



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MONITOREO PARA SISTEMA
HÍBRIDO FOTOVOLTAICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: DIEGO ANDRÉS MOSQUERA MURILLO

IVÁN EDUARDO HOLGUÍN ERAZO

TUTOR: ING. CARLOS FERNANDO CHÁVEZ CÓRDOVA. MSC.

Guayaquil-Ecuador

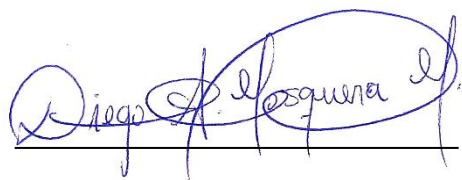
2023

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

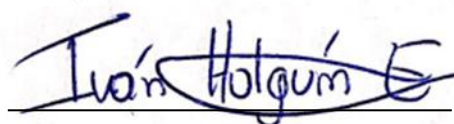
Nosotros, Diego Andrés Mosquera Murillo con documento de identificación 0930170956e Iván Eduardo Holguín Erazo con documento de identificación 0924740509, manifestamos que: Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,



Diego Andrés Mosquera Murillo
0930170956



Iván Eduardo Holguín Erazo
0924740509

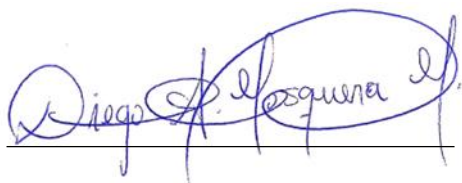
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

Nosotros, Diego Andrés Mosquera Murillo con documento de identificación 0930170956 e Iván Eduardo Holguín Erazo con documento de identificación 0924740509, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Trabajo de titulación: “Diseño e implementación de sistema de monitoreo para sistema híbrido fotovoltaico”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en forma digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,



Diego Andrés Mosquera Murillo

0930170956



Iván Eduardo Holguín Erazo

0924740509

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Fernando Chávez Córdova con documento de identificación 0919553438, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Diseño e implementación de sistema de monitoreo para sistema híbrido fotovoltaico” realizado por Diego Andrés Mosquera Murillo con documento de identificación 0930170956 e Iván Eduardo Holguín Erazo con documento de identificación 0924740509, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de enero del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Chávez', is written over a horizontal line.

Ing. Carlos Chávez, Msc.

091955343

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a la empresa SVF Ecuador por haber permitido realizar el trabajo de titulación en sus instalaciones.

Al Ing. Paúl Carmigniani y a su equipo de colaboradores por habernos brindado la oportunidad y el apoyo con los equipos y mano de obra a la hora de realizar el proyecto de titulación.

Al equipo docente de la carrera de Ing. Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, por siempre estar abiertos a escuchar nuestros problemas y juntos lograr encontrar la solución.

Diego Andrés Mosquera Murillo

En primer lugar, agradezco a los colaboradores de la empresa que me permitieron realizar el proyecto estipulado ya hace un tiempo atrás y también al Ing. Paúl Carmigniani por su entrega y dedicación para poder adaptar este sistema de proyecto de manera exitosa.

Iván Eduardo Holguín Erazo

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de tesis a Dios en primer lugar, por bendecir día a día mis proyectos y metas. Mis padres, ya que, con su apoyo incondicional, esfuerzo y cariño es posible vivir este momento. A las personas con las que he compartido en mis años laborales ya que gracias a sus enseñanzas he podido aprender y adquirir experiencia.

Y, por último, quiero dedicar de manera especial este trabajo a mi abuelo, que, aunque hoy no esté conmigo de manera terrenal, su legado y enseñanzas aún siguen influyendo en mí para ser un mejor hombre y un mejor profesional día a día.

Diego Andrés Mosquera Murillo

Dedico este trabajo de tesis a mis padres y a Dios en primer lugar, ya que sin ellos no podríamos continuar, poder dejarme las enseñanzas de pequeño y los valores que me dieron también para convertirme en la persona que soy ahora agradezco por las enseñanzas inculcadas día a día por nuestros maestros y cada una de las personas que fueron poniendo valores y enseñanzas a lo largo de mi camino

Iván Eduardo Holguín Erazo

RESUMEN

La operación híbrida de múltiples energías renovables ofrece una opción prometedora para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos en los sistemas de energía.

Se realiza la presentación de un módulo de monitoreo propuesto para la empresa SVF Ecuador. Cuyo fin es mostrar a los clientes de la empresa el potencial de una microrred gestionada con ComAp, la tecnología como principal sistema de control.

Se procedió a implementar un sistema de monitoreo compuesto por un módulo de automatización ComAp, inversores SMA Sunny Tripower y Victron Energy. Este proyecto está siendo implementado en el techo del edificio, con 20 paneles solares que entregan 10 kW.

El sistema lo que hace es que al momento de que la empresa se desconecte de la red pública, ya sea por fallos en la subestación eléctrica que suministra energía al sector donde se encuentra la empresa, o por otros factores de índole eléctrico; el sistema de almacenamiento de energía de la batería (BESS) se utilizará para soportar la carga durante el tiempo cuando se desconecta la red principal y los grupos electrógenos comienzan a tomar la carga.

Cabe recalcar que las gráficas de picos de voltaje, corriente, frecuencia, entre otros, son mostrados por el software Winscope 1000. Todos los parámetros quedan guardados en el programa. Con el nuevo sistema implementado, se evitan que haya desbalances de cargas, normales cuando se va la energía eléctrica y entran a trabajar grupos electrógenos auxiliares, además que su función de demostración a clientes se cumple satisfactoriamente.

ABSTRACT

Hybrid operation of multiple renewable energies offers a promising option for improving resource efficiency in energy systems.

A monitoring module proposed for SVF Ecuador is presented. Its purpose is to show the company's customers the potential of a microgrid managed with ComAp, the technology as the main control system.

We proceeded to implement a monitoring system composed of a ComAp automation module, SMA Sunny Tripower inverters and Victron Energy.

What the system does is that when the company is disconnected from the public grid, either due to failures in the electrical substation that supplies energy to the sector where the company is located, or due to other electrical factors, the Battery Energy Storage System (BESS) is comfortable supporting the load during the time when the mains are disconnected and the gensets start to take the load.

It should be noted that the graphs of voltage peaks, current, frequency, etc., are shown by the Winscope 1000 software. All parameters are stored in the program.

With the new system implemented, load unbalances are avoided, which are normal when the electric power goes out and auxiliary generators start to work, besides its function of demonstration to customers is satisfactorily fulfilled.

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Prefacio	1
1.2. Justificación	2
1.3. Delimitación.....	3
1.4. Problemática.....	3
1.5. Beneficiarios	4
1.6. Objetivos	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
2. Marco teórico	5
2.1. Antecedentes investigativos.....	5
2.2. Definiciones.....	9
2.2.1. Sistema fotovoltaico.....	9

2.2.2.	STC.....	10
2.2.3.	NOCT.....	11
2.2.4.	Sistemas híbridos de energía.....	11
2.2.5.	Sistema de almacenamiento de baterías BESS.....	13
2.2.6.	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.....	14
2.2.7.	Monitoreo de Sistemas Eléctricos.....	16
2.2.8.	Inversores fotovoltaicos.....	19
2.2.9.	Programas utilizados para el monitoreo.....	22
CAPÍTULO III.....		26
3.	METODOLOGÍA.....	26
3.1.	Diseño de la red híbrida.....	26
3.2.	Cargas y consumo eléctrico.....	27
3.3.	Instalación de módulos fotovoltaicos.....	27
3.3.1.	Cálculo para número de módulos fotovoltaicos.....	27
3.4.	Características de instalación.....	29
3.5.	Área requerida.....	29
3.6.	Inversor Fotovoltaico.....	29
3.6.1.	Cálculo para dimensionamiento del inversor.....	29
3.6.2.	Ventajas del inversor:.....	30
3.6.3.	Cálculo del regulador del inversor.....	30
3.6.4.	Características del inversor SMA.....	32
3.7.	Sistema BESS.....	32
3.8.	Baterías de Gel.....	33
3.8.1.	Cálculo del banco de baterías.....	33
3.9.	Inversor BESS.....	35

3.10.	Monitoreo del sistema fotovoltaico	37
3.11.	Sistema de control ComAp.....	38
3.12.	Diagrama de conexión del sistema de monitoreo	40
3.13.	Montaje de estructura para paneles solares	41
3.14.	Montaje de paneles solares.....	42
3.15.	Conexión de paneles solares	43
3.16.	Implementación del inversor fotovoltaico.....	43
3.17.	Montaje del tablero AC para el inversor	44
3.18.	Implementación de sistema de monitoreo en tablero principal conectado a la red .	45
CAPÍTULO IV		47
4.	Resultados.....	47
4.1.	Simulaciones	47
4.1.1.	Puesta de parámetros para la comunicación ComAp – SMA Inverter.	47
4.1.2.	Visualización de parámetros del inversor SMA.....	50
4.1.3.	Energía y potencia.....	51
4.1.4.	Monitorización de la comunicación.....	54
4.1.5.	Perfil de la planta.....	54
4.1.6.	Datos de potencia entregada.	55
4.1.7.	Comparación anual.....	56
4.1.8.	Perfiles de carga – Análisis de cargas antes y después de entrada de SFV a la red.	57
4.1.9.	Simulación del sistema de almacenamiento de baterías (BESS).	60
4.1.10.	<i>Funcionamiento del sistema fotovoltaico en día nublado.</i>	62
4.1.11.	Tablero principal monitoreando el sistema híbrido.	62
4.2.	Sistema de generación eléctrica	63

4.2.1.	Cuarto de generadores – SVF Ecuador.	64
4.2.2.	Tablero de control para grupos electrógenos.	65
4.2.3.	Reacondicionamiento de grupo electrógeno del cuarto de generadores de emergencia.	66
4.2.4.	Pruebas de funcionamiento de los generadores diésel.	67
5.	Conclusiones.....	69
6.	Recomendaciones.....	70
7.	Referencias bibliográficas.....	71
8.	Anexos.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características eléctricas de los paneles solares	28
Tabla 2	Características del inversor SMA Sunny Tripower 25000TL	32
Tabla 3	Especificaciones de la batería de gel para el banco de baterías	34
Tabla 4	Características de rendimiento de baterías.....	35
Tabla 5	Características del inversor para baterías.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista satelital de la empresa SVF Ecuador	3
Figura 2 Tabla de crecimiento de la demanda de electricidad y generación de energías renovables	7
Figura 3 Mapa solar del Ecuador.....	9
Figura 4 Sistema híbrido de energía solar.....	13
Figura 5 Mapa conceptual del funcionamiento de un sistema fotovoltaico.....	14
Figura 6 Ilustración de sistema fotovoltaico sin almacenamiento de energía	15
Figura 7 Ilustración de sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía	16
Figura 8 Ilustración de monitoreo en SFV	17
Figura 9 Pantalla de inicio del InteliMonitor	18
Figura 10 Ilustración de inversor fotovoltaico conectado a la red	19
Figura 11 Inversor SMA Sunny Tripower	20
Figura 12 Inversores de batería Victron Energy	21
Figura 13 Banco de inversores.....	22
Figura 14 Pantalla de inicio InteliConfig.....	23
Figura 15 Página de inicio Sunny Portal	24
Figura 16 Pantalla de inicio ComAp Communication Gateway Configurator 2	25
Figura 17 Diagrama unifilar actual de la empresa SVF Ecuador.....	26
Figura 18 Diagrama unifilar de la red con el sistema fotovoltaico implementado ..	27

Figura 19	Diagrama de conexión de inversores para el sistema BESS.....	37
Figura 20	ComAp InteliFieldbus Gateway.....	38
Figura 21	ComAp Intelisys Hybrid.....	39
Figura 22	Montaje de las estructuras para paneles solares	41
Figura 23	Montaje de paneles solares sobre las estructuras.....	42
Figura 24	Conexión en serie de paneles solares	43
Figura 25	Implementación de inversor fotovoltaico	44
Figura 26	Conexión AC para el inversor fotovoltaico.....	45
Figura 27	Implementación del monitoreo al sistema.....	46
Figura 28	Configuración general de la comunicación	47
Figura 29	Configuración de comunicación con puerto Ethernet	48
Figura 30	Configuración de entrada CAN	48
Figura 31	Configuración del puerto de salida CAN	49
Figura 32	Configuración del puerto de comunicación RS485 2	49
Figura 33	Datos generales de la planta	50
Figura 34	Gráfica de energía y potencia diaria.....	51
Figura 35	Gráfica de energía y potencia mensual.....	52
Figura 36	Gráfica de energía y potencia anual	53
Figura 37	Monitorización del sistema fotovoltaico	54
Figura 38	Perfil de la planta SVF Ecuador	54
Figura 39	Gráfica de potencia entregada a la carga en diario	55
Figura 40	Monitorización de la planta con resultados cada 15 minutos	56

Figura 41	Gráfica de comparación lineal	57
Figura 42	Análisis de carga sin sistema fotovoltaico	58
Figura 43	Análisis de carga con sistema fotovoltaico en funcionamiento.....	59
Figura 44	Modelamiento de sistema BESS en MATLAB	60
Figura 45	Sistema BESS en funcionamiento	61
Figura 46	Gráfica de estado de carga (SOC) del Sistema BESS	61
Figura 47	Muestra del sistema fotovoltaico trabajando en día nublado	62
Figura 48	Tablero principal del sistema híbrido	63
Figura 49	Cuarto de generadores de la empresa SVF Ecuador	64
Figura 50	Tablero de control para generadores	65
Figura 51	Mantenimiento y pruebas del generador averiado	66
Figura 52	Prueba de aislamiento de las bobinas de excitatriz.....	67
Figura 53	Código de avería	68
Figura 54	Datos de voltaje y corriente en generador funcionando	68
Figura 55	Diagrama de ensamble de paneles solares	75
Figura 56	Plano de realización de orificios.....	76

CAPÍTULO I

1.1. Prefacio

Durante años, las empresas en el Ecuador han buscado soluciones energéticas para sus establecimientos, y en estos últimos años las energías renovables han sido una alternativa muy buena para aquellos que quieren tanto reducir costos en consumo de energía como ayudar también al medio ambiente.

Cotfas (2022) menciona en su artículo científico que: “la producción de la energía necesaria, especialmente limpia, que sostiene el nuevo estilo de vida moderno es un problema, así como el agua y suministro de alimentos, etc., que tienen que ser resueltos por los investigadores, la industria y factores políticos” (Cotfas et al., 2022, p. 1).

La disponibilidad de los combustibles fósiles no es eterna y su uso como fuente de energía produce contaminación y afectación a la capa de ozono, por lo que es perentorio tomar medidas para solventar o reducir el impacto que se lleva a cabo en el medio ambiente (Ramos et al., 2019).

Herbert Lottman (2020) en su guía de consumidor de los controles ComAp explica que: “la aplicación híbrida combina fuentes convencionales y no convencionales para la generación de energía. El más típico es la aplicación con grupos electrógenos diésel y plantas fotovoltaicas” (Lottman, 2020, p. 10).

Estas nuevas fuentes de energía son fáciles de obtener y no causan contaminación. Entre ellos, la energía solar se considera la fuente más prometedora debido a su ventaja de ser abundante, puro y libre. Los módulos fotovoltaicos pueden utilizar la energía solar para generar electricidad. El módulo fotovoltaico recibe gran atención debido a su bajo costo, simplicidad y durabilidad debido a la baja eficiencia de conversión de energía (Zhang et al., 2022).

El ramal de la red fotovoltaica y el BESS suministrarán toda la cantidad posible de energía al sistema sin interrupción para disminuir el consumo de energía de la red pública.

El propósito principal de las baterías es soportar la carga durante el tiempo en que el sistema está desconectado de la red principal y los dos grupos electrógenos diésel están arrancando. Esto significa que las baterías deben soportar 10 kW durante un tiempo máximo de 30 segundos.

1.2. Justificación

La razón por la cual se decidió realizar el presente trabajo es para fines demostrativos para enseñar a los clientes de la empresa el potencial de una microred gestionada con ComAp, la tecnología como principal sistema de control.

Cabe destacar que este proyecto al quedar implementado, la empresa tendrá en funcionamiento el sistema fotovoltaico lo cual va a generar un ahorro de energía de 10 kW y una reducción de costos en los pagos de planillas de energía eléctrica.

1.3. Delimitación

Este trabajo se realizó en la empresa SVF Ecuador, que se encuentra localizada en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, específicamente en la Av. Juan Tanca Marengo y Av. Del Santuario.

Figura 1

Vista satelital de la empresa SVF Ecuador



Nota. Imagen tomada de (Maps, 2016).

1.4. Problemática

Las energías renovables tienen numerosas ventajas, pero también presentan ciertos desafíos importantes al sistema de suministro. Una de las características más exigentes es la variabilidad incontrolable de la fuente, no es posible garantizar las condiciones ambientales con anticipación y, en consecuencia, tampoco el suministro (Mikati et al., 2012).

Ahora, en contexto del proyecto, la problemática principal de la misma es el consumo de energía excesivo en las oficinas, lo cual se ve reflejado en las planillas de pago y con eso se empezó a buscar alternativas energéticas cuya implementación sea redituable con el paso de los años.

1.5. Beneficiarios

El beneficiario principal será la empresa SVF Ecuador, establecida en el país desde el año 2009, dedicada a la venta de motores marinos e industriales, maquinaria pesada para la construcción y minería, equipos de generación eléctrica y más. Con este trabajo serán una de las empresas pioneras en el país en utilizar energías renovables.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general.

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo para sistemas híbridos en la empresa SVF Ecuador mediante ComAp.

1.6.2. Objetivos específicos.

- Medir el comportamiento de la red con un sistema fotovoltaico.
- Analizar el sistema de almacenamiento de energía de la batería que soportará la carga en desconexión de la red principal.
- Evaluar los perfiles de carga mediante el software Winscope de ComAp.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes investigativos

En la monografía publicada por la especialista Andrea Moreno de la Universidad de Antioquia - Colombia, se puede leer un dato histórico interesante acerca de los inicios de la energía solar. Este dato dice que, en el inicio de esta tendencia, las celdas solares de silicio eran muy costosas para darles un uso comercial. Pero, se les encontró una aplicación ideal en el que su valor monetario no era un problema, y fue el suministrar de energía a los satélites. Así, la carrera espacial durante la guerra fría en los años sesenta dio un importante impulso al progreso de las celdas solares, cuyas eficiencias llegaron más allá del 15% en esa época; a la fecha se ha logrado alcanzar el 39% y esto ha venido de la mano con importantes reducciones de costos (Moreno Correa, 2022).

En el artículo “Sistema Híbrido de Energía Utilizando Energía Solar y Red Eléctrica” menciona que los sistemas de energía híbridos utilizan fuentes de energía primaria como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, mareomotriz y biomasa, entre otras. Un sistema que utiliza alguna combinación de estas fuentes tiene la ventaja de presentar un mayor equilibrio y estabilidad, disfruta de una mejor calidad de la energía y proporciona salidas estables a partir de sus fuentes primarias y reduciendo la dependencia de la salida de los cambios externos como las variaciones climáticas y la escasez de combustibles (Díaz, 2009).

Podemos tener en cuenta que, bajo la evidencia que tienen expertos en el tema, las energías renovables son una gran alternativa a las energías convencionales y si tenemos una visión más a futuro, podemos augurar que la implementación de energías renovables será la nueva realidad.

Desde el punto de vista energético, el desarrollo de la generación de energía solar debe integrarse con la del sistema de generación de energía eólica ya que, ambas formas de energía renovable tienen propiedades inherentemente aleatorias y pueden compensar la falta de energía entre sí. Tanto el viento como los sistemas de generación fotovoltaica pueden lograr objetivos importantes de protección del medio ambiente y recursos sostenibles. Ellos producen energía eléctrica sin

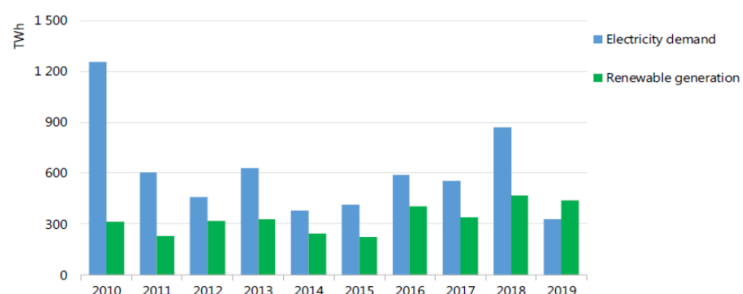
contaminación y pueden contribuir a un lugar turístico para aumentar tanto la economía como las oportunidades de trabajo (Li et al., n.d.).

De acuerdo con Iván Mauricio (2016), indica que: “la inclusión de sistemas de monitoreo en tiempo real permite al usuario conocer e identificar aspectos como porcentaje de carga de baterías, tensión de la red, tensión del sistema, generación eléctrica desde paneles, demanda eléctrica, entre otros” (Mauricio et al., 2016).

Adela Pozo Herrera descubrió que, en el año 2019, la generación mundial de electricidad a partir de energías renovables aumentó 440 TWh, el segundo aumento más alto después de 2018. El crecimiento interanual de la generación de energías renovables fue del 6,5%, más rápido que cualquier otro combustible, incluidos el carbón y el gas natural. La participación de las energías renovables en el suministro eléctrico mundial alcanzó el 27% en 2019, el nivel más alto jamás registrado (Pozo, 2020).

Figura 2

Tabla de crecimiento de la demanda de electricidad y generación de energías renovables



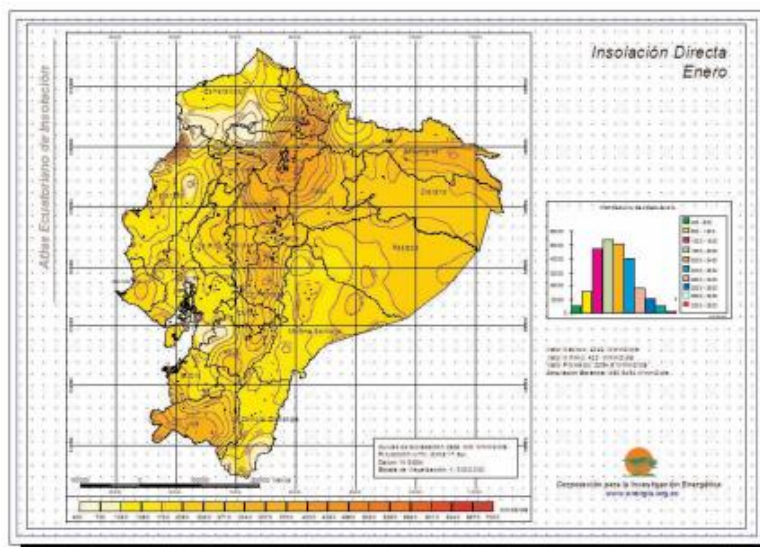
Nota. Tabla proporcionada por (Pozo, 2020).

En un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Cuenca, se hallaron datos históricos de los últimos 40 años que indican que Ecuador se ha vuelto un país exportador neto, pero no autosuficiente en energía; es decir, Ecuador es exportador de petróleo, pero no se autoabastece, por lo que se deben realizar importaciones de combustibles y de energía eléctrica. En Ecuador las instalaciones fotovoltaicas más representativas son las realizadas en base a las Regulaciones 004/11 y 009/08 (despacho preferente y precios especiales, respectivamente) del CONELEC. Estas instalaciones se refieren a proyectos conectados a la red eléctrica (Samaniengo & Abad, 2015).

En los archivos del CENACE (Operador Nacional de Electricidad) se puede encontrar un proyecto de sistemas híbridos implementado en la Isla Floreana, en las Galápagos, debido principalmente a las actividades turísticas que se desarrollan en las Islas Galápagos, los últimos años la demanda eléctrica en cada una de las islas habitadas (Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana), ha tenido un crecimiento acelerado a tasas de alrededor del 10% anual. En el caso particular de Isla Floreana, de acuerdo con las tasas de crecimiento de la demanda, se espera que en el año 2018 la demanda pico de la Isla esté en el orden de 60 kW. Actualmente la demanda pico bordea los 45kW (Moreno & Carvajal, n.d.).

Otro proyecto fotovoltaico más reciente en las islas es el que está a cargo la empresa ELECGALÁPAGOS S.A. en la Isla Baltra, cuyo alcance puede ser abordado en las siguientes fases (S.A., 2021) :

- Fase 1, la cual abarca la puesta en marcha de una central fotovoltaica con capacidad máxima de 14.8 MWp y su capacidad de almacenamiento es de 33.9 MW/h,
- Fase 2, por otro lado, conlleva la puesta en marcha de una subestación de seccionamiento con motivos de integrar Sistema Baltra – Santa Cruz,
- Fase 3 involucra el desarrollo de una línea de subtransmisión cuya capacidad es de 34.5 kV para integrar Sistema Baltra – Santa Cruz,
- Últimamente, la fase 4 comprende el desarrollo de un Sistema de Control Central de Microred con el fin de asegurar calidad de servicio del sistema eléctrico.

Figura 3*Mapa solar del Ecuador*

Nota. Mapa solar proporcionado de (CONELEC, 2008)

2.2. Definiciones

2.2.1. Sistema fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos consisten en la transformación de la energía solar en energía eléctrica por medio de tecnología basado en el efecto fotovoltaico Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica, se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica (Acciona, 2020).

Los sistemas fotovoltaicos necesitan una gran superficie de terreno, lo que requiere un gran desarrollo de métodos de ingeniería que permitan evaluar sus características y rendimientos en el conjunto del sistema eléctrico (Ortega, 2013).

La clasificación de los sistemas fotovoltaicos se da de la siguiente manera:

- Sistemas fotovoltaicos autónomos: Son aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red: Son aquellos que están conectados a la red eléctrica de manera directa.

En este trabajo, vamos a utilizar el sistema fotovoltaico conectado directamente a la red eléctrica.

Para poder generar energía, los sistemas fotovoltaicos están estructurados por los siguientes componentes:

- Paneles solares.
- Inversores de corriente AC/DC.
- Baterías de gel.
- Regulador de carga.
- Automatismos para monitoreo

2.2.2. STC.

Standard Test Condition. Se refiere a las condiciones en las que se deben ensayar los módulos para establecer sus parámetros básicos.

Las condiciones que se ven aquí son las siguientes:

- Irradiancia: Es la potencia de la radiación solar que llega al módulo. Por lo general, se establece en $1000 \frac{W}{m^2}$.
- Temperatura: En este parámetro se toma en cuenta la temperatura de la célula fotovoltaica, no la temperatura ambiente y es de 25 C° .

- Masa de aire: Aquí se indica cuanta atmósfera debe atravesar la radiación, este dato varía en función del lugar, el día y la hora. En esta condición se establece una masa de aire de 1,5.

Para resumir, estas condiciones no son las habituales en un sistema fotovoltaico convencional, aunque la irradiancia que se establece de $1000 \frac{W}{m^2}$, podemos obtenerlas en algunos días del año, en algunos lugares y con horas máximas de radiación nunca se darán con la temperatura de las células fotovoltaicas (HelioEsfera, 2021).

2.2.3. NOCT.

Nominal Operating Cell Temperature. Es la temperatura que alcanza la célula fotovoltaica cuando el módulo se expone a una irradiancia de $800 \frac{W}{m^2}$, una masa de aire de 1,5 G, una temperatura de 20 C° y una velocidad del viento de 1 m/s (HelioEsfera, 2021). En términos más prácticos, esta condición proporciona parámetros más reales.

Para conocer la temperatura real, se usa la siguiente ecuación:

Fórmula de temperatura real

$$T_c = T_{amb} + \frac{(TONC - 20^\circ C)}{800 \frac{W}{m^2}}$$

2.2.4. Sistemas híbridos de energía.

Un sistema híbrido para la operación de energía eléctrica es aquel que fusiona dos o más fuentes energéticas de la cual sean renovables o no renovables o en función de los dos tipos. En el presente son alimentados en diferentes combinaciones, del cual están dentro: Eólica-Solar, Solar-Diesel, Eólica-Diesel entre otras más combinaciones de fuentes energéticas (Mosquera, 2016).

Además, pretende gestionar automática e inteligentemente la tecnología de menor coste, reduciendo la amortización y consiguiendo así una instalación más rentable para el usuario (Domínguez, 2015).

Generalmente son de origen renovable y de ser necesario se complementa con grupos electrógenos, dejándolo en la mayoría de los casos como sistemas de emergencia.

Existen algunos tipos de sistemas de energía híbrida, que son:

- Fotovoltaica + Eólico + Diésel.
- Fotovoltaica + Diésel.
- Eólico + Diésel.
- Fotovoltaica + Baterías + Diésel.

Ahora, dejando a un lado los equipos diésel, los tipos de sistemas híbridos más comunes son:

- Fotovoltaica + Eólica.
- Fotovoltaica + Hidráulica.
- Hidráulica + Eólica.
- Termosolar + Biomasa.

Es importante tener en cuenta que los sistemas híbridos de generación de energía pueden tener problemas debido a cambiantes condiciones climáticas. Por ejemplo, en días nublados es muy difícil generar capacidad energética a menos que se empleen tecnologías auxiliares. En cambio, los paneles fotovoltaicos pueden ser apropiadamente empleados únicamente en días completamente soleados y/o cielos descubiertos. Incluso, es potencialmente factible reducción de costos si se considera implementar generadores solares (Domínguez, 2015).

Figura 4*Sistema híbrido de energía solar*

Nota. Imagen tomada de (Desigenia, 2021).

2.2.5. Sistema de almacenamiento de baterías BESS

El sistema de banco de baterías está conformado por un conjunto de componentes y equipos diseñados para la acumulación de energía eléctrica en forma de electricidad química de baterías que son recargables. Este tipo de esquema se les da la utilización en presencia de sistemas de energías renovables conocidos, para su uso en casos de energía de demanda alta o energía insuficiente del sistema.

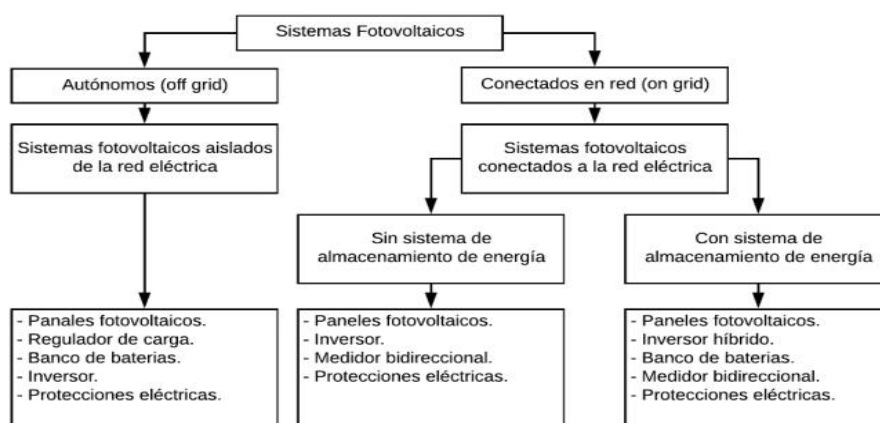
En función al sistema de banco de baterías se incluyen dispositivos varios tales cuales como: cargadores, inversores y controladores de carga. Las baterías como fuente principal de almacenamiento de la energía. Los cargadores sirven para suministrar carga a las baterías y estas son alimentadas desde la fuente de red eléctrica. Los inversores hacen la función de convertir la energía almacenada en energía eléctrica. Los controladores de carga son protecciones en las baterías por acciones de sobrecarga o descarga, así evitando que la batería se dañe.

2.2.6. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los sistemas fotovoltaicos presentan varias aplicaciones clasificándose en función de si están o no conectados a la red eléctrica convencional (Romero, 2020).

Figura 5

Mapa conceptual del funcionamiento de un sistema fotovoltaico



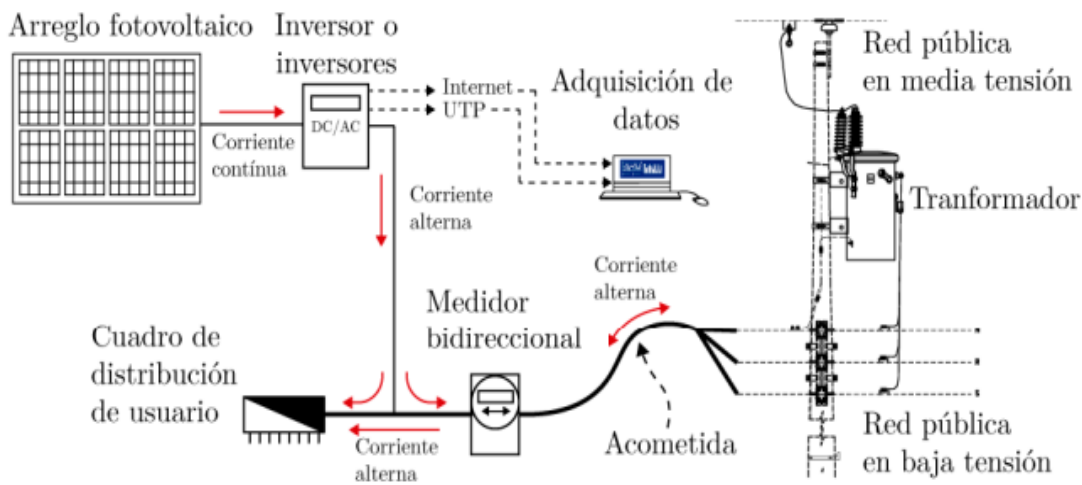
Nota. Mapa proporcionado por (Romero, 2020).

2.2.6.1. Sin sistemas de almacenamiento de energía.

En este tipo de sistemas la energía obtenida no se almacena, sino que esta se provee directamente a la red eléctrica. En este tipo de sistemas la energía eléctrica se suministra a núcleos urbanos que ya cuentan con una red de distribución (denominada red eléctrica en baja tensión) (Romero, 2020).

Figura 6

Ilustración de sistema fotovoltaico sin sistema de almacenamiento de energía



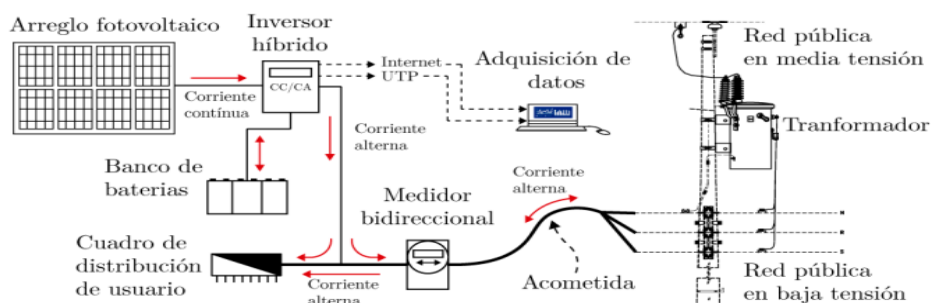
Nota. Imagen proporcionada de (Romero, 2020).

2.2.6.2. Con sistemas de almacenamiento de energía.

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), un sistema aislado y un sistema conectado a la red tienen el mismo criterio de dimensionamiento y diseño que uno aislado, con la diferencia que el banco de baterías se mantiene cargado tanto del arreglo fotovoltaico como de la red, y en caso de falla de la red eléctrica las baterías actúan como respaldo lo que permite asegurar una mayor confiabilidad en el servicio (Romero, 2020).

Figura 7

Ilustración de sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía



Nota. Imagen proporcionada de (Romero, 2020).

2.2.6.3. Pérdidas energéticas en los sistemas fotovoltaicos.

Al hablar de sistemas de generación eléctrica se debe recalcar que en todo sistema de generación existen pérdidas energéticas ya sea por calidad de los conductores (materiales de construcción), por la eficiencia de los equipos empleados, por las condiciones climáticas a las que están sometidos, por falta de mantenimiento, entre otros (Romero, 2020).

2.2.7. Monitoreo de Sistemas Eléctricos.

Es un sistema que permite conocer el funcionamiento y generación de energía de los paneles solares a través del inversor solar.

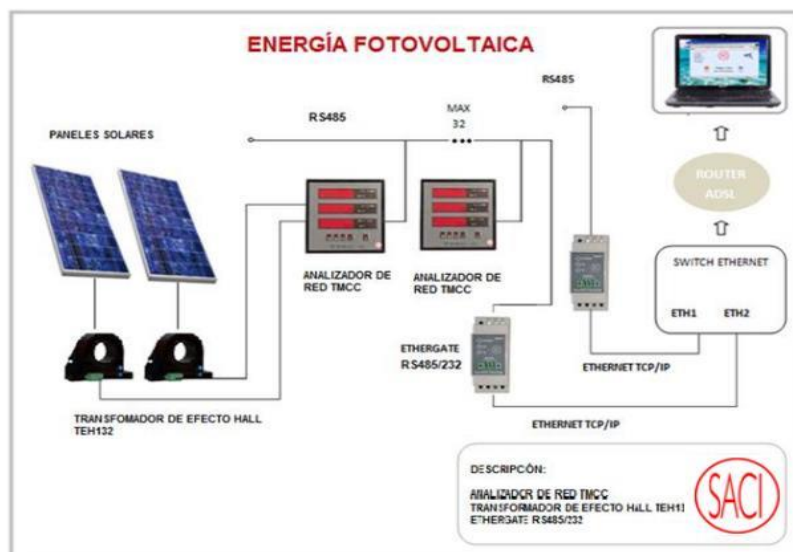
Para profundizar un poco más en el tema, en contexto del presente trabajo, este es un sistema que con ayuda de una aplicación y un dispositivo se logra la inspección y el seguimiento en tiempo real de la producción de la instalación.

Cabe destacar que, gracias al uso de sensores inalámbricos, la información en tiempo real de los sistemas aislados es enorme.

Esta información tiene que ser procesada, almacenada y publicada con el fin de generar informes periódicos cada hora, día, semana, mes, trimestre y año; esto significa que el diseño de la plataforma debe estar diseñada para analizar los datos del registro (Alberto et al., 2015).

Figura 8

Ilustración de monitoreo en SFV



Nota. Imagen proporcionada de (Siriored, 2022).

2.2.7.1. Sistema SCADA.

Tal como menciona Luis Alberto Puma en su trabajo: “Los sistemas SCADA son sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros

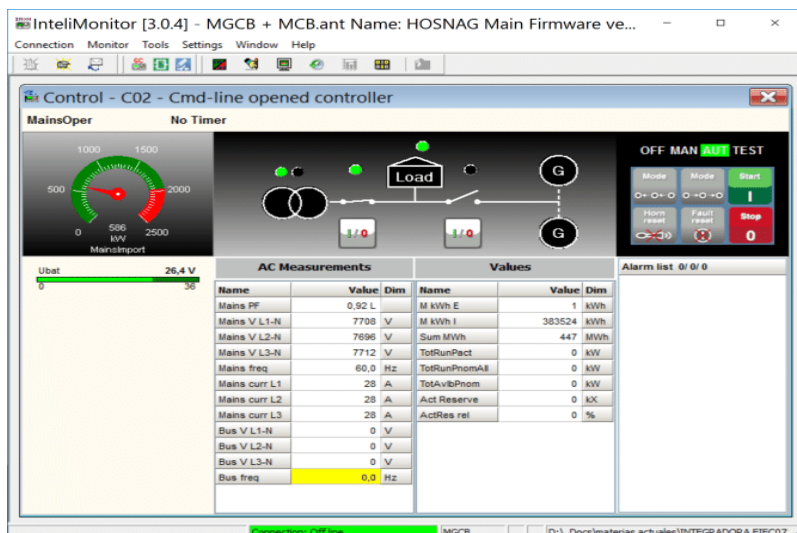
supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.” (Puma, 2006).

En los sistemas SCADA para este tipo de proyectos se pueden monitorizar un sinnfín de parámetros, como:

- Voltaje y corriente en DC.
- Voltaje y corriente en AC.
- Potencia, activa y reactiva de los sistemas.
- Temperatura del ambiente.
- Radiación solar.
- Estos datos se recopilan mediante sensores conectados a una red de comunicaciones que puede ser cableada o inalámbrica.

Figura 9

Pantalla de inicio del InteliMonitor



Nota. Imagen tomada de (Veloz, 2016).

2.2.8. Inversores fotovoltaicos.

Son equipos que se encargan de transformar la energía producida de manera fotovoltaica, que se transmite en forma de corriente DC en corriente AC para que los equipos eléctricos pueden funcionar a niveles normales (Teknosolar, 2018).

2.2.8.1. Inversor conectado a la red.

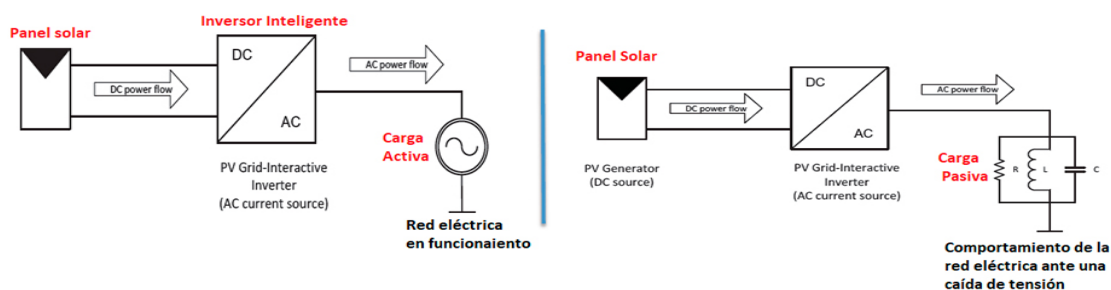
Son aquellos que permiten transformar la electricidad proveniente de uno o más paneles solares en electricidad a varios niveles de voltaje.

Estos inversores necesitan estar conectados a la red donde iría la electricidad. En este caso específico, el inversor se conecta a la red convencional que alimenta a la empresa.

Los inversores se pueden clasificar de varias maneras. De acuerdo con el número de fases se puede identificar si un inversor es monofásico o trifásico.

Figura 10

Ilustración de inversor fotovoltaico conectado a la red



Nota. Imagen tomada de (AutoSolar, s.f.).

Para conseguir el mejor rendimiento de la instalación solar fotovoltaica, el inversor conectado a la red trabaja detectando continuamente el punto de máxima potencia (MPPT) dependiendo de las

características tensión-corriente de los paneles fotovoltaicos, la radiación solar recibida o por variaciones de la temperatura de los paneles (Energía, s.f.).

Figura 11

Inversor SMA Sunny Tripower



Nota. Imagen tomada de (Sostenible, 2022)

2.2.8.2. Inversor de baterías.

Este inversor detecta cuando el voltaje de la batería está demasiado bajo y activa la orden a los grupos electrógenos como generadores o permitiendo a la red pública recargar las baterías (Alloza, 2022).

Con estos equipos nos aseguramos de que no habrá interrupciones en el suministro eléctrico de la empresa donde implementaremos el sistema, ya que en caso de un corte de energía el inversor tarda solamente 20 milisegundos en proporcionar corriente eléctrica impidiendo la desconexión de cualquier equipo (AutoSolar, s.f.).

Figura 12

Inversores de batería Victron Energy



Nota. Imagen tomada de (AutoSolar, s.f.)

2.2.8.3. *Inversores de Onda Sinusoidal.*

Este inversor es el que siempre se adaptará a los aparatos electrónicos que utilicen corriente alterna (Teknosolar, 2018).

2.2.8.4. *Inversor de Onda Senoidal Modificada.*

Este tipo de inversores es ideal para equipos industriales como bombas, motores eléctricos, tornos, etc. Ya que estos siempre se adaptarán a las especificaciones.

2.2.8.5. *Inversores monofásicos y trifásicos.*

En los inversores monofásicos la corriente fluye por un solo conductor y se suele utilizar en instalaciones domésticas para cargas de iluminación y pequeñas fuentes de alimentación. En cambio, en las instalaciones trifásicas se dispone de tres conexiones, más finas y económicas, que

emiten potencia constante y no de pulsos, eso eleva el rendimiento de los equipos (Teknosolar, 2018).

Figura 13

Banco de inversores



Nota. Imagen tomada de (Amaranzero, 2020).

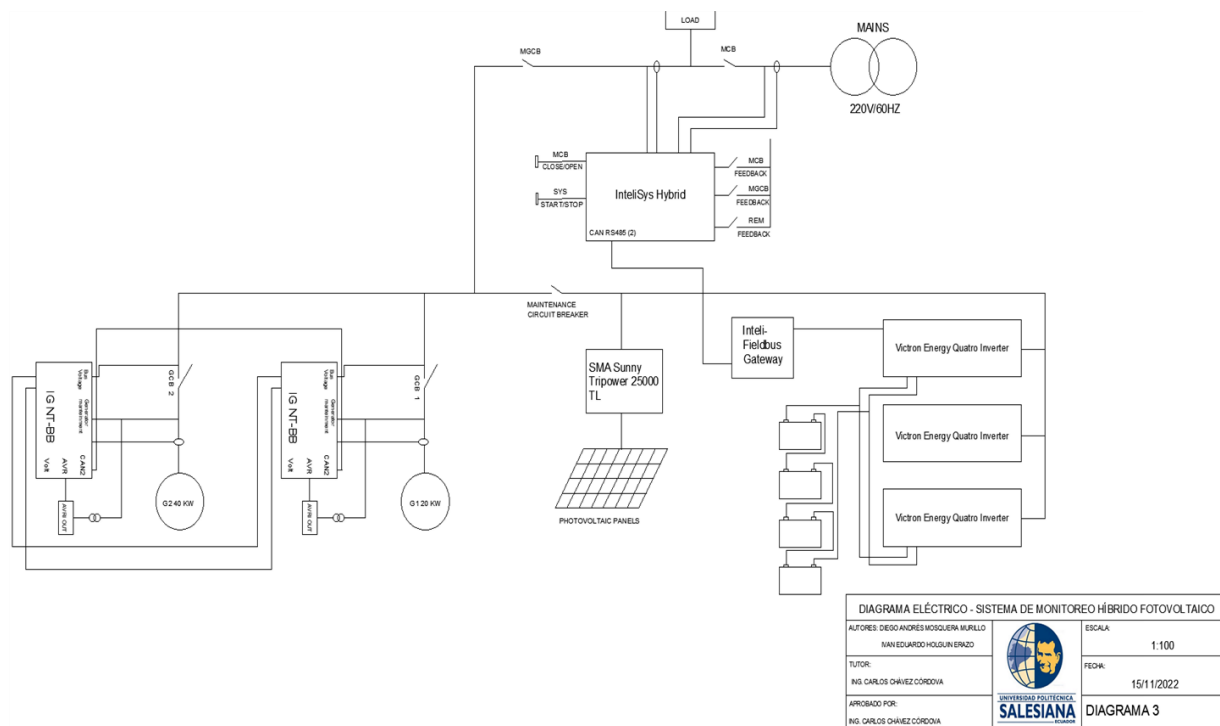
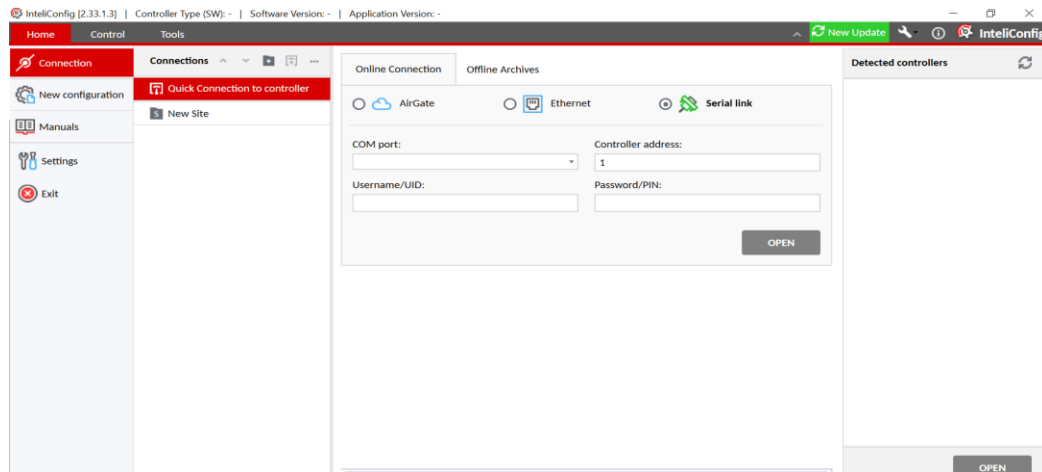
2.2.9. Programas utilizados para el monitoreo.

2.2.9.1. *InteliConfig.*

Es un software automático que permite configurar puestas en marcha simples y efectivas de los controladores y periféricos de grupos electrógenos lo que ayuda a ahorrar tiempo y a optimizar costos en los proyectos.

Figura 14

Pantalla de inicio IntelliConfig



2.2.9.2. Winscope.

Es una herramienta de PC de alto rendimiento que se utiliza para monitorear y archivar las tendencias de los parámetros y valores de los controladores ComAp. Permite una supervisión rápida y conveniente del comportamiento temporal de las cantidades en los controladores y, por lo tanto, un ajuste fácil de los parámetros del regulador para realizar una funcionalidad óptima.

Este programa proporciona varias funciones gráficas y, por lo tanto, da un aspecto perfecto a sus datos. Alcanza requisitos actualizados en la observación de grupos electrógenos.

2.2.9.3. SMA Sunny Portal.

Con este software gratuito en la web del inversor solar que utilizamos, podemos ver la monitorización de la planta fotovoltaica que hayamos instalado desde cualquier parte del mundo.

Figura 15

Página de inicio Sunny Portal

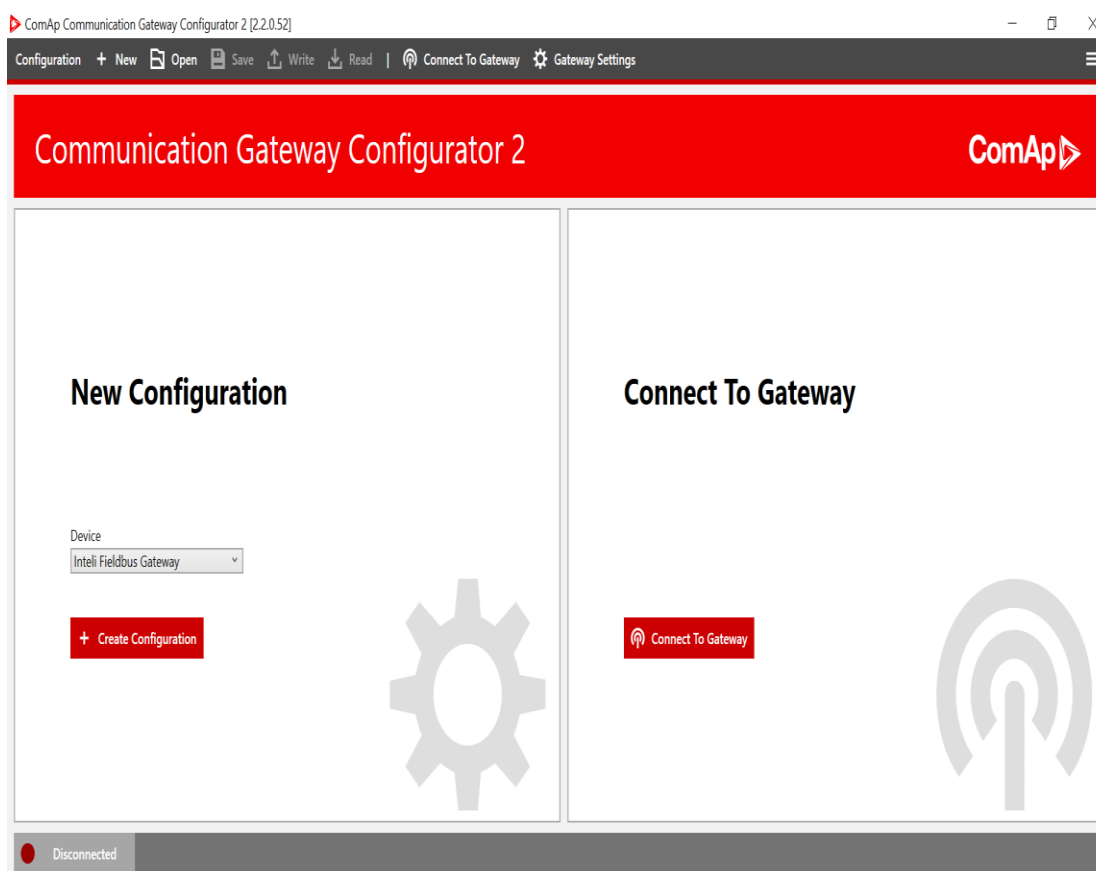
The screenshot shows the SMA Sunny Portal homepage. At the top left, it says 'SUNNY PORTAL' and 'Español'. The SMA logo is in the top right. The main content area has a blue header bar. Below it, there's a central section titled 'Sencillo, económico, directo: Webconnect' with a list of features and a 'Más...' button. To the right is a login section with fields for 'Email' and 'Contraseña', an 'Entrar' button, and a link for '¿Ha olvidado su contraseña?'. Below the main content are three tiles: 'SMA ENERGY APP' with a 'Learn more' button, 'Instalaciones de ejemplo' with a photo of a building, and 'Instalaciones compartidas' with a photo of a solar panel array. A fourth tile on the right is 'Asistente de configuración de instalaciones' with a 'Registrar ahora' button. The footer contains copyright information: '© 2023 SMA Solar Technology AG' and links for 'Página inicial', 'Información', 'Instrucciones de uso', 'FAQ', 'Condiciones de uso', 'Declaración de protección de datos', and 'Aviso legal'.

2.2.9.4. ComAp Communication Gateway.

Es un programa de ComAp que sirve para definir parámetros de comunicación entre un dispositivo y el controlador de la marca. En este proyecto lo estamos utilizando para la comunicación entre el inversor y el dispositivo de monitoreo.

Figura 16

Pantalla de inicio ComAp Communication Gateway Configurator 2



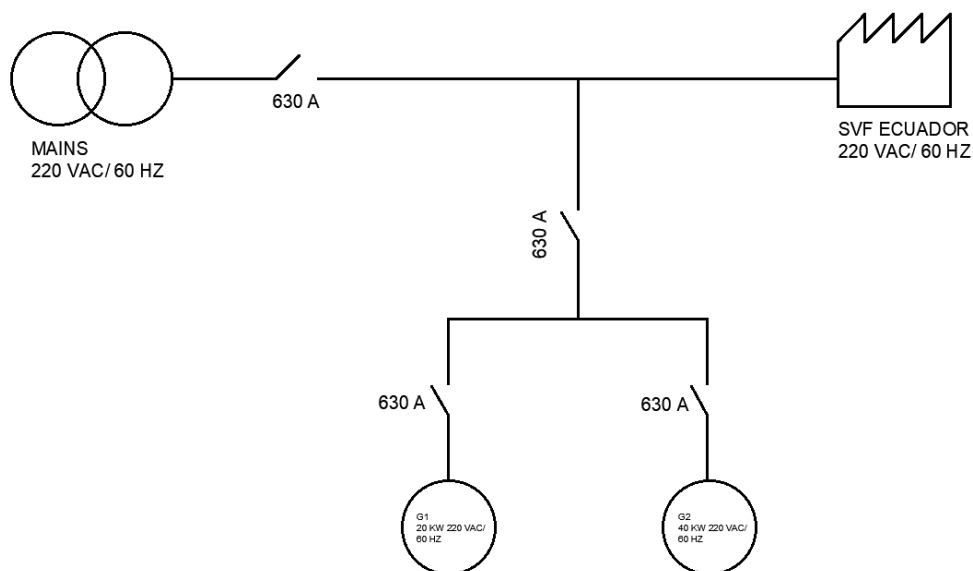
CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

La red eléctrica actual de la empresa SVF Ecuador consiste en una carga de máximo 20kW durante un pico horas abastecidas por la red pública y dos grupos electrógenos de respaldo de 20kW y 40kW respectivamente por horas de falla en la red eléctrica pública.

Figura 17

Diagrama unifilar actual de la empresa SVF Ecuador



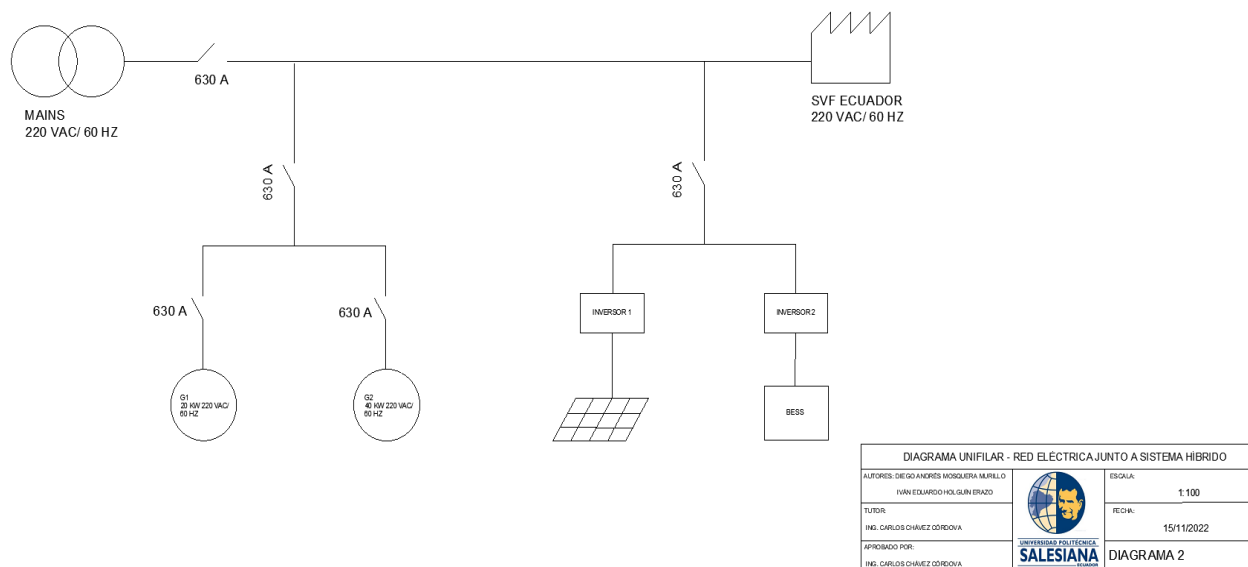
3.1. Diseño de la red híbrida

Como se mencionó, el nuevo sistema a implementar consiste en dos circuitos en paralelo a la red existente:

- Sistema fotovoltaico
- Sistema de almacenamiento de energía en baterías.

Figura 18

Diagrama unifilar de la red con el sistema fotovoltaico implementado



3.2. Cargas y consumo eléctrico

Los datos de carga se obtuvieron gracias al software Winscope, así se ahorró bastante tiempo en hacer el estudio de carga convencional. El consumo pico que se tiene en la empresa SVF Ecuador es de 20 KW.

3.3. Instalación de módulos fotovoltaicos

3.3.1. Cálculo para número de módulos fotovoltaicos.

Paneles máximos de entrada

$$\frac{VDC}{VCA} = \frac{1000 V}{50,2 V} = 19 \text{ paneles máximo en cada entrada MPPT}$$

Paneles mínimos de entrada

$$\frac{V_{minMPPT}}{V_{m\acute{a}x}} = \frac{390 V}{42,4 V} = 10 \text{ paneles m\acute{i}nimo de entrada MPPT}$$

En el proyecto se tienen 20 paneles: 10 conectados a la entrada A y 10 conectados a la entrada B conectado en serie.

En cada MPPT pueden entrar 3 strings. Cada MPPT soporta 33 A. Se pueden conectar 19 paneles más en paralelo para aumentar la corriente.

En total se pueden conectar 76 paneles como máximo y mínimo 40 paneles.

El sistema fotovoltaico estará compuesto por una serie de 20 módulos fotovoltaicos DHM-72X10-545W de la marca DAH Solar. Por lo tanto, la capacidad específica del sistema fotovoltaico será de 10.9 kilovatios.

Tabla 1

Características eléctricas de los paneles solares

	Electrical Characteristics	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	545W	405W
Open-circuit Voltage (Voc)	50.0V	46.9V
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.2V	39.6V
Maximum Power Current (Imp)	12.91A	10.24A
Module Efficiency (%)	21.09%	

Nota. Tabla tomada de (Solar, 2022).

- STC: Entorno de prueba estándar: Irradiancia 1000 W/m^2 , temperatura de celda $25 \text{ }^\circ\text{C}$, espectro AM1.5
- NOCT: Entorno de prueba estándar: irradiancia 800 W/m^2 , temperatura ambiente $20 \text{ }^\circ\text{C}$, espectro AM1.5, velocidad del viento 1m/s .
-

3.4. Características de instalación

El montaje de los módulos fotovoltaicos requiere un soporte de montaje instalado en una estructura de cemento. En consecuencia, la presión de cada punto de la estructura es necesario calcular para estar seguro de si el techo es capaz de soportarlo.

3.5. Área requerida

Dimensiones de un panel DHM-72X10-545W (L×W×T): $2279 \times 1134 \times 35 \text{ mm}$

Área de cada módulo fotovoltaico: $2279 \times 1134 = 2.58 \text{ m}^2$

Área total requerida para los módulos PV = $2.58\text{m}^2 \times 20 = 51.69\text{m}^2$

3.6. Inversor Fotovoltaico

3.6.1. Cálculo para dimensionamiento del inversor.

Este cálculo es relativamente simple desde el punto de vista técnico, debido a que se utilizan datos calculados previamente como el número de módulos y también datos que vienen de fábrica como la capacidad de los módulos.

Para realizar el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$P_{inv} = \text{No. Módulos FV} * \text{Capacidad del módulo}$$

$$P_{inv} = 20 * 550 \text{ W}$$

$$P_{inv} = 11 \text{ KW}$$

Por motivos de disponibilidad de los equipos e importación se decide comprar un inversor que está sobredimensionado a su capacidad calculada, sin embargo, se obtuvieron los resultados esperados. El inversor que se utilizó para este proyecto es el SMA Sunny Tripower 25000TL.

Es el inversor ideal para plantas comerciales e industriales a gran escala. No solo ofrece rendimientos extraordinariamente altos con una eficiencia del 98,4 %, sino que también ofrece una enorme flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos gracias a sus capacidades multicadena y su amplio rango de tensión de entrada.

3.6.2. Ventajas del inversor:

- Eficiencia máxima del 98.4%.
- Aumento del rendimiento sin esfuerzo de instalación gracias a la gestión integrada de sombras SMA ShadeFix.
- Tensión de entrada de CC de hasta 1000 V.
- Capacidad multicadena para un diseño de sistema óptimo.
- Pantalla opcional.
- Funciones de gestión de red de última generación con Control Integrado de Planta.
- Potencia reactiva disponible 24/7 (Q On Demand 24/7).

3.6.3. Cálculo del regulador del inversor.

Este cálculo se hace con el fin de tener un control de los procesos de carga y descarga de las baterías y también para poder proteger al SFV.

3.6.3.1. Cálculo de corriente de entrada.

Para la corriente de entrada del regulador se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{in} = 1,25 * I_{sc} * N_p$$

Donde:

I_{in} = Corriente de entrada al regulador.

I_{sc} = Corriente de corto circuito.

N_p = Número de paneles solares.

3.6.3.2. Cálculo de corriente de salida.

Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{out} = 1,25 * \frac{P_{inv}/\eta_{Inv}}{V_{sb}}$$

Donde:

I_{out} = Corriente de salida del regulador.

P_{inv} = Potencia del inversor

η_{Inv} = Eficiencia del inversor

Los resultados de ambos cálculos pueden verse reflejados en la tabla de características del inversor.

3.6.4. Características del inversor SMA.

Tabla 2

Características del inversor SMA Sunny Tripower 25000TL

Datos Técnicos	Inversor Solar SMA
Input DC	Sunny Tripower 25000TL
Max. Generation Power	45000 Wp
DC Rated Power	25550 W
Max. Input Voltage	1000 V
MPP Voltage Range	390 V to 800 V/600V
Min. Input Voltage	150 V/ 188 V
Max. Input Current Input A/ Input B	33 A / 33A
Max. DC Shortcircuit Current Input A/Input B	43 A / 43 A
Number of independent MPP Inputs	2/A3:B3
Output AC	Sunny Tripower 25000TL
Rated Power (at 230 V, 50 Hz)	25000 W
Max. AC Apparent Power	25000 VA
AC Nominal Voltage	3/N/PE; 220 V - 380 V 3/N/PE; 230 V - 400 V 3/N/PE; 240 V - 415 V
AC Grid Frequency/Range	50 Hz/44 to 55 HZ 60 Hz/ 54 to 65 Hz
Rated Power Frequency/Rated Grid Voltage	50 Hz / 230 V
Max. Output Current/Rated Output Current	36.2 A / 36.2 A
Power Factor at Rated Power	I/O Overexcited to 0 Underexcited
THD	≤ 3%
Feed-In Phases	3 phases - 3 Phases
Efficiency	Sunny Tripower 25000TL
Max. Efficiency / European Efficiency	98.3%/98.1%

Nota. Tabla tomada de (SMA, 2022).

3.7. Sistema BESS

El propósito principal de las baterías es soportar la carga durante el tiempo en que el sistema está desconectado de la red principal y los dos grupos electrógenos diésel están arrancando. Esto significa que las baterías deben soportar 10 kW durante un tiempo máximo de 30 segundos.

El sistema BESS estará compuesto por 4 baterías Aokly 12V 150AH, 150Ah@20h 6GFM150G GEL conectado en serie y 3 Inverter Victron Energy Quattro 48/3000/35-50/50 120V.

3.8. Baterías de Gel

En la tabla 3 se muestran las especificaciones de la batería gel para el banco de baterías que se van a utilizar, por consiguiente, mostramos también los cálculos del banco de baterías a continuación:

3.8.1. Cálculo del banco de baterías.

Calculamos el número de baterías en serie con esta ecuación:

$$Vsb = Ns * Vb$$

Despejando:

$$Ns = \frac{Vsb}{Vb}$$

Donde:

Vsb = Voltaje del sistema de baterías.

Ns = Número de baterías en serie.

Vb = Voltaje de batería.

Entonces:

$$Ns = \frac{Vsb}{Vb} = \frac{48 V}{12 V} = 4$$

Se usarán 4 baterías conectadas en serie para nuestro sistema de almacenamiento

Tabla 3

Especificaciones de la batería de gel para el banco de baterías

Model	Nominal Voltage	12V		
	Rated capacity (10Hr rate)	150Ah		
Capacity @25°C (77°F)	10 Hour (15A, 10.8V)	5 Hour (25.6A, 10.5V)	3 Hour (22.6A, 10.2V)	1 Hour (82.5A, 9.6V)
	150Ah	128Ah	113Ah	82.5Ah
Max. Discharge current	1500A (5Sec)			
Capacity Affected by Temp. (20Hr)	40°C (104°F)	25°C (77°F)	0°C (32°F)	-15°C (5°F)
	102%	100%	85%	65%
Self Discharge Rate @25°C (77°F)	After 3 months storage	After 6 months storage	After 12 months storage	
	91%	82%	64%	

Nota. Tabla tomada de (Energía, 2022).

Teniendo un voltaje nominal de 12V y considerando el tiempo mínimo nominal para alimentar energía al sistema, la potencia suministrada por la batería al sistema es de 4374W según las características de rendimiento de la batería tomadas de la hoja de datos.

También podemos determinar la cantidad de baterías que utilizaremos revisando la tabla que vemos a continuación:

Tabla 4

Características de rendimiento de baterías

Constant Current (Amp.) and Constant Power (Watt) Discharge Table @25°C (77°F)													
Cell Voltage Time		5min	10min	15min	30min	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	8hr	10hr	20hr
9.60V	A	442.00	291.00	235.00	157.00	83.00	48.00	35.50	27.60	22.80	16.10	14.50	7.80
	W	4562.00	3110.00	2517.00	1692.00	894.00	530.00	394.70	310.50	258.90	185.00	167.40	91.00
10.20V	A	428.00	263.00	221.00	150.00	78.00	46.00	34.50	26.90	22.40	15.70	14.20	7.60
	W	4572.00	2934.00	2474.00	1689.00	880.00	531.00	399.50	312.90	260.60	184.10	167.00	89.00
10.50V	A	414.00	235.00	193.00	141.00	75.00	45.00	33.70	26.50	22.10	15.60	13.90	7.60
	W	4522.00	2674.00	2206.00	1620.00	873.00	522.00	392.30	321.00	258.90	183.40	164.90	89.70
10.80V	A	399.00	221.00	180.00	130.00	73.00	44.00	32.80	26.10	21.50	15.20	13.80	7.50
	W	4478.00	2554.00	2070.00	1503.00	848.00	514.00	387.20	308.00	254.50	179.90	164.00	88.80
11.10V	A	386.00	208.00	166.00	116.00	70.00	43.00	31.70	25.40	21.00	14.80	13.10	7.00
	W	4374.00	2403.00	1931.00	1356.00	828.00	506.00	377.10	302.40	250.30	176.80	158.30	85.30

Nota. Tabla tomada de (Energía, 2022).

En consecuencia, el sistema compuesto por las 4 baterías totalmente cargadas podrá suministrar:

$$BESS \text{ total power} = 4 \times 11.1V \times 386A = 17138.4W \approx 17.14kW$$

De esta manera, el tiempo nominal propuesto de las baterías es más que suficiente para soportar 10kW durante el arranque y sincronización de los grupos electrógenos.

3.9. Inversor BESS

El inversor seleccionado para gestionar las baterías es el Victron Energy Quattro 48/3000/35-50/50 120V CUA483021100. Las características de este dispositivo mostrados en la tabla 5 son las siguientes:

Tabla 5*Características del inversor para baterías*

Quattro	48/3000/35-50/50 120V
PowerControl / PowerAssist	Yes
Integrated Transfer switch	Yes
AC inputs (2x)	Input voltage range: 187-265 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1
Maximum feed through current (A)	2x 50
Inverter	
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V
Output (1)	Output voltage: 230 VAC \pm 2% Frequency: 50 Hz \pm 0,1%
Cont. output power at 25°C (VA)	3000
Cont. output power at 25°C (W)	2400
Peak power (W)	6000
Maximum efficiency (%)	93 / 94
Zero load power (W)	20 / 20
Charger	
Charge voltage 'absorption' (V DC)	14,4 / 28,8
Charge voltage 'float' (V DC)	13,8 / 27,6
Storage mode (V DC)	13,2 / 26,4
Charge current house battery (A)	120 / 70
General	
Auxiliary output	25
Programmable relay	3x
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration
General purpose com. port	2x

Nota. Tabla tomada de (Energy, 2022).

Debido a la configuración trifásica para este caso se eligieron tres inversores:

Figura 19

Diagrama de conexión de inversores para el sistema BESS



3.10. Monitoreo del sistema fotovoltaico

Además, para el sistema de monitoreo y para comunicarse con el controlador ComAp y el inversor SMA se requiere un ComAp IntelliFieldbus Gateway.

IntelliFieldbus Gateway es una puerta de enlace de comunicación versátil que conecta a la perfección varios dispositivos Modbus TCP/RTU a los sistemas de monitoreo WebSupervisor e IntelliScada de ComAp y a los controladores de ComAp.

Figura 20*ComAp InteliFieldbus Gateway*

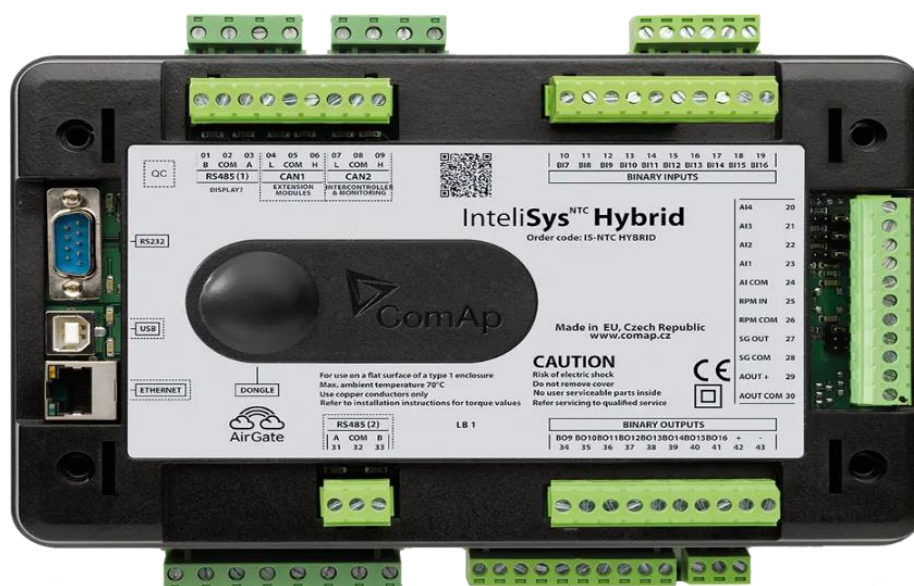
Nota. Imagen tomada de (ComAp, 2022).

3.11. Sistema de control ComAp

ComAp InteliSys-NTC Hybrid funcionará como un controlador maestro proporcionando una interfaz para los controladores de grupos electrógenos, así como para el sistema fotovoltaico. Por lo tanto, el controlador híbrido de ComAp será el encargado de conectar y desconectar la red pública principal.

Figura 21

ComAp Intelisys Hybrid



Nota. Imagen tomada de (ComAp, 2022).

Bajo esta configuración, se realizará la siguiente operación:

Habiendo cerrado el MGCB, el BESS y el inversor fotovoltaico estarán trabajando continuamente suministrando energía a la red y la carga SVF. La red fotovoltaica estará monitoreando los parámetros (frecuencia y voltaje) por el Victron Quatro Inversor. De esta forma, el inversor BESS (Quatro) comandará el inversor SMA según los cambios de la red pública.

- Una vez que se abre el MCB o falla la red eléctrica, el IS-NTC Hybrid dará para arrancar y sincronizar los grupos electrógenos. Por lo tanto, la carga será soportada por únicamente por el sistema BESS durante el arranque de los grupos (30 segundos o menos). Luego, los grupos electrógenos ayudarán al BESS a soportar la carga durante los próximos 3-5 minutos hasta que el

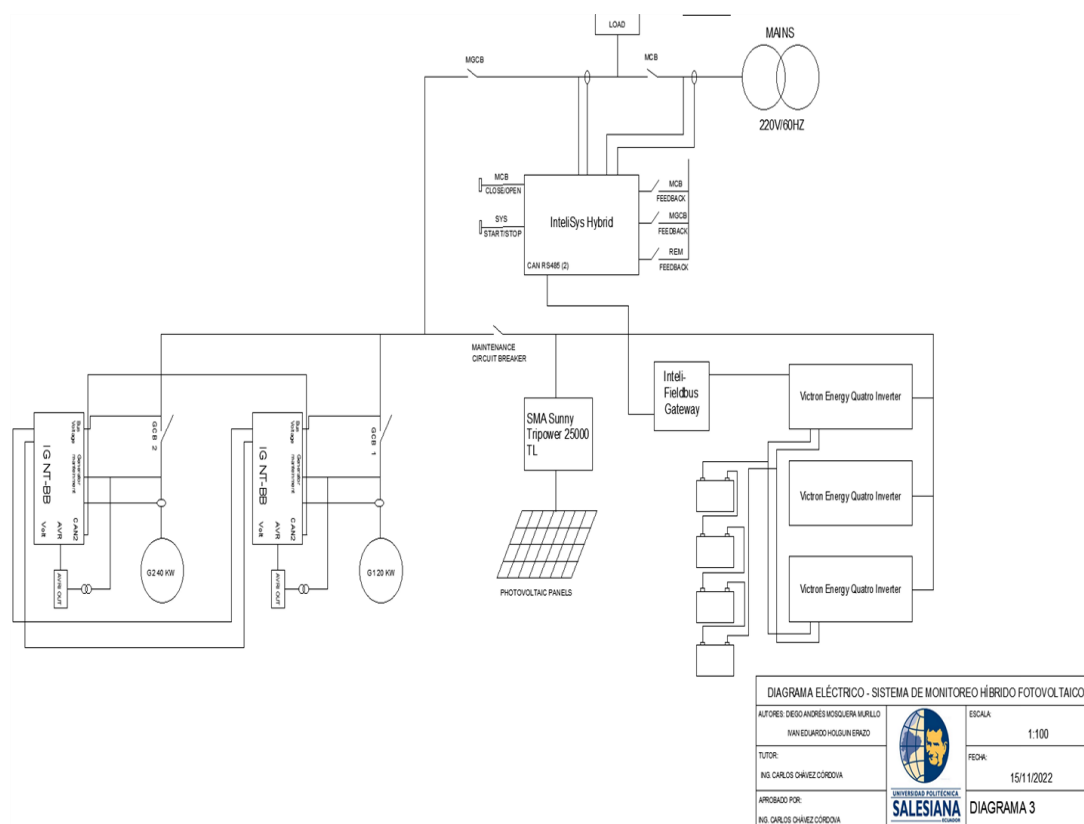
inversor SMA se sincronice con la red con la garantía de la estabilidad de los parámetros de frecuencia y tensión.

- Como sistema aislado, los módulos fotovoltaicos, el sistema BESS y los grupos electrógenos (si es necesario) suministrará energía a la carga SVF.

- Finalmente, cuando vuelva la red eléctrica, el MCB se cerrará y la operación volverá a ser normal de nuevo suministrando la carga con la red pública y la energía fotovoltaica al sistema.

-

3.12. Diagrama de conexión del sistema de monitoreo

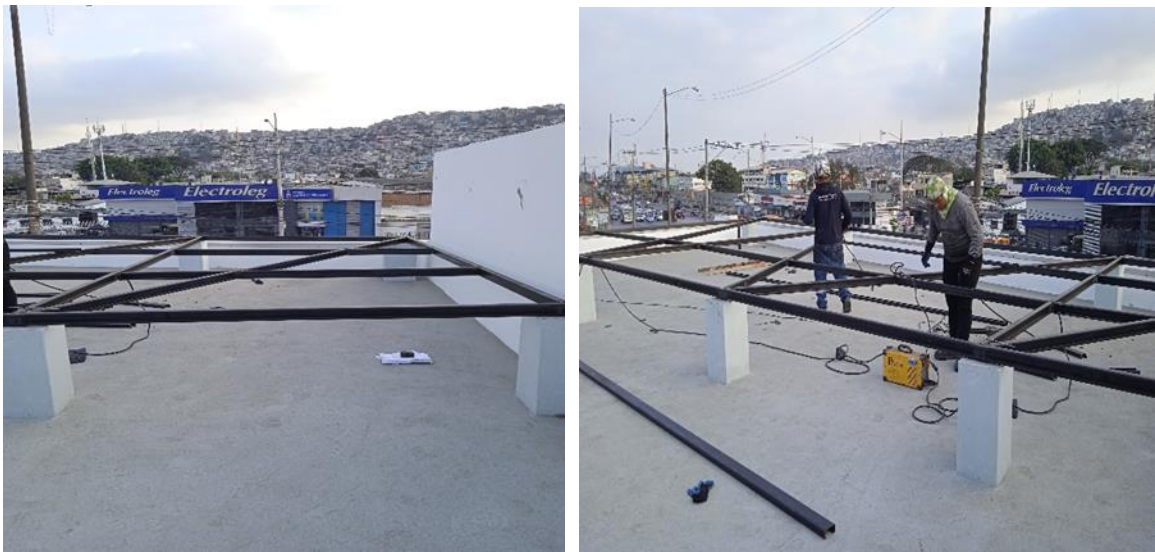


3.13. Montaje de estructura para paneles solares

Para esta parte del proyecto, se usaron estructuras de acero ASTM A36 y para el trabajo de soldadura se utilizó soldadura de electrodo Stick 6011. El tiempo de trabajo en esta parte fue de una semana.

Figura 22

Montaje de las estructuras para paneles



3.14. Montaje de paneles solares

Para el montaje de los paneles solares estuvimos presentes 4 personas. Estaba el soldador quien se encargaba de unir las estructuras con puntos de soldadura y corregir el exceso de la misma, dos personas para cargar y acomodar los paneles en cada espacio y la cuarta persona se encargaba, junto al soldador, de también cargar los paneles solares.

Una vez sobrepuestos los paneles, se procedió a marcar los orificios para así colocar las plaquetas, y ya hecho eso, se comenzó a hacer los orificios para después juntar los paneles solares por medio de dos pernos de cabeza hexagonal, uno por cada extremo de la plaqueta, y por debajo se le colocó tuercas para tener un mejor ajuste de los paneles.

Figura 23

Montaje de paneles solares sobre las estructuras



3.15. Conexión de paneles solares

Para la conexión de paneles solares se utilizó 100m de cable de aluminio al cual se le pusieron conectores tipo MC4. Los paneles se conectaron en serie, el procedimiento de conexión consistió en conectar los paneles del inicio de un panel al final del otro panel y así sucesivamente hasta terminar con todos.

Figura 24

Conexión en serie de paneles solares



3.16. Implementación del inversor fotovoltaico

El inversor llegó con todas las piezas de montaje. La distancia del soporte con respecto al suelo es de 1,50m y para ajustarlo primero se marcó en la pared los extremos del mismo para hacer los orificios y lo que se utilizó para ajustar fueron pernos M12 de expansión de acero inoxidable. Para poner el inversor en el soporte se necesitó de tres personas ya que, el equipo era demasiado pesado.

Figura 25

Implementación de inversor fotovoltaico



3.17. Montaje del tablero AC para el inversor

Para este proceso, utilizamos 300 m de cable #10, (100m negro = L1, 100m verde = L2, 100m rojo = L3, verde con amarillo = Tierra), también utilizamos 30 metros de tubo PVC para la instalación. La alimentación del tablero AC del inversor proviene desde el panel de distribución principal, más específicamente, la conexión se hizo desde las barras de la línea del panel de distribución principal hacia el disyuntor de tres polos del tablero AC. Como información adicional, también utilizamos cable UTP, el cual se direccionó hasta el tablero de servidores de la empresa, esto para la comunicación del monitoreo con el inversor.

Figura 26

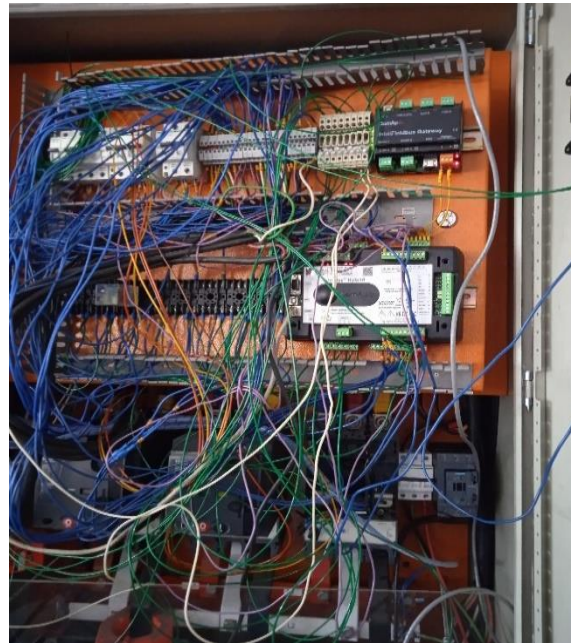
Conexión AC para el inversor fotovoltaico

**3.18. Implementación de sistema de monitoreo en tablero principal conectado a la red**

Desde la CAN A de ComAp IntelliFieldbus Gateway hacia la borner de la CAN 1 del ComAp Intelisys Hybrid. La alimentación va desde la salida de las borneras hacia la alimentación del ComAp IntelliFieldbus Gateway.

Figura 27

Implementación del monitoreo al sistema



CAPÍTULO IV

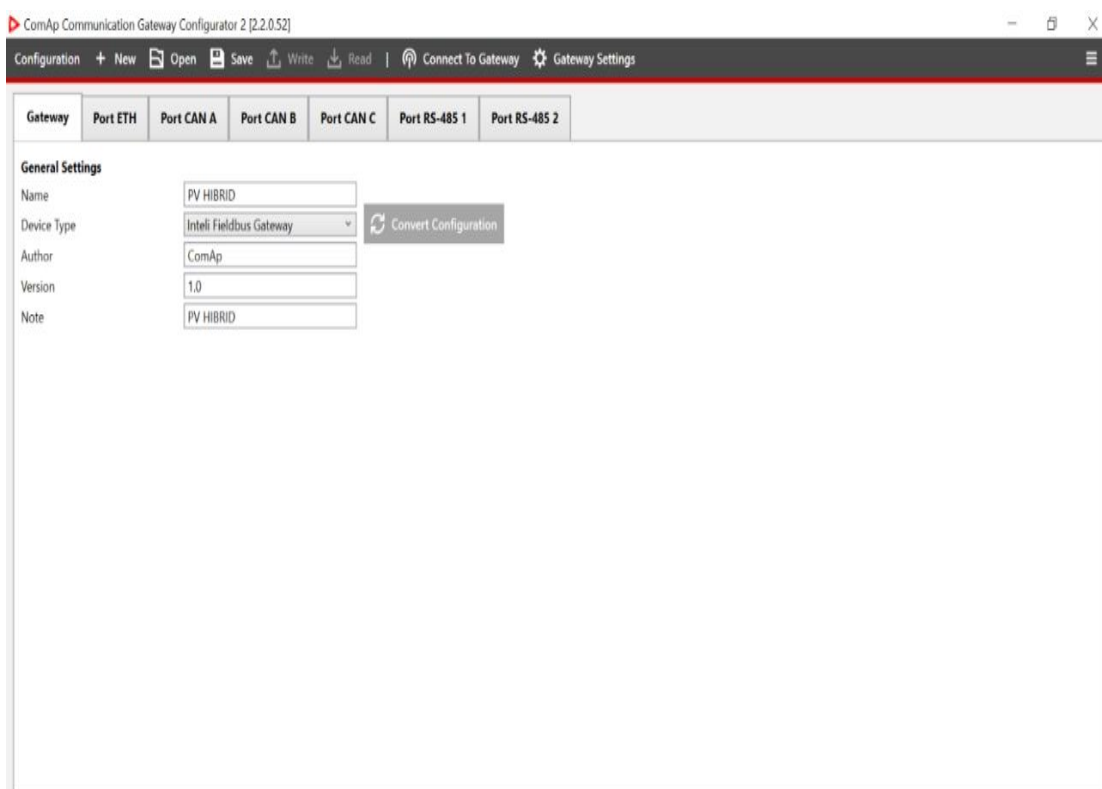
4. Resultados

4.1. Simulaciones

4.1.1. Puesta de parámetros para la comunicación ComAp – SMA Inverter.

Figura 28

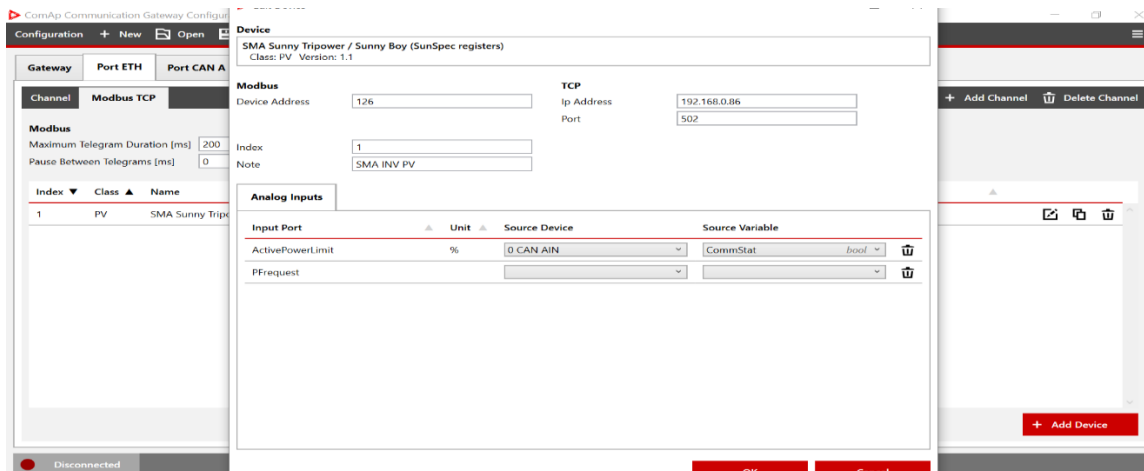
Configuración general de la comunicación



Nota. Para ingresar la configuración principal, primero debemos conectar directamente el dispositivo de monitoreo con el inversor por medio de un cable Ethernet.

Figura 29

Configuración de comunicación con puerto Ethernet



Nota. Para poder lograr la comunicación, una vez conectados los sistemas ingresamos la dirección IP Y la dirección de dispositivo.

Figura 30

Configuración de entrada CAN

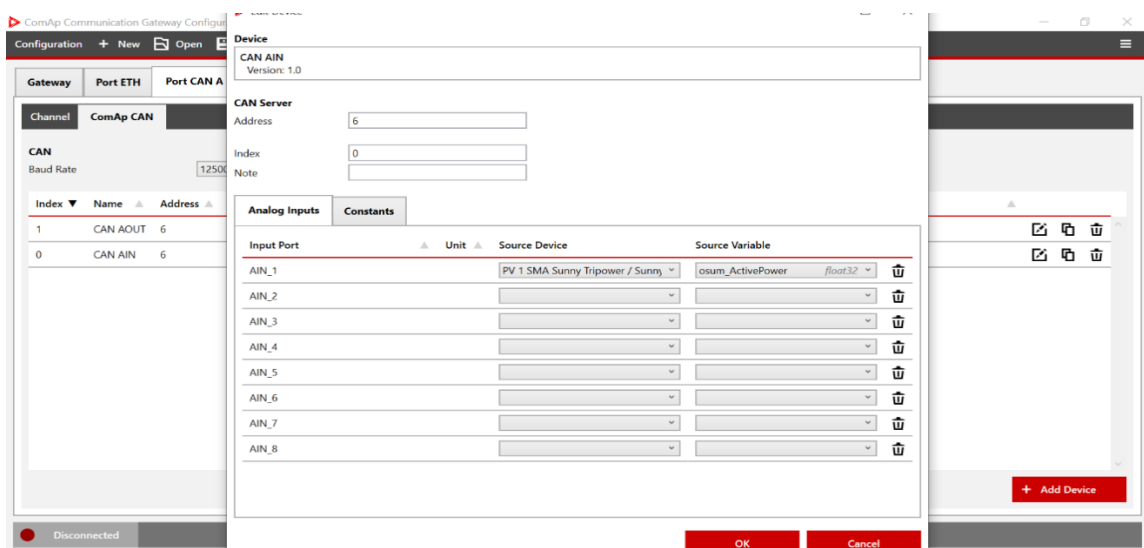
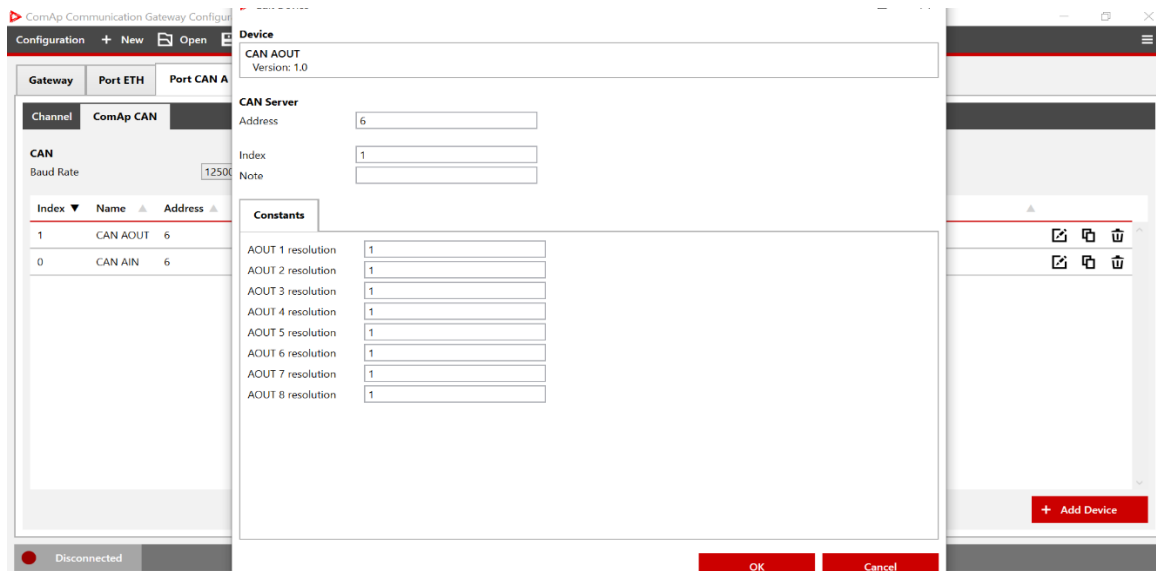
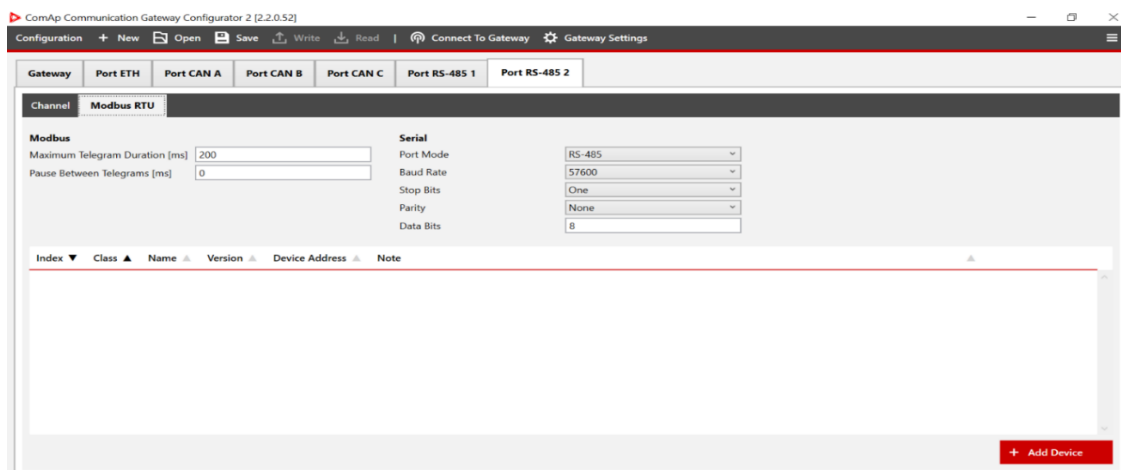


Figura 31*Configuración del puerto de salida CAN***Figura 32***Configuración del puerto de comunicación RS485 2*

Nota. Este protocolo de comunicación lo usamos para comunicar el IntelliFieldbus Gateway y el inversor SMA para su respectivo monitoreo.

4.1.2. Visualización de parámetros del inversor SMA.

Para poder observar la monitorización del sistema fotovoltaico, ingresamos a la página web Sunny Portal y tendremos los siguientes ítems:

4.1.2.1. Vista general de la empresa SVF Ecuador.

Esta información se observa al ingresar al portal. Aquí se ven monitorizados datos principales del sistema fotovoltaico como:

- Potencia que entrega a la carga.
- Estado actual de la planta.
- Potencia total de los paneles solares.
- Prevención del CO2.

Figura 33

Datos generales de la planta



4.1.3. Energía y potencia.

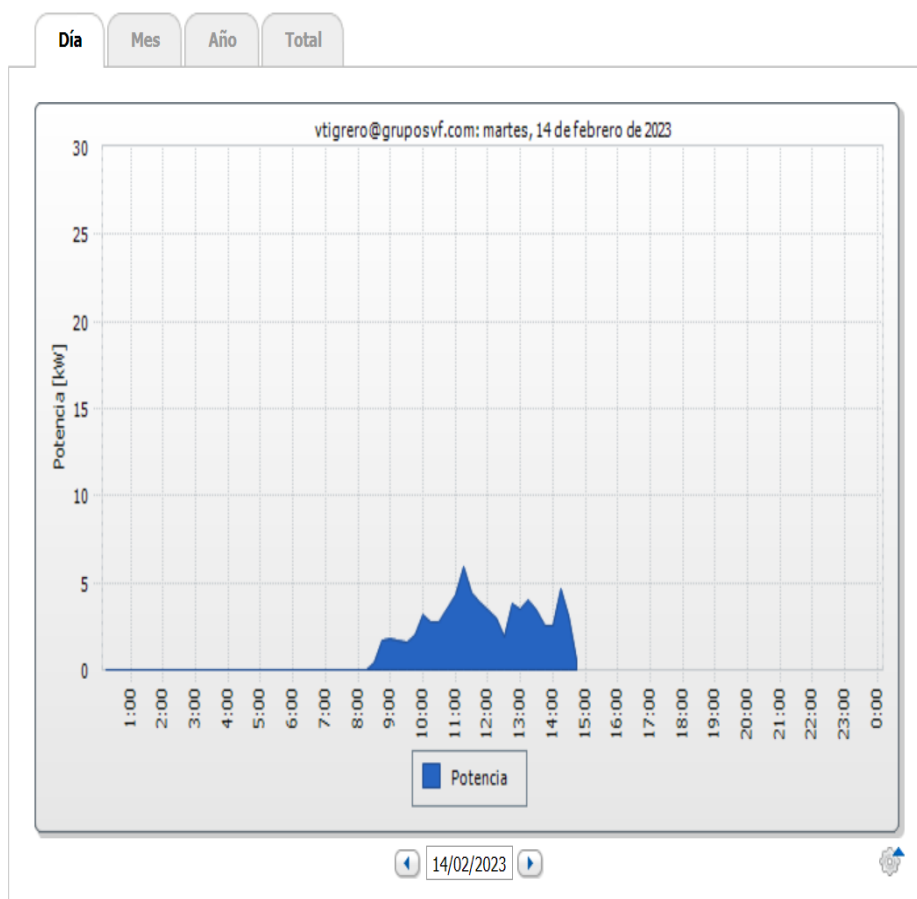
En esta pestaña se ven gráficas de curvas, donde se pueden apreciar la potencia entregada por el sistema fotovoltaico por períodos diarios, mensuales y anuales.

4.1.3.1. Energía y potencia – Diaria.

En esta gráfica se ve la relación entre la potencia KW y las horas del día notando un pico de más de 5 KW en el mediodía.

Figura 34

Gráfica de energía y potencia diaria

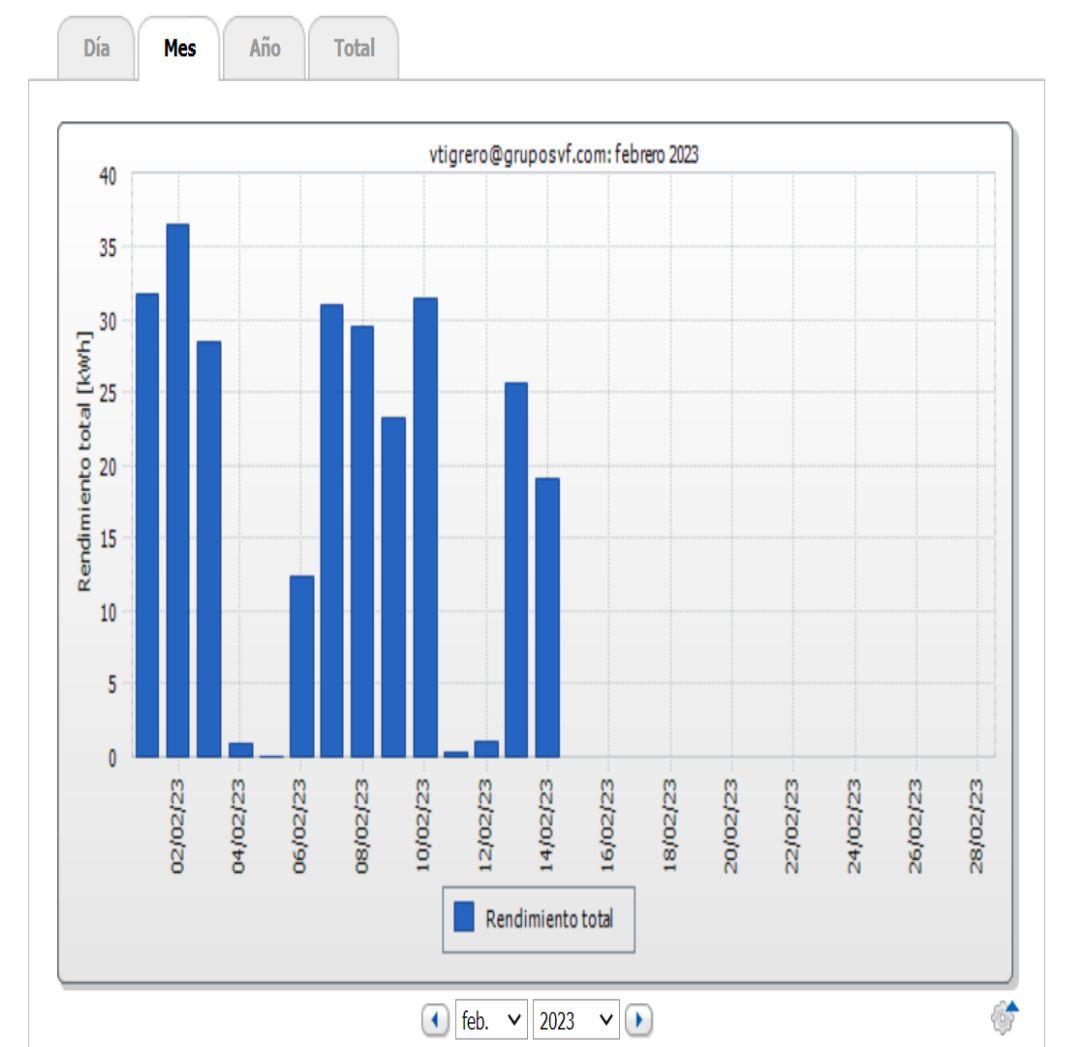


4.1.3.2. Energía y potencia – Mensual.

En este gráfico de barras se puede observar la relación entre el consumo o rendimiento total KW/h y los días de la semana. Cabe destacar que los días donde se ve menor consumo son los días fines de semana.

Figura 35

Gráfica de energía y potencia mensual

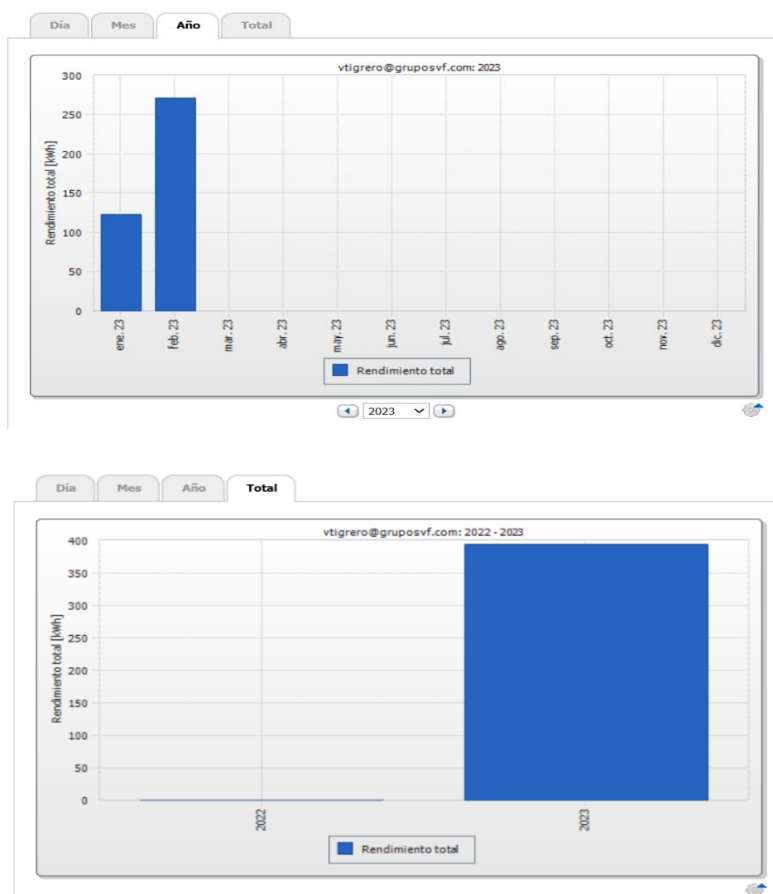


4.1.3.3. Energía y potencia – Anual.

Aquí se puede ver la relación entre el rendimiento total KW/h y los meses del año. Al ser un sistema recién implementado, los datos son escasos.

Figura 36

Gráfica de energía y potencia anual



4.1.4. Monitorización de la comunicación.

En esta sección se tiene la información de ítems como: Características de los equipos, parámetros y Bitácora de la planta.

Figura 37

Monitorización del sistema fotovoltaico

Monitorización de la comunicación

Recepción de datos de la planta según lo esperado
Último contacto hace 28 minutos [Detalles](#) <

Estado	Equipo	Último contacto	Características de los equipos	Parámetros	Bitácora de la planta
	STP 25000TL-30 669 1980508669	14/02/2023 14:43:09			

[Página inicial](#) | [Información](#) | [Instrucciones de uso](#) | [FAQ](#) | [Condiciones de uso](#) | [Declaración de protección de datos](#) | [Aviso legal](#)

4.1.5. Perfil de la planta.

Aquí se ve una información más detallada de la que vimos al ingresar en la página Sunny Portal.

Figura 38

Perfil de la planta SVF Ecuador

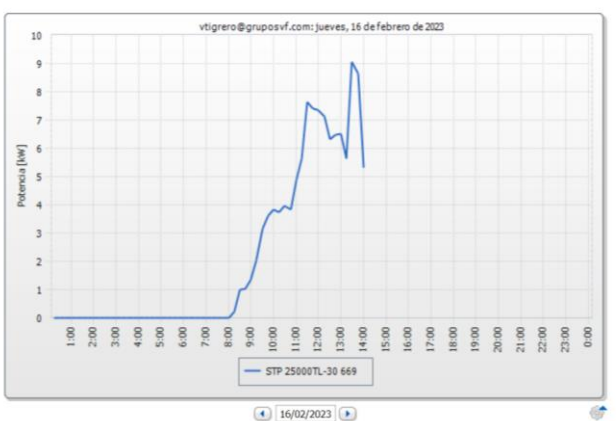
Lugar:	Guayaquil, Ecuador
Puesta en marcha:	14/12/2022
Potencia de la planta:	25,750 kWp
Producción anual:	aprox. 2.574.974 kWh (99.999 kWh/kWp)
Prevención de CO2:	aprox. 1.802,5 toneladas al año
Comunicación:	SMA Webconnect
Inversor:	Sunny Tripower 25000TL-30

4.1.6. Datos de potencia entregada.

En esta gráfica se puede apreciar la cantidad de potencia entregada por el sistema fotovoltaico, se ve como la potencia va en aumento conforme van avanzando las horas de la mañana y tarde llegando a un pico máximo de 9 KW. Esta curva fue tomada el 16/02/2023.

Figura 39

Gráfica de potencia entregada a la carga en diario



En esta tabla se ven las potencias que entrega el sistema fotovoltaico cada 15 minutos. Vemos de manera más exacta, la hora del pico máximo de potencia.

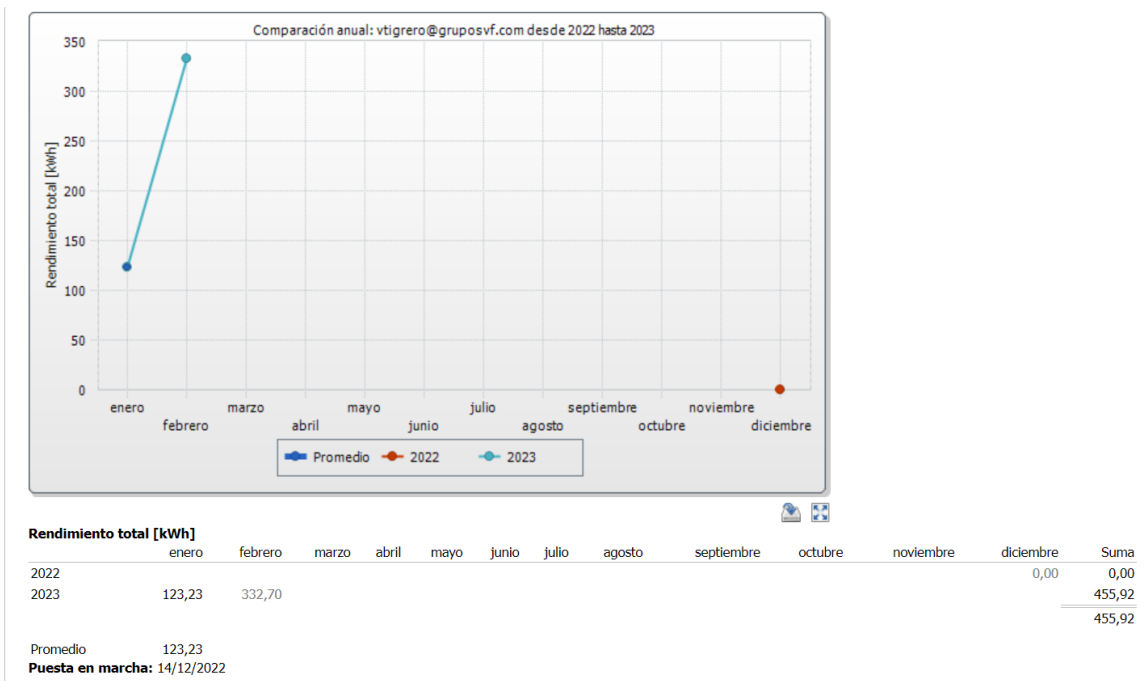
Figura 40

Monitorización de la planta con resultados cada 15 minutos

9:45	3,624
10:00	3,832
10:15	3,740
10:30	3,972
10:45	3,848
11:00	4,883
11:15	5,643
11:30	7,633
11:45	7,409
12:00	7,363
12:15	7,121
12:30	6,310
12:45	6,487
13:00	6,522
13:15	5,647
13:30	9,069
13:45	8,656
14:00	5,310
14:15	

4.1.7. Comparación anual.

En esta gráfica se puede ver un rendimiento total desde que se instaló el inversor. En lo que va del año se ha generado 455,92 KW/h siendo febrero el mes con mayor rendimiento por el momento con un total de 332,70 KW/h.

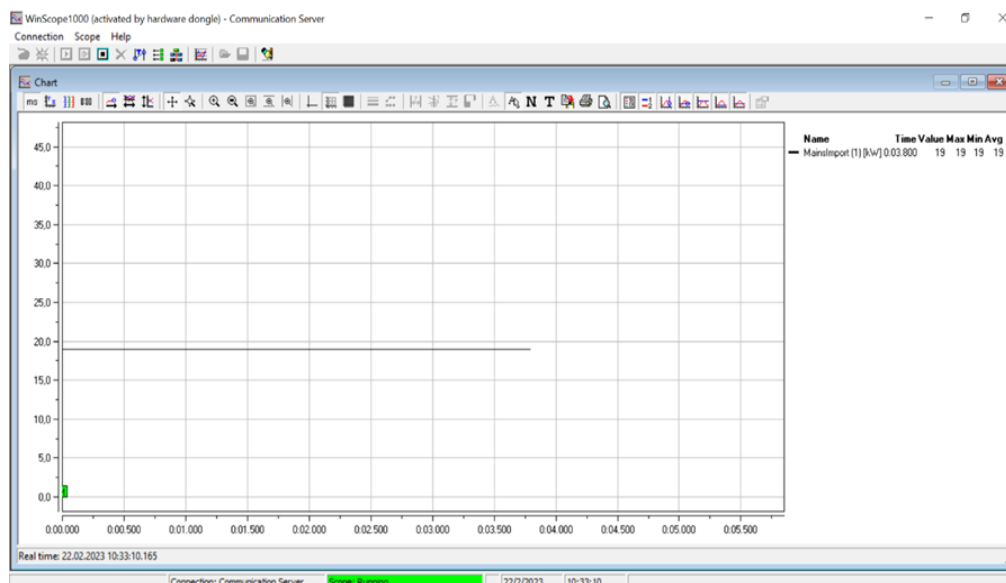
Figura 41*Gráfica de comparación lineal*

4.1.8. Perfiles de carga – Análisis de cargas antes y después de entrada de SFV a la red.

En la figura 42, se puede ver como el SFV no está en funcionamiento y, por lo tanto, la carga de la empresa SVF Ecuador se mantiene a un aproximado de 20 KW, la cual es su carga promedio.

Figura 42

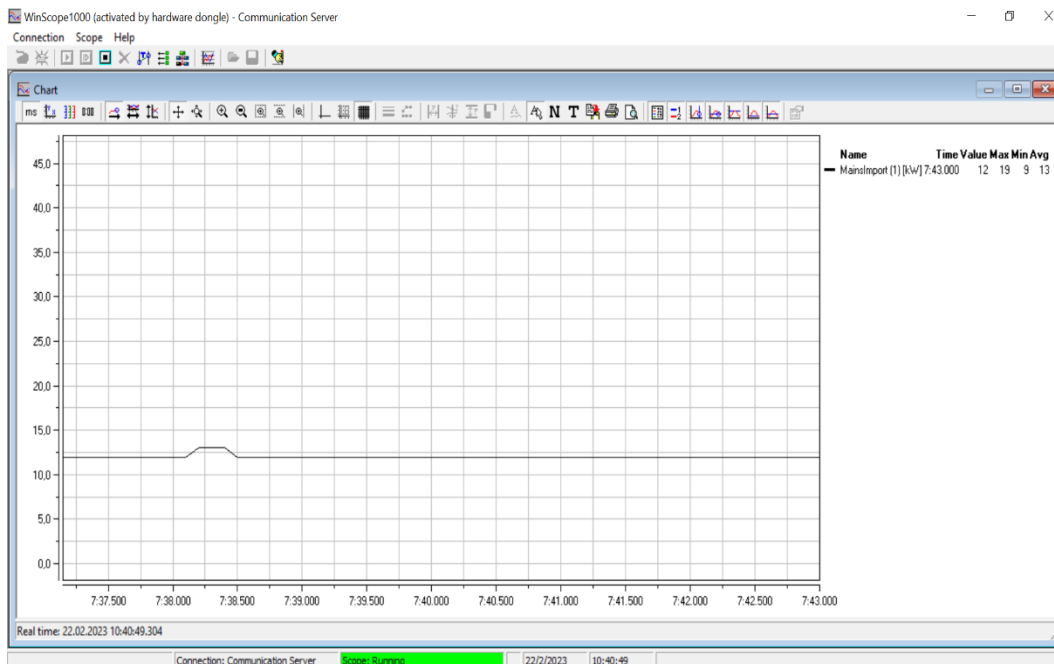
Análisis de carga sin sistema fotovoltaico



En la figura 43 se logra apreciar como la carga de la empresa disminuyó en relación a la potencia fotovoltaica que estaba entregando el sistema, la empresa ahora está consumiendo 7,91 KW menos de lo habitual.

Figura 43

Análisis de carga con sistema fotovoltaico en funcionamiento



4.1.9. Simulación del sistema de almacenamiento de baterías (BESS).

Debido a problemas de importación con respecto a las baterías, se procedió a simular el sistema de almacenamiento de energía con el programa MATLAB, en donde vimos el comportamiento de la carga de este sistema.

En este caso, se decidió ver el comportamiento del State Of Charge (SOC) y ver el comportamiento de la carga de la batería en tiempo real.

Figura 44

Modelamiento de sistema BESS en MATLAB

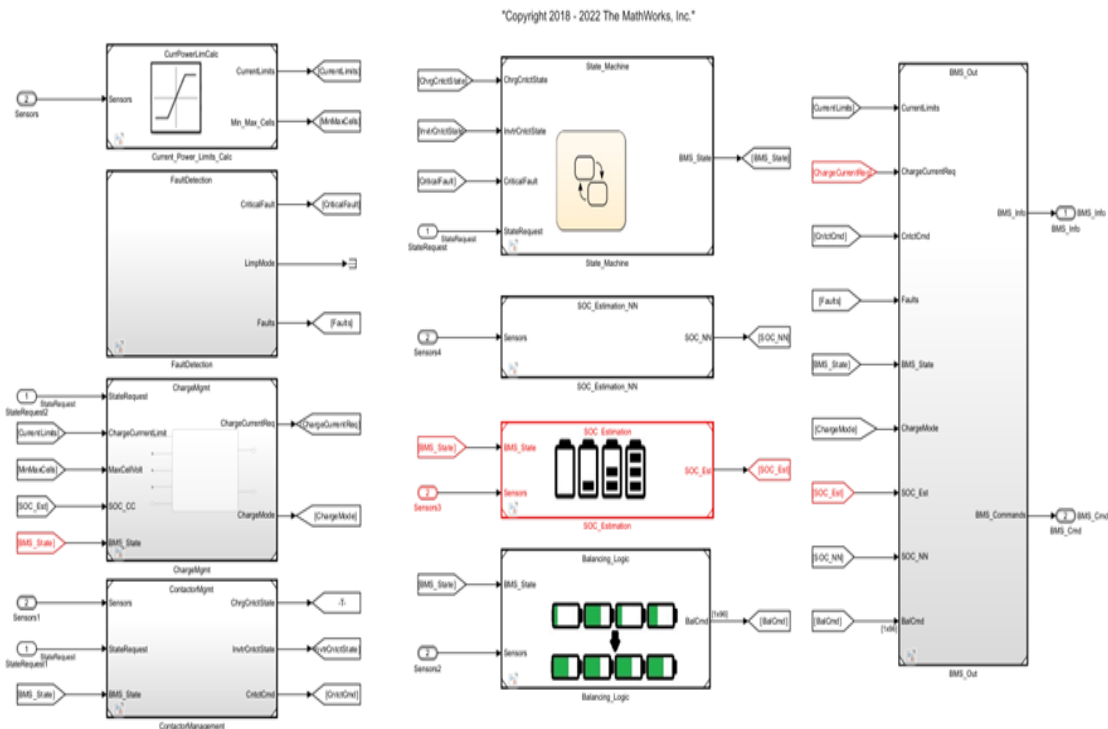


Figura 45
Sistema BESS en funcionamiento

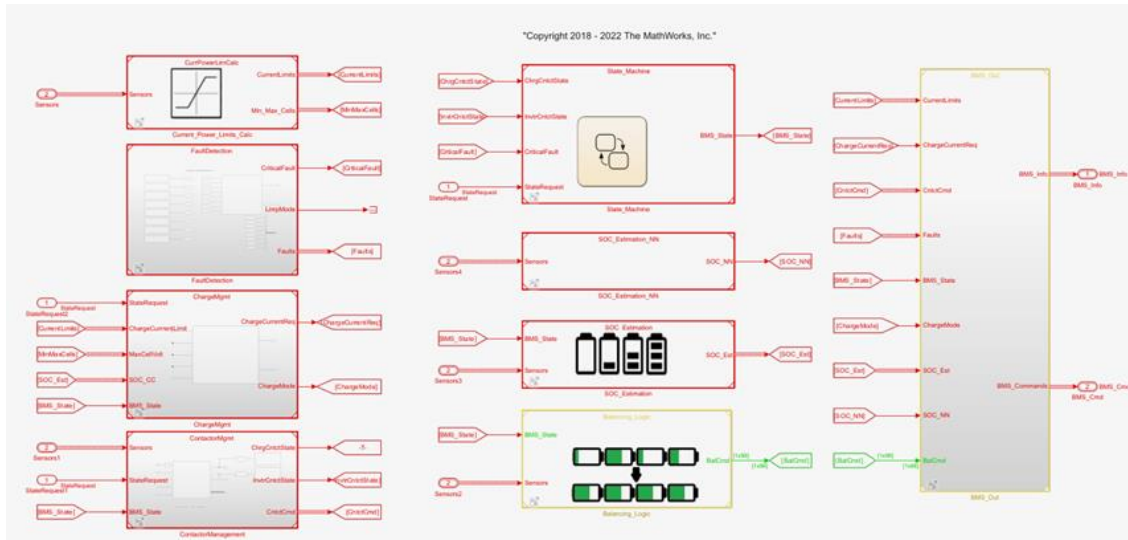
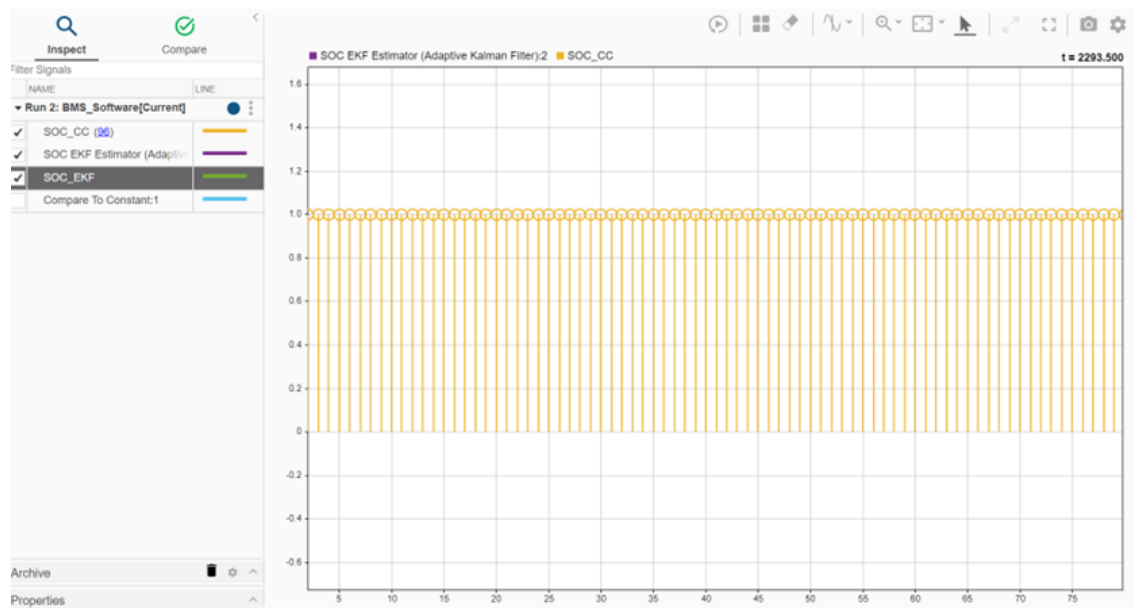


Figura 46
Gráfica de estado de carga (SOC) del Sistema BESS

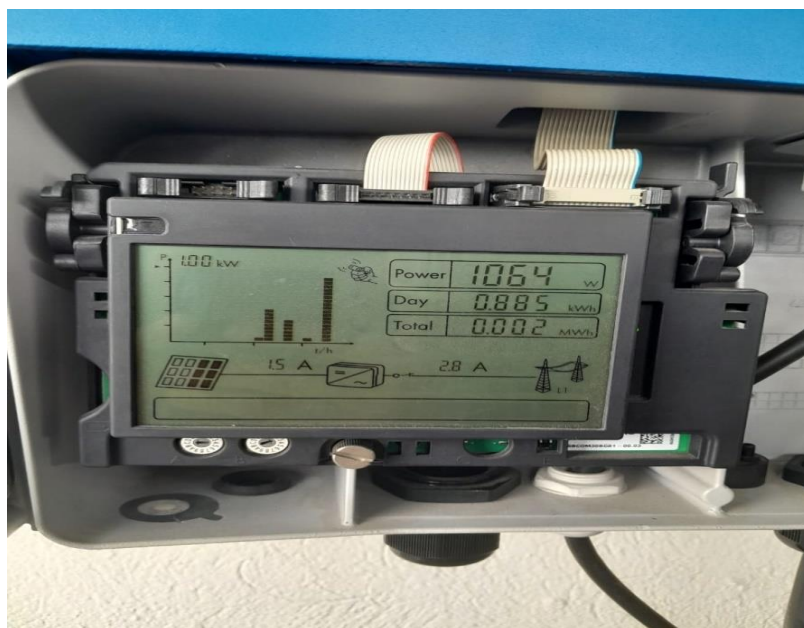


4.1.10. *Funcionamiento del sistema fotovoltaico en día nublado.*

En la pantalla del inversor se observan datos de potencia y corriente en un día nublado. La potencia entregada a la empresa ese día fue de 0,885 KW/h, la corriente paneles/inversor fue de 1,5 A y del inversor a la red de 2,8 A.

Figura 47

Muestra del sistema fotovoltaico trabajando en día nublado



4.1.11. **Tablero principal monitoreando el sistema híbrido.**

Éste es el Intelivision 5, en este dispositivo se pueden controlar y visualizar grupos electrógenos en varias aplicaciones. En la pantalla se puede observar como el controlador tiene en su data a la red pública, los dos grupos electrógenos de emergencia de la empresa SVF Ecuador y el sistema fotovoltaico implementado recientemente.

Figura 48

Tablero principal del sistema híbrido



4.2. Sistema de generación eléctrica

4.2.1. Cuarto de generadores – SVF Ecuador.

La empresa SVF Ecuador tiene a su disposición dos grupos electrógenos de emergencia. Cuenta con un generador con motor FPT Diesel NEF45TM3 de 4 cilindros acoplado con un alternador Stamford trifásico conexión Y-Y 220V – 40 KW y un generador con motor ISUZU 4LE1 de 4 cilindros con un alternador Leroy Somer trifásico conexión Y-Y 220V – 20 KW.

El papel que cumplen en este trabajo es que al momento de irse la energía eléctrica de la red pública y después de haber entrado en funcionamiento el sistema de almacenamiento de energía de las baterías del SFV, los generadores en paralelo entrarán en funcionamiento por medio de una transferencia SFV - Generadores diésel.

Figura 49

Cuarto de generadores de la empresa SVF Ecuador



4.2.2. Tablero de control para grupos electrógenos.

Aquí se encuentran ubicados los controles del cuarto de generadores. En la vista externa se pueden observar dos controles de la marca ComAp modelo Intelivision 5 y en la parte interior están dos PLC'S de la marca ComAp modelo Inteligen BaseBox, ideal para monitorizar y controlar grupos electrógenos en paralelo, tal como es el caso de este proyecto. Su función es el controlar la transferencia SFV – Generadores diésel.

Figura 50

Tablero de control para generadores



4.2.3. Reacondicionamiento de grupo electrógeno del cuarto de generadores de emergencia.

Al momento de realizar el proyecto se encontró un inconveniente en el cuarto de generadores, un generador estaba fuera de servicio por lo que se procedió a darle mantenimiento en sus componentes. En la parte mecánica se desmontó la parte de distribución del motor y en la parte eléctrica se hizo los siguientes trabajos:

- Limpieza pulverizada de partes de generador: estator, rotor y excitatriz.
- Prueba de aislamiento de las bobinas: estator, rotor y excitatriz.
- Puesta de barniz dieléctrico en las bobinas.

Las pruebas de funcionamiento se hicieron con un banco de cargas de la marca Avtron, capaz de repartir cargas mayores a 800 KW. Se usa exclusivamente para generadores de todo tipo.

Figura 51

Mantenimiento y pruebas del generador averiado

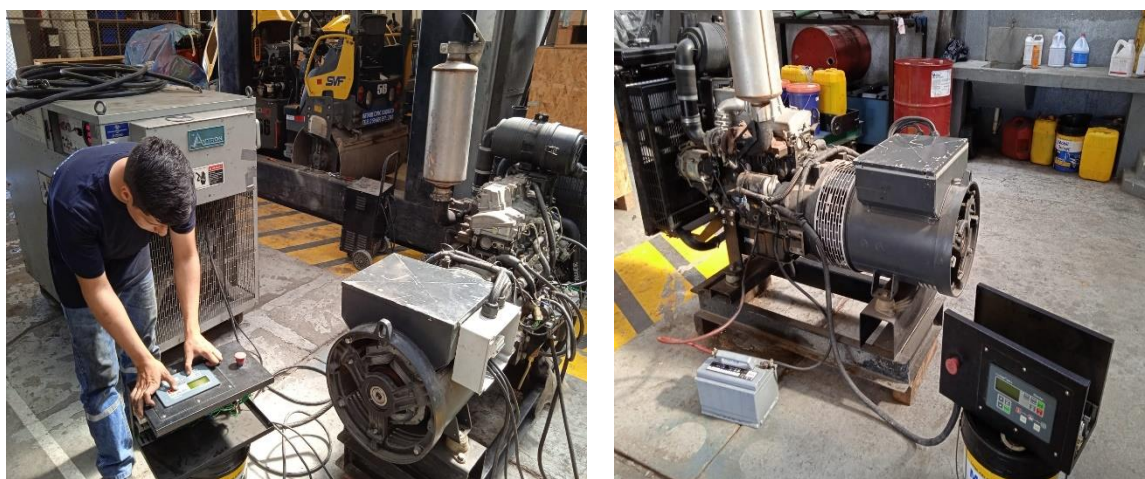


Figura 52

Prueba de aislamiento de las bobinas de excitatriz



4.2.4. Pruebas de funcionamiento de los generadores diésel.

Este tramo del trabajo fue crucial ya que, sin los generadores no sería un sistema híbrido de energía, además, teniendo en cuenta que uno de los generadores estaba fuera de servicio, la presión era alta.

Sin embargo, haciendo un buen trabajo de mantenimiento, se logró restaurar con éxito el generador averiado y una vez listo se le hicieron las pruebas correspondientes de funcionamiento.

Al principio los generadores no arrancaban debido a que presentó una alarma de falla, esta falla pudimos identificarla gracias al software InteliConfig. Este problema pudo ser resuelto con éxito.

Figura 53

Código de avería

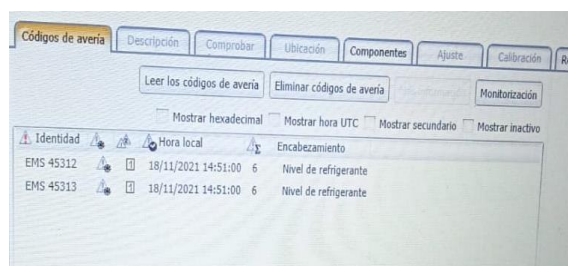
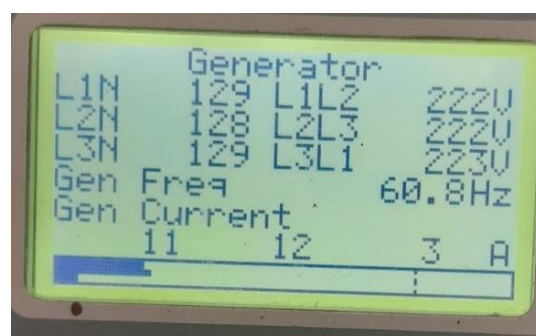


Figura 54

Datos de voltaje y corriente en generador funcionando



5. Conclusiones

- Se pudo observar en el monitoreo del sistema fotovoltaico los parámetros de potencia de la red pública con el sistema y sin él, gráficas de datos históricos desde el día de la implementación del sistema, etc. Donde pudimos verificar el funcionamiento del sistema fotovoltaico, sin embargo, para tener una confirmación más precisa se necesitaba revisar curvas en el comportamiento del sistema.
- Gracias al software Winscope se pudo observar en tiempo real el comportamiento de la carga con el sistema fotovoltaico y sin él se pudo concluir de manera certera el efecto que tiene el sistema implementado en la red, se pudo observar y analizar como el sistema fotovoltaico reduce la carga de la red pública cumpliendo así con su cometido, reducir costos de energía y demostrar funcionamiento del sistema de monitoreo a los clientes.
- Para el sistema de almacenamiento de energía (BESS), se utilizó el software de MATLAB para simular el Estado de Carga (SOC) de las baterías. Se pudo concluir que la batería en este tipo de sistemas es un componente fundamental en la integración de generación distribuida no solo en sistemas aislados sino también en sistemas conectados a la red.

6. Recomendaciones

- Los autores recomendamos a la empresa darles más atención a las energías renovables, en especial a la energía solar, ya que en el presente muchas empresas han visto en esta energía una alternativa muy buena en temas de ahorro en consumo energético. Puede ser una oportunidad de negocio.
- Se recomienda a la empresa darle mantenimiento cada tres meses a los paneles solares. En época de lluvia no es necesario por lo que aproximadamente a mediados de año pueden empezar con los trabajos de mantenimiento.
- La simulación del sistema BESS se puede determinar mejor haciendo una prueba con las baterías en físico.

7. Referencias bibliográficas

Acciona. (2020). *www.acciona.com*. Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894

Alberto, R. (2015). Evolución Tecnológica de los Sistemas Remotos de Monitoreo en las Instalaciones Fotovoltaicas. *Revista Politécnica*.

Amaranzero. (2020). *amaranzero.mx*. Obtenido de <https://amaranzero.mx/academia/blog/derating-en-los-inversores-fotovoltaicos>

Aragón, A. (2021). *diegodiazlopez.com*.

AutoSolar. (s.f.). *AutoSolar* . Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-inversor-cargador-de-baterias>

Ch, R. (2012). Estudio y modelación de dispositivos FACTS para el control de tensión y potencia reactiva en el sistema eléctrico nacional. *Universidad, Ciencia y Tecnología*.

ComAp. (2022). <https://www.comap-control.com>. Obtenido de <https://www.comap-control.com/products/communications/intelifieldbus-gateway/>

CONELEC. (2008). *researchgate.net*.

Cofas, D. T. (2022). *Critical factors and parameters for hybrid Photovoltaic-Thermoelectric systems; review*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118977>

Desigenia. (2021). *desigenia.com*. Obtenido de <https://desigenia.com/generadores-diesel-vs-sistemas-hibridos/>

Díaz, J. (2009). Sistema híbrido de energía utilizando energía solar y red eléctrica. *Lámpsakos*.

Díaz, J. (2009). Sistema híbrido de energía utilizando energía solar y red eléctrica. *Lámpsakos*.

Domínguez, M. (2015). *Universidad Carlos iii de Madrid Escuela Politécnica Superior Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones*. Madrid.

Energía, R. (2022). <https://www.renova-energia.com>. Obtenido de <https://www.renova-energia.com/productos/bateria-aokly-12v-150ah-150ah20h-6gfm150g-gel/>

Energia, R. (s.f.). *renova-energia.com*. Obtenido de <https://www.renova-energia.com/categoria-producto/inversores-conexion-red/>

Energy, V. (2022). <https://www.victronenergy.com.es>. Obtenido de <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Quattro-3-10kVA-120V-ES.pdf>

Gong, Y. (2022). *Identifying the functional form of operating rules for hydro–photovoltaic hybrid power systems*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.123027>

HelioEsfera. (2021). Obtenido de <https://www.helioesfera.com/que-significan-las-siglas-stc-y-noct/>

HelioEsfera. (2021). *helioesfera.com*. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/que-significan-las-siglas-stc-y-noct/>

Li, W. (s.f.). Implementation of a Web-Based Real-Time Monitoring and Control System for a Hybrid Wind-PV-Battery Renewable Energy System.

Lottman, H. R. (2020). *Global Guide*.

Maps, G. (2016). Obtenido de https://www.google.com/maps/place/SVF+Ecuador+S.A./@-2.1401584,-79.9304672,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x902d729b393d076f:0x3b3cf538c1bd6765!8m2!3d-2.1401638!4d-79.92624!16s%2Fg%2F11cks_2kng

Mauricio, I. (2016). *Sistema híbrido fotovoltaico con interacción a la red para zonas rurales de Colombia*
S istema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción (PV) photovoltaic hybrid system with interaction to the network to rural areas of Colombia.

Moreno Correa, A. P. (2022). Análisis de los retos asociados a la disposición y reúso de residuos provenientes de proyectos solares en los escenarios de transición energética y pos pandemia en Colombia. *Universidad de Antioquia*. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/29345/4/MorenoAndrea_2022_AnalisisTran sicionEnergetica.pdf

Moreno, A. (s.f.). *Simulación y Análisis del Sistema Híbrido Isla Floreana en Galápagos*. Islas Galápagos.

Mosquera, D. B. (2016). *Estudio de Sistemas Híbridos De Energía (solar - gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en zonas no interconectadas en el Departamento del Chocó*. Medellín.

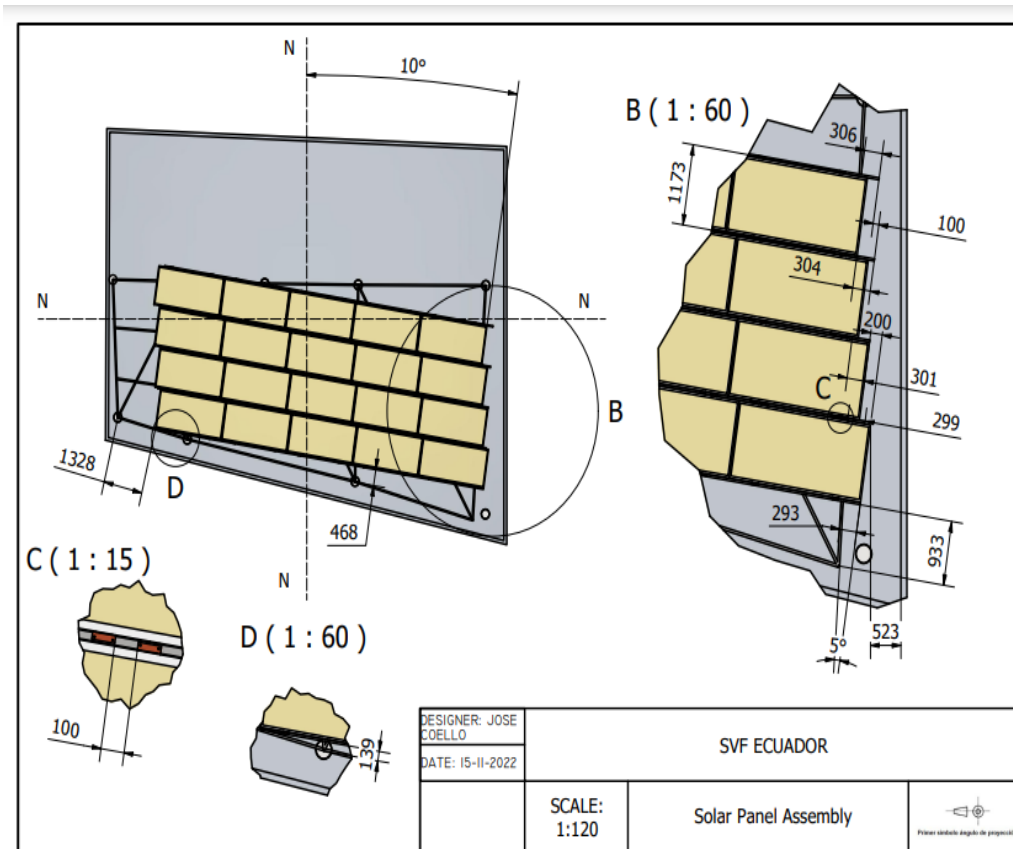
- Ortega, R. R. (2013). *Análisis de corrección de las curvas características I-V de módulos fotovoltaicos*. doi:https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19817/TFG_Roberto_Ruiz_Ortega.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pozo, A. (2020). *Estado del arte de los sistemas fotovoltaicos híbridos*.
- Pozo, A. (2020). Estado del Arte de Sistemas Híbridos Fotovoltaicos.
- Pulido, L. E., Cabrera, A., & Medina, N. (19 de 09 de 2021). Resumen Palabras clave. *Rev Fac Nac Salud Pública*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10810/29279>
- Puma, L. (2006). Sistema De Supervision , Control Y Adquisicion De.
- Ramos, J. (2019). Sistema de supervisión para el monitoreo de redes eléctricas inteligentes. *Ingeniería Energética*.
- Rivera, P. (2014). Modelamiento Y Simulación De Dispositivos Facts Para Estudios Eléctricos De Estado Estable. *Universidad de Antioquia*.
- Rivera, P. (2019). Control De Voltaje En Sistemas Eléctricos De Potencia Usando Transformadores Con Taps. *Universidad de Antioquia*.
- Romero, C. J. (2020). Dimensionamiento De Sistemas Fotovoltaicos Conectados a La Red Eléctrica En El Ecuador En Baja Tensión. *Universidad Nacional De Loja*.
- Romero, Christian Javier. (2020). Dimensionamiento De Sistemas Fotovoltaicos Conectados a La Red Eléctrica En El Ecuador En Baja Tensión. *Universidad Nacional De Loja*. Obtenido de http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf
- S.A., E. (2021). *Guía de Respuestas a las Observaciones Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante Del proyecto “Sistema Solar Fotovoltaico Conolophus de la Isla Baltra”*. Isla Baltra .
- Samaniengo, M. R., & Abad, J. L. (2015). *Energías Renovables en el Ecuador*.
- Sirioired. (2022). *sirioired.com*. Obtenido de <https://www.sirioired.com/monitoreo-de-instalaciones-fotovoltaicas.html>
- SMA. (2022). Obtenido de <https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-DS-en-41.pdf>

- Solar, D. (2022). Obtenido de <https://es.dahsolarpv.com/uploadfile/attachment/fa752941d4f4cde09f6adadfafd2696b.pdf>
- Sostenible, L. C. (2022). <http://tienda.lacasasostenible.com>. Obtenido de <http://tienda.lacasasostenible.com/inversores/26-sma-stp-8000-10000-12000-15000-y-17000tl.html>
- Teknosolar. (Enero de 2018). *TeknoSolar.com*. Obtenido de <https://www.teknosolar.com/community/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un->
- Vásquez, F. (2015). Energía solar en el Ecuador. *Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas*.
- Vásquez, F. (2015). Energía Solar en el Ecuador. *Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas*.
- Veloz, O. (2016). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-317-Ventana-de-Control-InteliMonitor-del-controlador-PLC-de-las-celdas-MCG-MGCB_fig10_317640268
- Zhang, X. (2022). *A hybrid system integrating photovoltaic module and thermoelectric devices for power and cooling cogeneration*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.05.011>

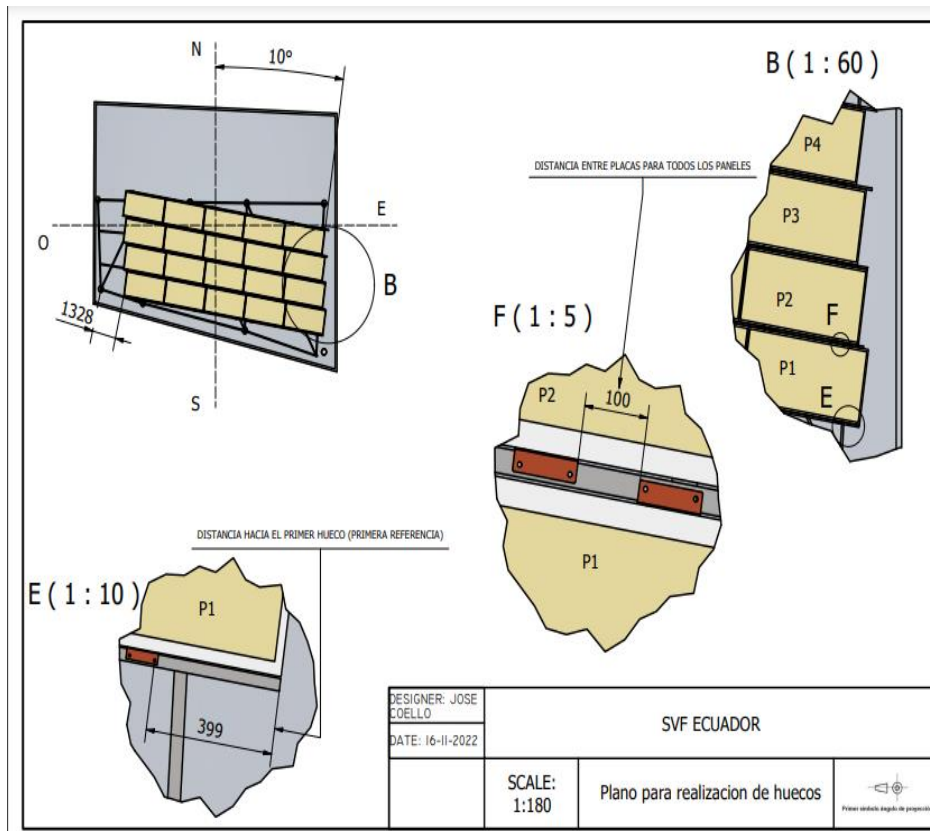
8. Anexos

Figura 55

Diagrama de ensamble de paneles solares








Nota. Plano tomado de SVF ECUADOR

Figura 56*Plano de realización de orificios*

Nota. Plano tomado de SVF ECUADOR

Cotización de implementos para los paneles solares

DAH solar		Headquarter: No. 1, Yanyuan Road, Layang District, Hefei City, Anhui Province, China Office Add: 60, Gaozhou Xinglu Science and Technology Industrial Park, Layang District, Hefei, Anhui, China Web: www.dahsolar.com		SINCE 2009		QUOTATION	
Quotation For: Name: E-Mail:				Attn: Albert Tel / Whatsapp: 0086-150 0133 3151 E-mail: albert.jiang@ds-solar.cn Quotation Validity: 15 days			
30 Dec/21							
Quotation of 545W Solar Panels							
Item	Model	Picture	Description	Warranty	Qty	Unit Price	Price
1	Mono panel DHM-72X10-545W		Voltage: 50 Weight: 29kg Size: 2279*1134*35mm A grade, 0~+5w power tolerance	25years	20	\$152.00	\$3,040.00
2	FV Cable		Single-core PV Cable 4mm ² (+&-)	10years	200	\$0.80	\$160.00
3	MC4 Connector		Rated current: 30 A Rated voltage: 1500 VDC	10years	12	\$1.00	\$12.00
4	Safe Package		Reduce volume Optimize packaging Safe transportation CIF Guayaquil charges	/	1	\$895.00	\$895.00
5	FV Tools:		All necessities tools for installation are included	/	1	\$0.00	\$0.00
Electrical Design Diagram Service					1	\$0.00	\$0.00
Mounting structure Design Service					1	\$0.00	\$0.00
Total CIF Guayaquil Amount							\$4,107.00
Payment Method: T/T, Western union, L/C, Alibaba Trade Assurance (Credit Card, e-Checking). Payment Term: 100% T/T in advance Production Time: 15-20 working days after receiving payment. Package: Standard export package, Composite material box. Free service: 1. Technical and engineering design service 2. Installation instruction service							

Ficha técnica de los paneles solares DAH Solar

STC-Electrical Characteristics

Module Type	DHM-72X10			
Maximum Power (Pmax/W)	540	545	550	555
Open-circuit Voltage (Voc/V)	49.8	50.0	50.2	50.4
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	42.0	42.2	42.4	42.6
Short-circuit Current (Isc/A)	13.66	13.72	13.78	13.84
Maximum Power Current (Imp/A)	12.86	12.91	12.97	13.03
Module Efficiency (%)	20.89	21.09	21.30	21.48
Temperature Coefficient of Isc		0.05%/°C		
Temperature Coefficient of Voc		-0.31%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax		-0.35%/°C		

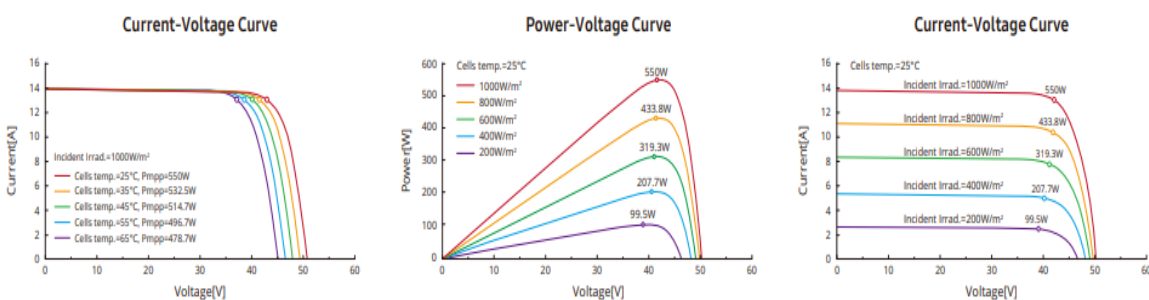
Standard Test Environment : Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, Spectrum AM1.5

NOCT-Electrical Characteristics

Maximum Power (Pmax/W)	402	405	409	413
Open-circuit Voltage (Voc/V)	46.7	46.9	47.1	47.3
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	39.4	39.6	39.8	40.0
Short-circuit Current (Isc/A)	11.04	11.09	11.13	11.18
Maximum Power Current (Imp/A)	10.20	10.24	10.29	10.33

Standard Test Environment : Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Spectrum AM1.5, Wind speed 1m/s

I-V Curve DHM-72X10-550W



Ficha técnica ComAp InteliFieldbus Gateway



Technical data

Power supply

Power supply	8 to 36 V DC
Power consumption	4 W

Operating conditions

Operating temperature	-20°C to +70°C
Storage temperature	-40°C to +80°C
Operation humidity (norm 60068-2-30)	5 to 95% w/o condensation
Vibration	5 - 25 Hz, ± 1.6 mm 25 - 100 Hz, a = 4 g
Shocks	a = 200 m/s ²

Communication

3x CAN port:	Galvanically separated, built-in terminating resistors are activated by jumper, Nominal impedance 120 Ω
2x RS485 port:	Galvanically separated, built-in balancing and terminating resistors are activated by jumper
1x Ethernet port	RJ45, 100Mbit/s
1x USB device	Non-isolated type B connector

Ficha técnica del ComAp IntelisyS NTC Hybrid



Technical data

Power supply

Power supply range	8-36 VDC
Power consumption	0.4 A / 8 VDC 0.15 A / 24 VDC 0.1 A / 36 VDC
RTC battery	10 years (replaceable by official service)
Fusing	2 A (without BOUT consumption)

Operating conditions

Operating temperature	-40°C to +70°C
Storage temperature	-40°C to +80°C
Operating humidity	95 % w/o condensation
Vibration	5 - 25 Hz, ± 1.6 mm 25-100 Hz, $a = 4$ g
Shocks	$a=200$ m/s ²

Voltage measurement

Measurement inputs	3 ph-n Gen voltage 3 ph-n Mains/Bus voltage
Measurement range	110V / 277V
Max allowed voltage	125 %
Accuracy	1 % of 110V / 277V
Frequency range	40-70 Hz (at accy 0.1 Hz)
Input impedance	0.6 M Ω ph-ph 0.3 M Ω ph-n

Current measurement

Measurement inputs	3 ph Gen current 1 ph Mains current
Measurement range	1A / 5A
Max allowed continuous current	1000% / 200%
Accuracy	2 % of 1A / 5A
Input impedance	< 0.1 Ω

Binary inputs

Number	4 non-isolated
Input resistance	4.7 k Ω
Close/Open indication	0 - 2 VDC close contact > 4 VDC open contact

Binary outputs

Number	4 non-isolated
Max current	0.5 A (2 A per group)
Switching to	negative/positive supply terminal

Analog inputs

Number	1 non-isolated
Type	Switchable (Voltage, Resistance, Current)
Resolution	10 bits, max 4 decimals
Range	0-5 VDC/0-2500 Ω /0-20 mA
Input impedance	>100 k Ω />100 k Ω /180 Ω
Accuracy	± 1 % of meas. value ± 1 mV ± 2 % of meas value ± 2 Ω ± 1 % of meas value ± 0.5 mA

Analog outputs

Number	1
Type	Switchable (Voltage, Current)
Range	0 - 10 VDC / 0 - 20 mA
Max current/load	5 mA/500 Ω
Accuracy	± 0.5 % of output value ± 20 mV ± 0.5 % of output value ± 100 μ A

Magnetic pick-up

Voltage input range	2 Vpk-pk to 50 Veff
Frequency input range	4 Hz to 15 kHz
Frequency measurement tolerance	0.2 %

Voltage regulator output

Type	5 V TTL PWM / ± 10 VDC with IG-AVRi interface
------	---

Speed governor output

Voltage output	± 10 VDC / max. 15 mA
Voltage output via resistor	± 10 VDC via 10 k Ω resistor / max. 1 mA
PWM	500-3000 Hz / 5V / max. 10mA

Communications

RS232	Direct/Modbus, non-isolated
RS485	Direct/Modbus, isolated
Display port	non-isolated RS485, only terminal connection
USB port	Direct, isolated
Ethernet port	LAN/Internet, Modbus TCP, SNMP, WebServer, AirGate
CAN1	External modules 250 kbps, max 200 m, Isolated
CAN2	Intercontroller and comm extensions 250 / 50 kbps, max 200 / 1000 m, Isolated

Ficha técnica ComAp IntelliVision 5



Technical data

Power supply

Power supply range	8-36 VDC
Power consumption (typical values)	6 W (Actual consumption depends on LCD backlight intensity and actual CPU consumption.)

Operating conditions

Operating temperature	-20 °C to +70 °C
Storage temperature	-30 °C to +80 °C
Protection	IP65
Humidity	95 % non-condensing (EN 60068-2-30)
Vibration	5-25 Hz, ± 1.6 mm 25-100 Hz, $a = 4$ g
Shocks	$a = 500$ m/s ²
Surrounding air temperature rating 70 °C.	
Suitable for pollution degree 2.	

Interfaces

CAN	Galvanically Isolated (120 Ω Termination Resistor - Jumper)
-----	---

Analog inputs

Resistive input	R = 0-2400 Ω R: ± 2 % for 0-250 Ω R: ± 4 % for 250-2400 Ω (Dedicated for external LCD backlight control, 5-2400 Ω corresponds to 0-100% backlight)
-----------------	---

Binary outputs

Specification	1x, Isolated max. 0.5 A (Active when controller's Horn output is activated)
---------------	---

LCD specification

LCD panel	TFT 5.7"
Resolution	320 x 240 px

Mechanical

Housing	Plastic
Mounting	4 clips
Recommended cut-out	175 x 115 mm (6.89 x 4.53 in)

Ficha técnica del inversor SMA Sunny Tripower 25000TL

Technical Data	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Input (DC)			
Max. generator power	27000 Wp	36000 Wp	45000 Wp
DC rated power	15330 W	20440 W	25550 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	240 V to 800 V / 600 V	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Max. DC short-circuit current input A / input B	43 A / 43 A	43 A / 43 A	43 A / 43 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
Output (AC)			
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	15000 W	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	15000 VA	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage		3 / N / PE, 220 V / 380 V 3 / N / PE, 230 V / 400 V 3 / N / PE, 240 V / 415 V	
AC voltage range		180 V to 280 V	
AC grid frequency / range		50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	
Rated power frequency / rated grid voltage		50 Hz / 230 V	
Max. output current / Rated output current	29 A / 21.7 A	29 A / 29 A	36.2 A / 36.2 A
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor		1 / 0 overexcited to 0 underexcited	
THD		≤ 3%	
Feed-in phases / connection phases		3 / 3	
Efficiency			
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%	98.4% / 98.0%	98.3% / 98.1%
Protective devices			
DC side disconnection device		●	
Ground fault monitoring / grid monitoring		● / ●	
DC surge arrester (Type II) can be integrated		○	
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated		● / ● / -	
All-pole sensitive residual-current monitoring unit		●	
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)		I / AC: III; DC: II	
General data			
Dimensions (W / H / D)	661 / 682 / 264 mm [26.0 / 26.9 / 10.4 inch]		
Weight	61 kg [134.48 lb]		
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C [-13 °F to +140 °F]		
Noise emission (typical)	51 dB(A)		
Self-consumption (at night)	1 W		
Topology / cooling concept	Transformerless / Optical		
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65		
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H		
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%		
Features / function / Accessories			
DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal		
Display	○		
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●		
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●		
Multifunction relay / Power Control Module	○ / ○		
Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●		
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●		
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 years	● / ○ / ○ / ○		
Certificates and permits (more available on request)	AS 4777, BDEW 2008, C10/11, CE, CEI 0-16, CEI 021, CNS 15382, CNS 15426, DEWA 2.0, DK1, DK2, EN 50549-1, EN 50569-2, G99/1, EN 50438:2013*, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IS 16221-1/2, IS 16169, MSA 2013, NBB 161.69, NEN EN 50438, NES 097-2-1, PEA 2013, NTS, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n° 7-2013, RIG compliant, S4777, TCR generator, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VDE-AR-N 4110, VDE 2014		
* Does not apply to all national appendices of EN 50438			
Type designation	STP 15000TL-30	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

Cronograma



Presupuesto

PRESUPUESTO DE PROYECTO - MONITOREO FOTOVOLTAICO				
ÍTEM	MODELO	UNIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
INTELIFIELDBUS GATEWAY	CM1IFGATBBB	1	\$ 507,74	\$ 507,74
INTELISYS NTC HYBRID	IS-NTC-HYBRID	1	\$ 389,19	\$ 389,19
IGS-NT-LSM-PMS	IGS-NT-LSM-PMS	1	\$ 150,49	\$ 150,49
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	800/5	6	\$ 40,00	\$ 240,00
BREAKER MOTORIZADO SCHNEIDER ELECTRIC	NSX 400N	1	\$ 900,00	\$ 900,00
INVERSOR SMA SUNNY TRIPOWER 25 KW	25000TL	1	\$ 5.412,12	\$ 5.412,12
ROLLO DE CABLE AWG #10		3	\$ 97,44	\$ 292,32
CAJA METÁLICA PARA EMPOTRAR 20X20X15		1	\$ 30,14	\$ 30,14
TUBOS PVC 4 PULGADAS		30	\$ 1,18	\$ 35,40
MANO DE OBRA		1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00

