electrohuila.

A raíz de la estructuración de los informes que vincularan los datos de generación de energía, ahorro y análisis de facturación, surgió la necesidad de conocer la forma de facturar los excedentes de energía por parte del OR, en este caso, Electrohuila. Por lo anterior, se analizó el procedimiento de reconocimiento de excedentes y como se incorpora a la facturación de energía, para posteriormente dar la creación de un formato en Excel que pudiera validar la información de la facturación de los clientes de SUNNY APP.

A través del siguiente diagrama de bloques de la ilustración 15, se presenta el procedimiento realizado por Electrohuila para realizar el cálculo de reconocimiento de excedentes.

**Nota:** Este procedimiento fue obtenido a través de una explicación de la división de facturación de Electrohuila al equipo de SUNNY APP.

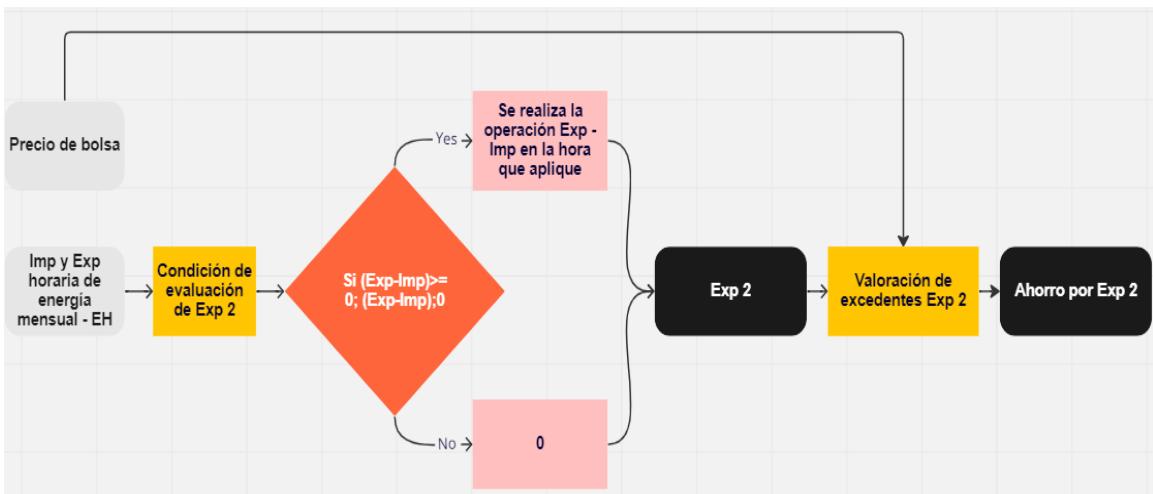


Ilustración 15: Ahorro de excedentes de EXP 2 – Electrohuila

#### Entradas:

- Imp: Valores de importación o consumo horario de energía que el usuario realiza a Electrohuila, durante el periodo de un mes.
- Exp: Valores de exportación horaria de energía que el usuario realiza a Electrohuila, durante el periodo de un mes.
- Precio de bolsa: Es el valor del precio de bolsa que paga hora a hora, por la energía de exportación 2, y está evaluado en \$/kWh.

#### Condición:

- Evaluación de Exp 2: es la condición que evalúa cada valor de energía exportada hora a hora, durante el periodo de un mes, respecto al valor de energía importada correspondiente a la misma hora dentro del mismo periodo.

#### Salidas:

- Exp 2: registro horario de los valores de energía resultados de la condición de evaluación de Exp 2.
- Ahorro por Exp 2: es el cálculo de la multiplicación del precio de bolsa horario, por el valor horario de la Exp 2.

Se encontró que la condición que evalúa la condición de evaluación de Exp 2 es errónea, puesto que realiza un análisis comparando hora a hora desde la hora cero del mes, los valores de exportación e importación. Según la definición en el ítem 2.3.2 de este documento, para definir la Exp 2 se deben tener en cuenta:

- La Exc2 se debe tratar hora a hora.
- Esta variable solamente aplica cuando la exportación total de energía, supere la Imp durante el mismo mes.
- La Exc2 aplica para los valores de energía exportada, que sean superiores al valor de Exc1, corresponden al mismo valor de energía exportada, para cada hora.

De lo anterior, podemos concluir que Electrohuila al realizar el análisis de la variable de Exp 2 desde la hora número cero (entre la Exp y la Imp), sin tener en cuenta que la Exp 2 existe a partir de la hora hx (hora en la que la sumatoria de la energía exportada desde la hora cero, es superior a la energía total importada), estaba malinterpretando la forma de facturar la energía eléctrica y calculando de forma errónea la valoración de excedentes de Exp 2.

Se realizaron las observaciones a la división de facturación para corregir el procedimiento y aclarar la valoración correcta de los excedentes de los AGPE.

**Nota:** El cobro de la Permuta (es el mismo cobro por comercialización) depende de la capacidad instalada del AGPE. Si la capacidad instalada del SSFV es menor a 100 kWp, el O.R puede cobrar únicamente el componente de comercialización por la energía de Exc1, si es mayor a 100 kWp, el O.R puede cobrar los componentes de comercialización, transmisión, distribución, pérdidas y restricciones, por la energía de Exc1.

- b) Creación del formato en Excel para el reconocimiento de excedentes dados por la energía exportada, según la RES CREG 030 del 2018 y 174 del 2021 [6]:

Aunque anteriormente se hiciera el ejercicio de reconocimiento de excedentes con el OR Electrohuila, se propuso investigar según la resolución CREG 030 del 2018 y 174 del 2021, como se realizaba el reconocimiento de la Exp 2, creando un nuevo formato en Excel con la condición de evaluación de Exp 1 y Exp 2 actualizada según la norma. Se muestra en la ilustración 16:

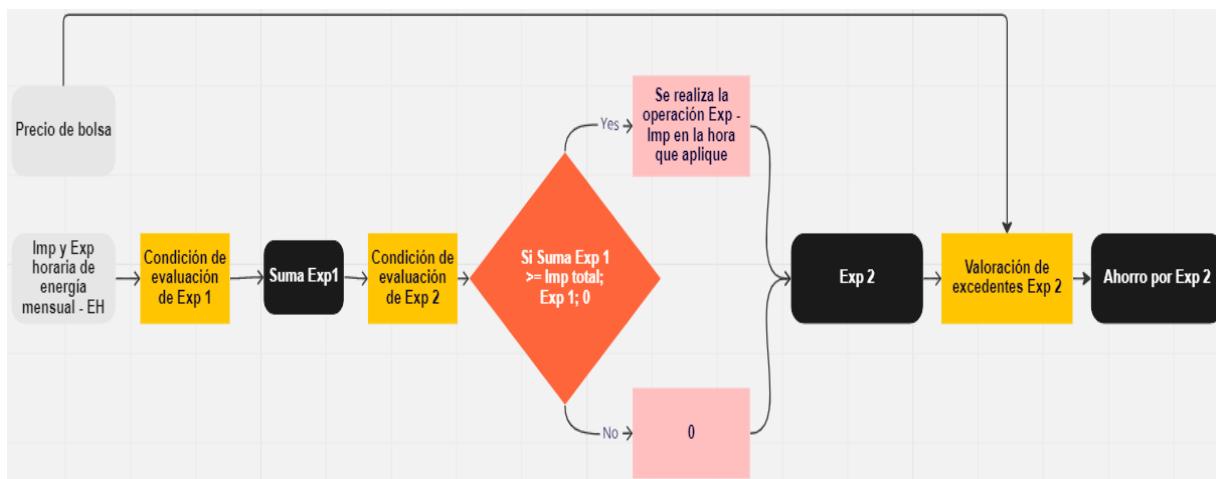


Ilustración 16: Ahorro de excedentes de EXP 2 – CREG 174 del 2021

#### Entradas:

- Imp: Valores de importación o consumo horario de energía que el usuario realiza a Electrohuila, durante el periodo de un mes.
- Exp: Valores de exportación horaria de energía que el usuario realiza a Electrohuila, durante el periodo de un mes.
- Precio de bolsa: Es el valor del precio de bolsa que paga hora a hora, por la energía de exportación 2, y está evaluado en \$/kWh.

#### Condición:

- Evaluación de Exp 1: es la condición que evalúa la suma de cada valor de exportación de energía. Este valor puede encontrarse entre 0 y el valor de total de Imp.
- Evaluación de Exp 2: es la condición que evalúa la suma de la Exp 1 hora a hora, hasta que se vuelve igual o superior al valor total de importación. En el momento que la suma de la Exp 1 sea superior a la importación total de energía, los valores horarios de energía exportada, empiezan a ser asignados como Exp 2.

#### Salidas:

- Suma Exp 1: es la suma de cada valor horario de Exp, siempre y cuando sea menor que el total de Imp.
- Exp 2: registro horario de los valores de energía resultados de la condición de evaluación de Exp 2.
- Ahorro por Exp 2: es el cálculo de la multiplicación del precio de bolsa horario, por el valor horario de la Exp 2.

Con la corrección en el procedimiento del formato anterior, se pudo validar que la facturación de energía de ELECTROHUILA para los AGPE, fuera correcta y se pudiera comparar con los valores estimados por la plataforma de monitoreo Fronius Solar Web.

c) Reportes para la comparación del ahorro proyectado:

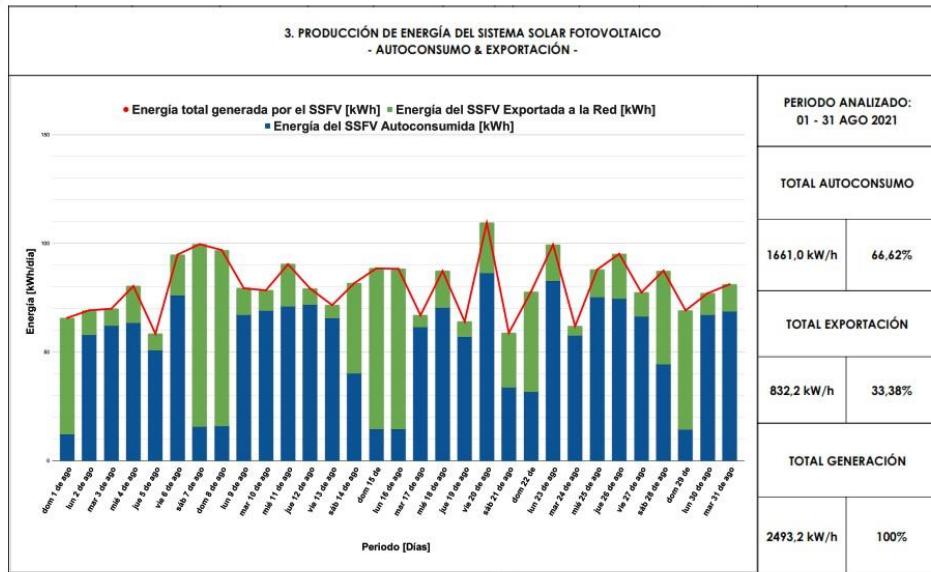
Se realizó la construcción de un reporte que combinara los conceptos de generación y consumo de energía, con los valores cobrados en la factura de energía eléctrica, con el propósito de sustentar al cliente, que los valores medidos por la plataforma de monitoreo son confiables y están cumpliendo con lo propuesto por la normativa, y el valor de ahorro prometido.

A continuación, se presenta la última versión realizada en octubre del 2021 de la construcción del reporte de ahorro y de energía:



REPORTE DE AHORRO Y GENERACIÓN DE ENERGÍA			
1. DATOS DEL USUARIO		Información general que describe el proyecto y el cliente.	
2. RESUMEN DE AHORRO MENSUAL			Muestra el ahorro monetario calculado con base a la producción de energía, teniendo en cuenta los porcentajes de impuesto y el valor de la tarifa del kWh.
3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO - AUTOCONSUMO & EXPORTACIÓN			Gráfica que representa la generación diaria junto a la curva de generación del periodo analizado, donde se discrimina los valores de autoconsumo y exportación de energía a la red.
4. COMPARACIÓN DE DATOS DE FACTURACIÓN			Indica el comportamiento de las variables mostradas de la factura del periodo analizado respecto a la factura que se quiera tomar como referencia. Puede ser antes de la instalación (Propuesta del sistema solar) o después de la instalación del SSFV.
5. ANÁLISIS FACTURACIÓN ACTUAL - AHORRO SISTEMA SOLAR			Comparación entre el ahorro real con el sistema solar y la estimación del valor a pagar de la factura sin el sistema solar.
6. COMPORTAMIENTO CONSUMO DIARIO			Gráfica que evidencia el comportamiento del consumo del usuario y como es aprovechada la generación del sistema solar en términos de autoconsumo y consumo de la red local.
1. DATOS DEL USUARIO		2. RESUMEN DE AHORRO MENSUAL	
CLIENTE OPERADOR DE RED DOMICILIO PIESTA EN MARCHA SSFV FECHA DE LEGALIZACIÓN POTENCIA DEL SISTEMA CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL - PROPUESTA SSFV PROMEDIO ENERGÍA MENSUAL CONTRATADA AHORRO MENSUAL PROYECTADO	ELECTROHUILA CR 5 N.º 13-56 27/01/2020 20.79 kWp 2370 kW/h 2287 kW/h \$1.405.395	AUTOCONSUMO GENERACIÓN DE EXCEDENTES CONTRIBUCIÓN (20% AUTOCONSUMO) ALUMBRADO PÚBLICO (13.4% AUTOCONSUMO)	\$1.042.200 \$497.509 \$208.440 \$139.655
NOTA: El ahorro proyectado se realiza en base a los parámetros mostrados en la factura utilizada en la propuesta del proyecto.			TOTAL AHORRO MENSUAL: \$1.887.803

*Ilustración 17: Reporte de ahorro y generación de energía – Información general y ahorro*



*Ilustración 18: Reporte de ahorro y generación de energía – Generación*



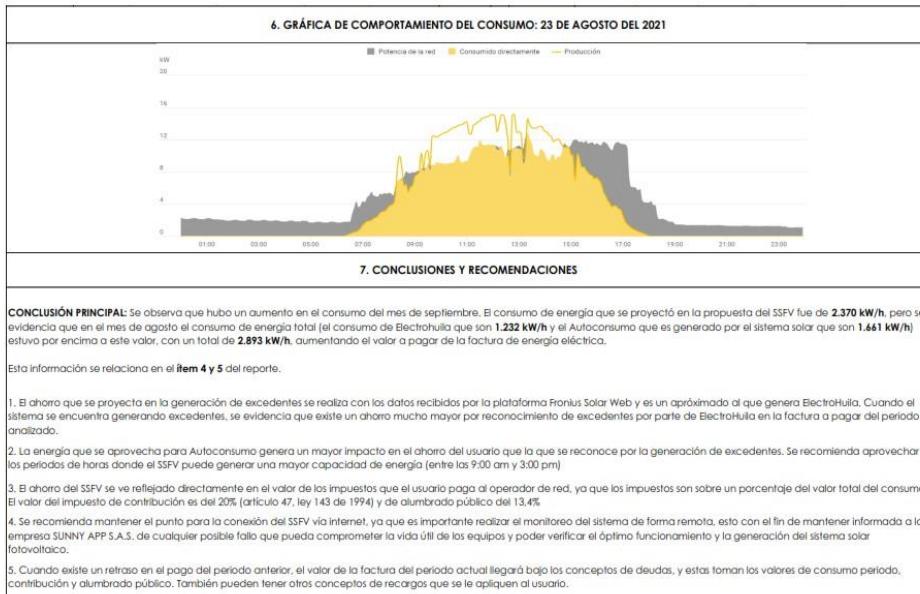
**4. COMPARACIÓN DE DATOS DE FACTURACIÓN**

CONCEPTO	19 OCT - 19 NOV 2019 - ANTES DEL SSFV	01 - 31 AGO 2021 - DESPUÉS DEL SSFV	INDICADOR	DIFERENCIA
COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO	\$25.15 \$/kW/h	\$27.45 \$/kW/h	↑	+ \$2.30/kW/h 19.48 %
ENERGÍA CONSUMIDA DESDE LA RED	2410 kW/h	1232 kW/h	↓	- \$1.178.0 kW/h -48.88 %
NETO DE IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN	\$1.265.606	\$276.637	↓	- \$988.969 -78.14 %
CONTRIBUCIÓN	\$253.121	\$154.725	↓	- \$98.396 -38.87 %
ALUMBRADO PÚBLICO	\$169.591	\$103.666	↓	- \$65.925 -38.87 %
ASEO	\$0	\$47.240	↑	+ \$47.240 -
DEUDA CAPITAL	NA	NA		- -
ENERGÍA REACTIVA	NA	NA		- -
DEUDA ALUMBRADO PÚBLICO	NA	NA	→	- -
INTERÉS MORATORIO	NA	NA		- -
TOTAL DEUDAS / RECARGOS	\$0	\$0		\$0 -
TOTAL FACTURADO POR LA COMERCIALIZADORA	\$1.688.318	\$582.268	↓	- \$1.106.050 -65.51 %

**5. ANÁLISIS DE AHORRO SISTEMA SOLAR - FACTURACIÓN 01 - 31 AGO 2021 -**

CONCEPTO	CONSUMO TOTAL	AHORRO TOTAL ESTIMADO	TARIFA + IMPUESTOS	VALOR A PAGAR ESTIMADO
SIN SSFV	2893 kW/h	\$0	0 %	\$837 \$2.448.741
CON SSFV	1232 kW/h	\$1.887.803	76.5 %	\$837 \$580.938
<b>ESTIMADO ACUMULADO DE EXCEDENTES</b>				
AHORRO	\$497.509	ENERGÍA EXPORTADA A LA RED	832.18 kW/h	

*Ilustración 19: Reporte de ahorro y generación de energía – Facturación*



*Ilustración 20: Reporte de ahorro y generación de energía – Conclusiones*

En este reporte se socializó al cliente la información de generación de energía mensual y el ahorro que se proyectó al inicio del proyecto, comparando los valores actuales de generación y de ahorro, basados en la información de la plataforma de monitoreo y la facturación de energía.

### 3.4 CALIDAD DEL SERVICIO AL CLIENTE

El cuarto enfoque del practicante consistió en desarrollar una estrategia de atención al cliente para mejorar la experiencia de usuario, atendiendo las peticiones, quejas y reclamos (PQRs) como servicio post venta y que hace parte del área de Operación y Mantenimiento.

El propósito de este enfoque es poder obtener una realimentación desde la experiencia del usuario, para cada una de las etapas del procedimiento de Diseño, Construcción, Legalización y Mantenimiento de SSFV. La etapa de Mantenimiento inicia a partir de la entrega del proyecto del SSFV, e incluye las siguientes actividades:

- Líneas de comunicación: En el momento que inicia la etapa de O&M, se presentan los medios de contacto del practicante (número telefónico y correo corporativo) al

- cliente, para que pueda tener una comunicación centralizada respecto al monitoreo, facturación de energía eléctrica, o cualquier otra duda del SSFV.
- Capacitación de la plataforma de monitoreo: Se realiza una capacitación al cliente para explicarle los conceptos de producción energética, y como entenderlos, a través de la plataforma de monitoreo de su SSFV.
  - Cambio de facturación: Se realiza una capacitación al cliente respecto a la nueva norma que aplica a la facturación de energía eléctrica, con el objetivo que el cliente esté familiarizado con las nuevas fechas de facturación, los conceptos de AGPE y la explicación de como inciden los excedentes de energía en la facturación.
  - Servicio de Operación y Mantenimiento (O&M): Se realiza la explicación de que al finalizar y realizar la entrega del SSFV, el cliente tiene durante el tiempo estipulado en el contrato, el servicio de O&M, el cual incluye los siguientes puntos:
    - Monitoreo diario para velar por el correcto funcionamiento del SSFV.
    - Seguimiento de la facturación de energía, para verificar que se reconozcan los excedentes de energía según la CREG 174 del 2021.
    - Cronograma de mantenimientos preventivos del SSFV.
    - Solicitud de informes del balance general del SSFV, incluyendo como puntos de reporte la producción fotovoltaica, el ahorro estimado, y la validación del consumo de energía de la red eléctrica según la plataforma de monitoreo Fronius Solar Web.

### 3.5 OTRAS ACTIVIDADES

Para finalizar, se realizaron otras actividades como auxiliar de ingeniería a lo largo de todo el departamento de Proyectos, entre esas se resaltan las siguientes:

- a. Seguimiento de todos los formatos de proceso operativo de los proyectos de SUNNY APP, capacitación en cómo se deben registrar y actualización de los documentos en cada uno de los proyectos.
- b. Levantamiento y registro de la información general de los proyectos para crear una base de datos que tenga la información a la mano de los datos necesarios para la generación de los reportes y análisis planteados en los enfoques de monitoreo y análisis de facturación de energía eléctrica.
- c. Introducción al concepto del Yield y la realización de un análisis para evaluar las proyecciones que SUNNY APP realiza con sus clientes, recopilando información en la práctica y así, poder generar futuras propuestas que se acojan a las metas de ahorro y generación presentadas.

Para realizar el análisis del rendimiento específico (Yield) de los SSFV, se define como la cantidad de energía que es generada en determinado tiempo (kWh/tiempo) por la cantidad de potencia instalada en DC (kWp) de un sistema solar. Este valor depende de:

- Ubicación del SSFV: el lugar donde se encuentre instalado influirá en los valores de radiación solar que recibe la planta solar, su temperatura, sombras, suciedad del ambiente, entre otros.
- Orientación de los strings: inclinación y azimut (ángulo que forma la proyección horizontal de la línea que une el centro del Sol con el meridiano del lugar), son las condiciones físicas de instalación, que influyen en la cantidad de tiempo disponible que tendrá luz solar disponible
- Selección de los módulos: se evalúan de las condiciones de cada módulo que mejor convenga, los tipos de celdas (monocristalinos o policristalinos), bifaciales, eficiencia, pérdidas, características eléctricas y curvas de generación.
- Balance de la eficiencia de la planta: incluye la eficiencia de los equipos como inversores, MPPT's, pérdidas por cableado DC y AC, realizar un mantenimiento periódico, entre otras.

Dentro de los valores de energía generada de cada sistema solar instalado por SUNNY APP, durante el primer semestre del 2021, se realizó un promedio por ciudades, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 6: Yield 2021 de usuarios SUNNY APP S.A.S

Ciudad/municipio	Yield (kWh/kWp/mes)
Neiva	116
Palermo	127
Pitalito	97
Bogotá	92
Villavicencio	100

**Nota:** Estos datos fueron calculados basados en el primer semestre del 2021, por lo cual puede variar el promedio, considerando que los registros faltantes del segundo semestre.

Los resultados anteriores fueron de ayuda para poder generar una proyección más segura y fundamentada, de la generación que los SSFV pueden producir.

## 4 CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones o resultados realizados por el practicante:

- Se creó una estrategia para realizar el monitoreo diario de los SSFV, a través de la plataforma Fronius Solar Web y los formatos de seguimiento creados por el practicante, para tener un diagnóstico del estado de los SSFV instalados por SUNNY APP y poder tomar acciones frente a una falla o mal funcionamiento de estos, y se desarrolló la metodología de acción frente a una alerta de falla.
- Se estableció un proceso para poder diagnosticar los fallos de los SSFV y brindar una solución, a través de la información relacionada por el enfoque de Monitoreo y la inspección en campo de los equipos, programación de los inversores y elementos de medición, para garantizar el ahorro constante en su SSFV. También se estructuró la metodología de los informes cuando se realiza un mantenimiento y el seguimiento del cronograma de mantenimientos.
- Se realizaron formatos que relacionan las variables de exportación, según las resoluciones CREG 174 del 2021 y CREG 015 del 2018, que sustentan el ahorro que genera un SSFV, mejorando los argumentos para demostrarle a los clientes de manera real y con soportes el ahorro de los SSFV, a través del desarrollo de reportes sencillos de entender.
- Se mejoró la experiencia del cliente, al tener espacios dentro de la etapa de mantenimiento, para culturizar y brindar un acompañamiento constante al cliente.
- Se proyectó al practicante para que pudiera continuar desarrollando una vez finalizada la pasantía, y se pudiera incorporar de manera profesional, los enfoques que venía trabajando, los cuáles entran dentro de un proceso nuevo de desarrollo llamado “Operación y Mantenimiento” y que es un servicio que se desea mejorar y darle una estructura más fuerte, para ofrecer un mejor servicio a los clientes de SUNNY APP S.A.S
- Se cumplieron los objetivos de la pasantía de modalidad de pasantía supervisada al fomentar la relación Universidad – Empresa, demostrando el buen desempeño del practicante de la universidad dentro de las competencias requeridas por la empresa, y facilitando al estudiante la adquisición de conocimientos y experiencias al estar involucrado en el sector productivo de la energía solar y aplicar sus habilidades y conocimientos adquiridos en su formación académica.

## A. Anexo: Acuerdo de confidencialidad



### ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

El presente Acuerdo de Confidencialidad (el "Acuerdo"), se celebra con fecha 10 de junio de 2021 entre, por una parte, SUNNY APP SAS, debidamente representada por JULIÁN BERRÍO CANTILLO, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.075.244.399 de Neiva, domiciliado para estos efectos en la Carrera 11 A N° 134 A - 33, ciudad de Bogotá, Colombia (en adelante, "SUNNY APP") y, por la otra parte, JESÚS HERNAN QUINTERO GAHONA, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.075.316.256 de Neiva, domiciliado para estos efectos en la carrera 18 No. 50<sup>a</sup>-21, en el barrio Álamos Norte de la ciudad de Neiva, Colombia. En adelante denominadas las "Partes" y cada una de ellas, la "Parte" hemos convenido en celebrar este acuerdo, previa las siguientes consideraciones.

1. Las Partes de este Acuerdo convienen intercambiar determinada información como "PROPUUESTA DE PASANTIA SUPERVISADA: SUNNY APP S.A.S". Durante la vigencia del presente Acuerdo, toda la información enviada por una Parte (la "Parte Reveladora") a la otra (la "Parte Receptora") tendrá el carácter de confidencial, cualquiera que sea el medio de comunicación utilizado para transmitir o entregar dicha información (oral, escrita, por medios físicos, electrónicos u otros) y, por lo tanto, ninguna de las Partes podrá—sin el consentimiento expreso y por escrito de la otra—revelar dicha información confidencial a terceras personas o usarla para un propósito distinto al establecido en el presente Acuerdo.
2. Que la información de propiedad de la parte reveladora ha sido desarrollada u obtenida legalmente, como resultado de sus procesos, programas o proyectos y, en consecuencias abarca documentos, datos, tecnología y/o material que considera único y confidencial, o que es objeto de protección a título de secreto industrial.
3. A solicitud de la Parte Reveladora, la Parte Receptora deberá proceder a devolver o destruir toda la información confidencial en su poder dentro de 5 días corridos a partir de la fecha de recepción de dicha solicitud.
4. La obligación de confidencialidad de la Parte Receptora podrá cesar cuando la información:



- a) Es conocida por la Parte Receptora al momento de recibirla;
  - b) Es o se vuelve de dominio público por una causa distinta a un acto u omisión de la Parte Receptora o sus Terceros Relacionados.
  - c) Es requerida por una autoridad en uso de sus facultades legales, pero sólo respecto a esa autoridad y sus facultades.
  - d) Es desarrollada por alguno de los Terceros Relacionados de la Parte Receptora con independencia de la información confidencial recibida de la Parte Reveladora;
5. Las Partes sólo revelarán la información confidencial a sus empleados, asesores, directores y, en general, a los terceros que dependan o tengan un vínculo legal con la Parte Receptora (los "Terceros Relacionados"), de acuerdo con la necesidad estricta que dichas personas tengan de conocerla, con el propósito único y específico del desarrollo potencial del Proyecto. Adicionalmente, esa Parte Receptora deberá informar sobre la naturaleza confidencial de la Información a los Terceros Relacionados y tomar, en definitiva, los resguardos necesarios para el uso de la información confidencial en el marco de este Acuerdo.
6. Este Acuerdo contiene la declaración completa y exclusiva de los acuerdos entre las Partes sobre el objeto del que trata, reemplazando cualquier comunicación, intercambio o convención entre ellas, oral o escrito. En complemento, nada en este Acuerdo constituye ni debe interpretarse, bajo ningún respecto, como una oferta a firme para la realización de un negocio, ni crea o implica ninguna obligación o responsabilidad de una Parte hacia la otra, no otorgando más derechos que los que expresamente se acuerdan. A mayor abundamiento, el presente no genera ni debe interpretarse que implica o constituye sociedad, asociación o cuentas en participación o cualquier figura contractual asociativa similar ("joint venture"), ni entrega a ninguna de las partes mandato, representación o encargo alguno respecto de la otra o de sus negocios, ni transfiere u otorga derechos de naturaleza intelectual, industrial u otra.
7. Ninguna modificación o enmienda a este Acuerdo será vinculante salvo que las Partes las acuerden por escrito, debidamente firmadas por sus representantes. La omisión de cualquiera de las Partes de ejecutar sus derechos bajo este Contrato no constituirá una renuncia a esos derechos.
8. Este Acuerdo se rige exclusivamente por las leyes de la República de Colombia.





Cualquier controversia o diferencia que surja entre las Partes con ocasión del presente Acuerdo, será sometida y resuelta por un tribunal de arbitramento que decidirá en derecho y se constituirá y funcionará de conformidad con el reglamento del Centro de Arbitraje y Conciliación de la Cámara de Comercio de Bogotá.

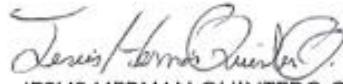
El tribunal estará integrado por un (1) árbitro designado de común acuerdo por las Partes. A falta de acuerdo, el árbitro será designado por el Centro de Arbitraje y Conciliación de la Cámara de Comercio de Bogotá, a solicitud de cualquiera de las Partes.

9. Este Acuerdo se suscribe en único beneficio de las Partes, sus sucesores y cesionarios. Ninguna de las Partes tendrá derecho a ceder todo o cualquier parte de su interés bajo este Acuerdo sin el consentimiento previo y por escrito de la otra Parte.

10. Este Acuerdo tendrá una vigencia de tres (3) años. En fe de lo anterior, las Partes han autorizado debidamente a sus representantes para suscribir este Acuerdo en dos ejemplares, en el día y año indicados al inicio.



JULIAN BERRIO CANTILLO  
C.C. 1.075.244.399 de Neiva  
Representante Legal  
SUNNY APP SAS



JESUS HERNAN QUINTERO GAHONA  
C.C. 1.075.316.256 de Neiva

## B. Anexo: Aprobación de la pasantía



Palermo, 03 de noviembre del 2022

CONSEJO DE PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

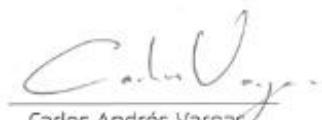
ASUNTO: Aprobación pasantía supervisada SUNNY APP S.A.S

Cordial saludo.

El 10/06/2021 el señor Jesús Hernán Quintero Gahona, identificado con cédula 1.075.316.256 expedida en Neiva, estudiante de ingeniería electrónica de la Universidad Surcolombiana de Neiva, inició sus actividades como pasante en SUNNY APP, bajo la coordinación del Coordinador de Proyectos, el ingeniero Carlos Andrés Vargas, durante el periodo comprendido entre el 10/06/2021 y 30/12/2021.

El estudiante cumplió satisfactoriamente con las actividades establecidas en la pasantía, las cuales fueron evaluadas en el desarrollo de esta, y cuyas evidencias de las actividades desarrolladas en la empresa, fueron presentadas en el informe final "Pasantía Supervisada SUNNY APP", donde se demostró un cumplimiento satisfactorio en cada uno de los enfoques presentados allí.

En constancia de lo anterior, se firma a los 04 días del mes de noviembre del 2022

  
Carlos Andrés Vargas  
Coordinador de Proyectos  
SUNNY APP S.A.S.

  
Julián Berrio Cantillo  
Representante Legal  
SUNNY APP S.A.S.

## Bibliografía

1. SUNNY APP S.A.S, diagrama de un SSFV interconectado a la red, 2021.
2. Heliosfera. Ilustración 2. *Instalación fotovoltaica aislada*. Tomada de la página web <<https://www.helioesfera.com/installacion-fotovoltaica-aislada/>>
3. JA SOLAR, Ficha técnica panel JA SOLAR 545 Wp, 2021.
4. “Resolución CREG 174 de 07 OCT. 2021”. Tomado de la página de la CREG.
5. Tarifas de Electrohuila. Tomado de la página web <<https://www.electrohuila.com.co/tarifas/>>
6. “Resolución CREG 030 de 2018”. Tomado de la página de la CREG.
7. “Ley 1715 de 2014”. Tomado de la página de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)
8. “Resolución UPME 281 de 2015”. Tomado de la página de la UPME.
9. Certificación RETIE para SSFV. Tomado de la página oficial de Servimeters, sección “INSPECCIÓN RETIE”.
10. “Resolución CREG 015 de 2018”. Tomado de la página de la CREG.
11. Información general de la energía solar fotovoltaica. Tomado de la página web <<https://www.cursoaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica/>>
12. Plataforma de monitoreo SOLAR WEB. Tomado de la página oficial de Fronius para monitorear los SSFV <[solarweb.com](http://solarweb.com)>
13. Fronius Smart Meter. Tomado de la página oficial de Fronius, en la sección de descargas.
14. Definición de un regulador MPPT. Tomado de la página web de Autosolar <<https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-mppt>>
15. Rendimiento de un SSFV (Yield). Tomado de la página web <<https://besunenergy.com/como-mejorar-el-rendimiento-de-un-panel-solar/>>
16. Información general de los sistemas solares fotovoltaicos. Tomado de la página web <<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>>