



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE GUAYAQUIL BLOQUE F DE 50KW**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Daniel Enrique Aguirre Valle

Mildred Alejandra Salas Ibarra

TUTOR: Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, MSc

Guayaquil – Ecuador

2024

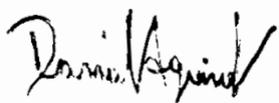
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Daniel Enrique Aguirre Valle con documento de identificación N° 0953701034 y Mildred Alejandra Salas Ibarra con documento de identificación N° 0927817866 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y autorizamos 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, 15 de agosto de 2024.

Atentamente;



Daniel Enrique Aguirre Valle
0953701034



Mildred Alejandra Salas Ibarra
0927817866

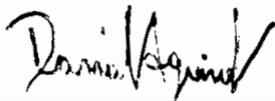
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Daniel Enrique Aguirre Valle con número de identificación N° 0953701034 y Mildred Alejandra Salas Ibarra con número de identificación N° 0927817866, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de lo que somos autores del Proyecto Técnico: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL BLOQUE F DE 50KW”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

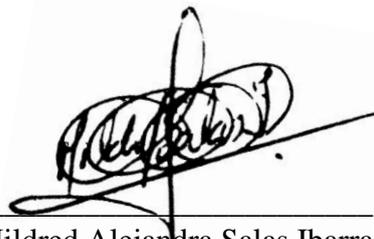
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de agosto de 2024.

Atentamente;



Daniel Enrique Aguirre Valle
0953701034



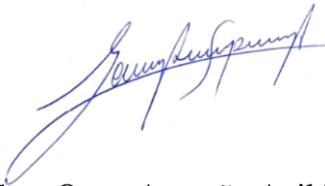
Mildred Alejandra Salas Ibarra
0927817866

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gary Omar Ampuño Avilés con documento de identificación N° 0922639752 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL BLOQUE F DE 50KW”, realizado por Daniel Enrique Aguirre Valle con número de identificación N° 0953701034 y Mildred Alejandra Salas Ibarra con número de identificación N° 0927817866, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de agosto de 2024.

Atentamente;



Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, Msc.
0922639752

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amados padres Daniel Aguirre Poveda y María Lourdes Valle Santos, cuya fe inquebrantable en mí y su constante apoyo me han inspirado y motivado a superar cada obstáculo en este camino universitario. Su amor incondicional han sido el pilar fundamental en carrea y me dieron la fuerza necesaria para seguir adelante con mis metas.

Gracias Mamá y Papá por ser parte esencial en mi objetivo universitario. Esta tesis es tanto mía como de ustedes.

Daniel Enrique Aguirre Valle

A mis amados hijos, Jhair e Ittai Olea,

Este trabajo es el resultado de años de esfuerzo, dedicación y perseverancia. Cada página refleja no solo el conocimiento adquirido, sino también el amor y el compromiso que tengo hacia ustedes. Ustedes son mi mayor inspiración, mi fuerza en los momentos difíciles y la razón por la cual nunca me rendí.

Quiero que sepan que todo lo que hago es por y para ustedes. Este logro es tan suyo como mío, y espero que al ver lo que he alcanzado, encuentren el valor y la motivación para perseguir sus propios sueños con la misma pasión y dedicación.

A mi madre, Herminia de las Mercedes Ibarra Chávez, por su inquebrantable apoyo y sabiduría. Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro, por estar siempre ahí para mí, y por darme tu amor sin condiciones.

A mi hermana, Raquel Salas Ibarra, mi confidente y compañera en este viaje. Tu constante ánimo y tus palabras de aliento fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi tía Zoraida Salas y su familia, quienes han sido pilares fundamentales en mi formación como profesional. Su apoyo incondicional, su ejemplo de dedicación, y su cariño han sido una fuente constante de inspiración para mí.

Este logro no habría sido posible sin el apoyo, amor y bendiciones de todos ustedes. Les dedico esta tesis con todo mi corazón.

Mildred Alejandra Salas Ibarra

AGRADECIMIENTO

Me es grato expresar mi sentimiento de gratitud principalmente a Dios por darme la sabiduría para alcanzar mi objetivo propuesto.

Mi agradecimiento y reconocimientos a mis padres Daniel Aguirre Poveda y María Lourdes Valle Santos, a mi hermana Lady Aguirre Valle, quienes estuvieron presente constantemente guiándome y alentándome en mi vida como estudiante universitario, a mi tío Fernando Zerna por su orientación, guía en el desarrollo y finalización de este trabajo.

Agradezco a todos los docentes de la facultad por impartir sus conocimientos de enseñanza para desenvolverme profesionalmente a mis compañeros de aulas por ser siempre perseverantes con todos los objetivos planteados.

A todos ustedes, mis más profundos agradecimientos. Esta tesis no habría sido posible sin su colaboración y apoyo.

Daniel Enrique Aguirre Valle

Primero que nada, quisiera agradecer a Dios por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia para realizar este trabajo, por ser una luz en mi oscuridad, por Su guía y bendiciones, por estar siempre a mi lado, y sin Su ayuda esta meta no habría sido posible.

Gracias a mis hijos, por ser mi inspiración cada día, por llenarme de fuerzas cuando más lo necesitaba. Por su amor y su paciencia, que me dan esperanza de una vida mejor para nosotros.

Mildred Alejandra Salas Ibarra

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I.....	1
1.1. TÍTULO	1
1.2. INTRODUCCIÓN.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1. Beneficios financieros.....	4
1.4.2. Impacto en el medio ambiente.....	5
1.4.3. Beneficios educativos.....	5
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5

1.6.	BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA.....	7
1.7.	OBJETIVOS.....	7
1.7.1.	Objetivo General	7
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	8
1.8.	METODOLOGÍA Y MEDIOS	8
1.8.1.	Análisis de demanda y determinación de necesidades energéticas.....	8
1.8.2.	Estudio de viabilidad técnica.....	9
1.8.3.	Diseño eléctrico y de sistemas optoelectrónicos.....	9
1.8.4.	Estudio de viabilidad económica (costos y análisis financieros)	9
1.8.5.	Programas y Licencias	9
1.8.6.	Implementación	10
1.8.7.	Probando y comisionando	10
1.8.8.	Documentos e informes.....	10
	CAPÍTULO II.....	11
2.1.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	11
2.2.	SISTEMA FOTOVOLTAICO	15
2.2.1.	Inversor	16
2.2.2.	Panel solar	17
2.2.3.	Protección en DC	18
2.2.5.	Sistema bidireccional	19
2.2.6.	Medidor bidireccional.....	20
2.2.7.	Normativa ARCERNNR-001/2021	21

2.2.8.	Normativa ARCERNNR-001/2021	21
2.3.	GRANJA SOLAR	21
2.4.	CONDUCTORES CC.....	22
2.5.	CONDUCTORES CA	23
2.6.	CAÍDA DE TENSIÓN	24
2.7.	CONDUCTIVIDAD	24
2.8.	SGDA.....	25
CAPÍTULO III.....		28
3.1.	DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO	28
3.1.1.	Descripción general	28
3.1.2.	Datos generales informativos	28
3.2.	DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	29
3.2.1.	Estudio de irradiación solar	29
3.3.	RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN PVSYST.....	33
3.4.	DISPOSICIÓN DE PANELES	34
3.5.	COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN DE STRING A INVERSORES	34
3.6.	INCLINACIÓN Y ESPACIO MÍNIMO DE SEPARACIÓN.....	35
3.6.1.	Estructura de soporte.....	39
3.7.	CÁLCULO DE PROTECCIONES	43
3.7.1.	Protecciones CC.....	43
3.7.2.	Protecciones CA.....	43
CAPÍTULO IV		45

4.1.	ANÁLISIS Y RESULTADOS:	45
4.1.1	Cálculo de ahorro en emisiones CO2	45
4.1.2.	Cálculo de pérdidas	45
4.1.3.	Pérdidas por tolerancia de los módulos	46
4.1.4.	Pérdidas por suciedades acumuladas en los módulos	46
4.1.5.	Pérdidas por cables de CC y CA	46
4.1.6.	Pérdidas por inversor	47
4.2.	PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	47
4.2.1.	Mantenimiento preventivo básico	47
4.2.2.	Mantenimiento especializado	48
4.2.3.	Presupuesto referencial	48
4.3.	COMPUTOS MÉTRICOS	50
4.4.	ANÁLISIS FINANCIERO	52
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES:	56
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1: Gráfico de control de consumo de energía.....	3
FIG 2: Gráfico de control de índice de consumo	3
FIG 3: Gráfico de energía y horas ocupadas.....	4
FIG 4: Ubicación en Google Earth.....	6
FIG 5: Inversor de Corriente de 12V a 110V - 750W.	16
FIG 6: Paneles Solares instalados en una vivienda.....	17
FIG 7: Microgrid conectada a red de paneles solares.	19
FIG 8: Granja solar con tecnología de eficiencia energética	22
FIG 9: Esquema de disposición de paneles.....	30
FIG 10: Ubicación y azimut del edificio	31
FIG 11: Resultado de simulación en software.....	33
FIG 12: Diagrama de paneles en posición horizontal.....	36
FIG 13: Diagrama de paneles en posición vertical	37
FIG 14: Gráfico 3D.....	38
FIG 15: Panorama de la zona donde se realizará el proyecto planteado	39
FIG 16: Representación de los módulos solares según su posición	40
FIG 17: Cuadro de valores ELECTRO CABLES	41
FIG 18: Cuadro de valores de conductores ELECTRO CABLES	42
FIG 19: Panel de climatización.....	44
FIG 20: Diagrama de planta existente	49

FIG 21: Diagrama de propuesta de planta..... 49

FIG 22: Diagrama Unifilar 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cálculos de antecedentes.....	2
Tabla 2: Lista preliminar de beneficiarios	27
Tabla 3: Detalles de consumo	27
Tabla 4: Ubicación del proyecto	28
Tabla 5: Diseño del sistema.....	29
Tabla 6: Datos de instalador	29
Tabla 7: Clasificación por grupo y cantidad	30
Tabla 8: Datos de panel.....	31
Tabla 9: Datos de inversor	32
Tabla 10: Conexión de módulos	34
Tabla 11: Cuadro de comprobaciones	35
Tabla 12: Datos de modelo de módulos solares.....	39
Tabla 13: Conductividad según el material.....	40
Tabla 14: Cálculo de conductores en corriente continua.....	40
Tabla 15: Datos de inversores.....	42
Tabla 16: Cálculo de protecciones.....	44
Tabla 17: Cuadro de emisiones de CO2	45
Tabla 18: Balances y resultados principales	46
Tabla 19: Resumen del rendimiento global del sistema	47
Tabla 20: Cálculo de área por rubro	50

Tabla 21: Cuadro de estructuras.....	50
Tabla 22: Área de cubierta según rubro.....	50
Tabla 23: Cuadro de recorrido de conductores fotovoltaicos hasta los inversores	50
Tabla 24: Datos de instalación.....	51
Tabla 25: Cálculo de consumo local del sistema fotovoltaico	52
Tabla 26: Flujo de caja acumulado.....	53

RESUMEN

El presente trabajo busca desarrollar un sistema fotovoltaico de 50 kW para el Bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana, en la sede Guayaquil, empleando el software PVsyst. El diseño del proyecto tiene como fin disminuir el uso de energía eléctrica convencional en la institución, promoviendo la sostenibilidad ambiental.

Este estudio abarca desde la evaluación de la viabilidad técnica y económica del proyecto hasta la selección y dimensionamiento de los componentes del sistema, asegurando que se cumplan las normativas y estándares de seguridad. Además, este proyecto se destaca como un modelo de sostenibilidad, mostrando que las inversiones en energía limpia no solo aportan beneficios ecológicos, sino que también son económicamente viables. A través del cálculo de las cargas, la determinación de las dimensiones de los espacios, y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se recopilan los datos necesarios, que luego se comparan con los resultados obtenidos mediante simulaciones en programas especializados.

Con los resultados de este proyecto, se espera que la implementación del sistema fotovoltaico no solo reduzca considerablemente la huella de carbono de la universidad, sino que también actúe como una herramienta educativa, promoviendo una mayor conciencia y responsabilidad ambiental entre estudiantes y personal académico. Además, se consideran aspectos normativos y de seguridad para garantizar que el diseño propuesto cumpla con los estándares nacionales e internacionales aplicables a este tipo de instalaciones.

A partir de los cálculos y las simulaciones realizadas, se concluyó que el consumo energético se redujo en un 84.96%, lo que representa un ahorro de 68.118 kWh/año. La inversión inicial fue de [monto de la inversión], con un periodo de recuperación estimado en 4 años.

Palabras clave: protecciones eléctricas, inversores, módulo solar, sistema fotovoltaico, flujo de carga.

ABSTRACT

This work seeks to develop a 50kW photovoltaic system for Block F of the Salesiana Polytechnic University, at the Guayaquil headquarters, using the PVsyst software. The purpose of the project design is to reduce the use of conventional electrical energy in the institution, promoting environmental sustainability.

This study ranges from the evaluation of the technical and economic feasibility of the project to the selection and sizing of the system components, ensuring that safety regulations and standards are met. Furthermore, this project stands out as a model of sustainability, demonstrating that investments in clean energy not only provide ecological benefits, but are also economically viable. Through the calculation of the loads, the determination of the dimensions of the spaces, and the sizing of the photovoltaic system, the necessary data is collected, which is then compared with the results obtained through simulations in specialized programs.

With the results of this project, it is expected that the implementation of the photovoltaic system will not only considerably reduce the university's carbon footprint, but will also act as an educational tool, promoting greater environmental awareness and responsibility among students and academic staff. In addition, regulatory and safety aspects are considered to ensure that the proposed design complies with national and international standards applicable to this type of facilities.

From the calculations and simulations carried out, it is concluded that energy consumption is reduced by 84.96%, which represents a saving of 68,118 kWh/year. The initial investment was [investment amount], with an estimated payback period of 4 years.

Keywords: electrical protections, inverters, solar module, photovoltaic system, load flow.

CAPÍTULO I

1.1. TÍTULO

Diseño de un sistema fotovoltaico para la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil Bloque F de 50kW.

1.2. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la búsqueda de fuentes de energía renovables y sostenibles se ha vuelto una prioridad global debido a los crecientes desafíos ambientales y energéticos. En este escenario, la energía solar fotovoltaica se presenta como una opción viable y eficaz para la generación de electricidad limpia y sostenible. La Universidad Politécnica Salesiana, consciente de la importancia de adoptar tecnologías que favorezcan la sostenibilidad, ha decidido evaluar la viabilidad de instalar un sistema fotovoltaico en su sede de Guayaquil.

Este trabajo de tesis se centra en el diseño de un sistema fotovoltaico de 50 kW para el Bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana, en la sede Guayaquil. El objetivo de este diseño es no solo cubrir una parte de la demanda energética de la universidad, sino también servir como un modelo educativo y un referente para futuras instalaciones similares en la región.

Este estudio conlleva la evaluación inicial de la viabilidad técnica y económica del proyecto hasta el diseño detallado del sistema, incluyendo la selección de los componentes, el dimensionamiento del sistema y la estimación de la producción de energía. Asimismo, se consideran aspectos normativos y de seguridad para garantizar que la implementación del sistema cumpla con los estándares establecidos.

Este proyecto no solo contribuirá a la reducción de la huella de carbono de la universidad, sino que también permitirá a los estudiantes y al personal académico familiarizarse con las tecnologías renovables, fomentando así una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental dentro de la comunidad universitaria.

El presente trabajo se encuentra dividido de la siguiente manera; en el primer capítulo se expone sobre la introducción, planteamiento del problema, justificación, delimitación del problema, beneficiarios de nuestra propuesta, objetivos generales y específicos, metodología y medios.

En el segundo capítulo se realizó un estudio de los trabajos similares a este para así detallar la novedad científica de nuestro proyecto.

En el tercer capítulo se detalla el procedimiento, los cálculos y simulaciones de nuestra propuesta. Y en el cuarto capítulo exponemos los resultados obtenidos y las conclusiones a las que llegamos por medio de nuestro trabajo.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de electricidad en el Bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, ha sido constantemente elevado (como se detalla en los anexos), lo que ha provocado un impacto financiero significativo para la institución, volviendo la situación insostenible. Dada su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia energética, la Universidad Politécnica Salesiana identificó la necesidad urgente de buscar soluciones para reducir estos costos de consumo energético. En este contexto, la implementación de sistemas fotovoltaicos se plantea como una alternativa viable para garantizar un suministro energético confiable y económico. La búsqueda de la eficiencia económica también contribuye a la sostenibilidad ambiental y la independencia energética de la universidad.

Tabla 1: Cálculos de antecedentes

Fuente: Los autores

MES	KW-H	horas ocupadas	kWh/Horas ocupadas	Prom kWh	Prom+3DesvStd	Prom- 3DesvStd	Prom IC	Prom+3DesvStd	Prom- 3DesvStd
6/11/2023	2185	70	31.2143	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
7/12/2023	2413	60	40.2167	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
6/1/2024	2597	85	30.5529	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
5/2/2024	2774	72	38.5278	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
6/3/2024	3014	87	34.6437	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
5/4/2024	3200	92	34.7826	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
5/5/2024	2185	84	26.0119	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
4/6/2024	2413	58	41.6034	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
4/7/2024	2597	85	30.5529	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
3/8/2024	2774	66	42.0303	3,736.00	4,738.02	2,733.98	50.0195	66.3759	33.6631
Total	26152.00	759.00	350.1366						
Promedio	3736.00	31.63	50.0195						
Desv. Std.	334.01		5.4521						
Valor máximo	4738.02		66.3759						
Valor mínimo	2733.98		33.6631						
% E. No Asoc.	0.26								

A continuación, se presenta un gráfico que muestra el control de consumo de energía. El cual ayuda a gestionar y optimizar el uso de la energía en un sistema.

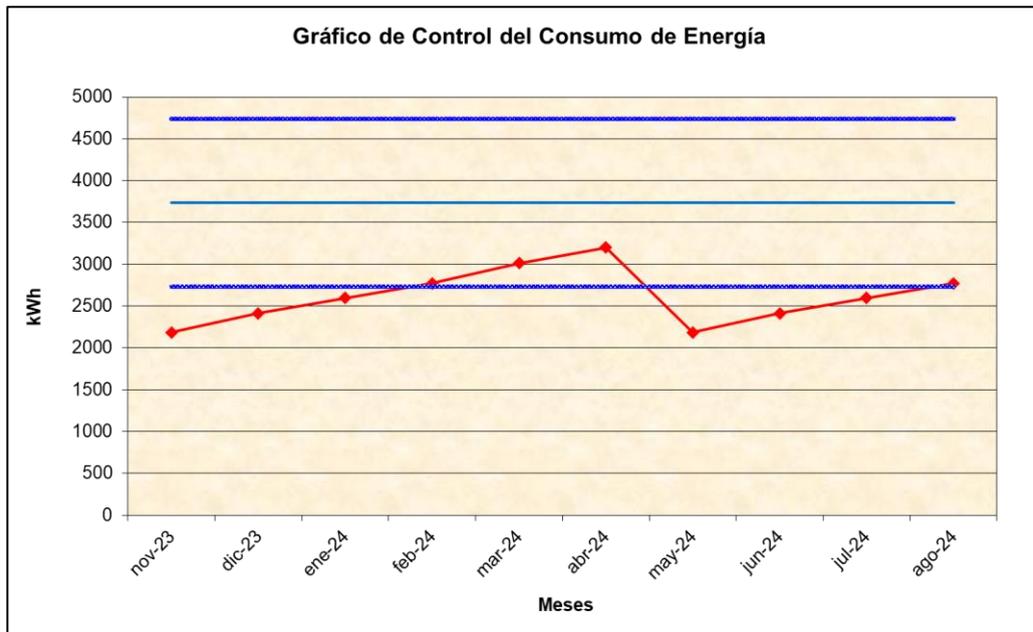


FIG 1: Gráfico de control de consumo de energía.

Fuente: Los autores

De la misma forma, presentamos un gráfico que indica el control del índice de consumo, con la cual podemos medir la cantidad de energía consumida por unidad de tiempo (en este caso mensual).

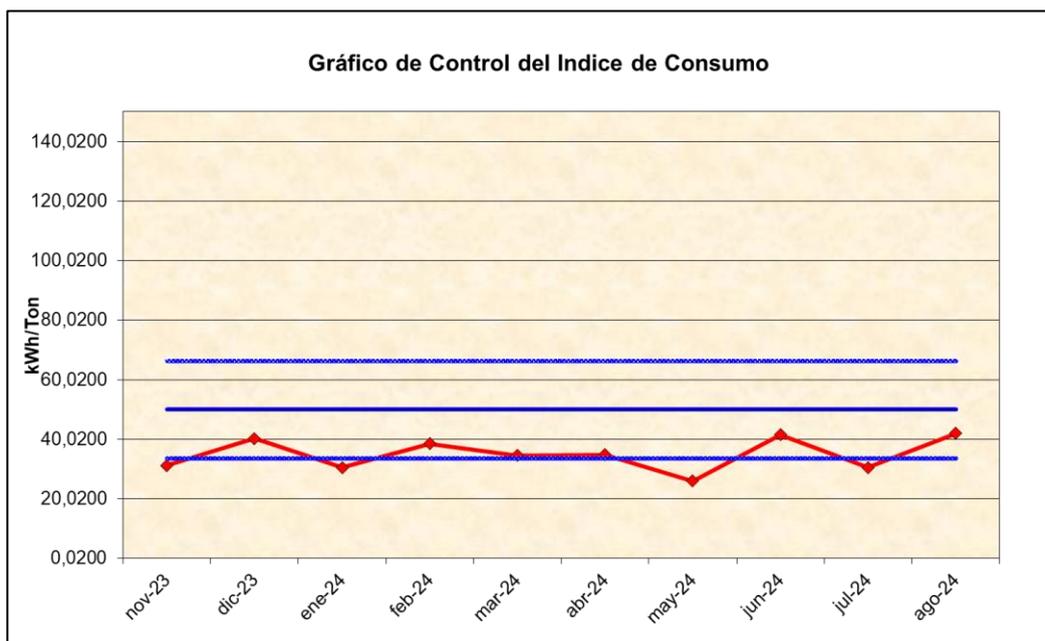


FIG 2: Gráfico de control de índice de consumo

Fuente: Los autores

Y así mismo, se presenta un gráfico de energía y horas ocupadas, lo cual permite observar la distribución del consumo de energía a lo largo del tiempo, ya sea durante un día, una semana o un mes.

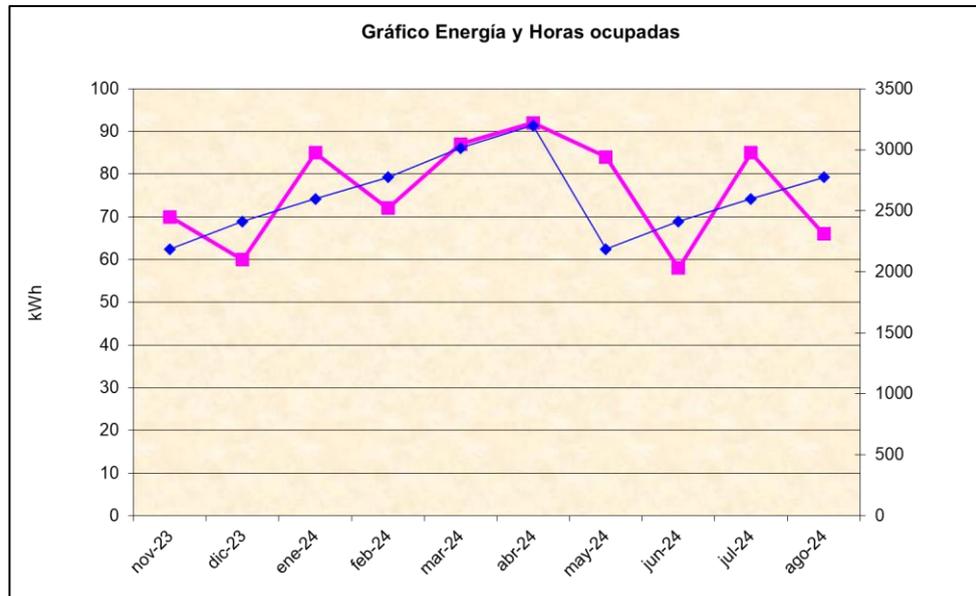


FIG 3: Gráfico de energía y horas ocupadas

Fuente: Los autores

1.4. JUSTIFICACIÓN

La implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas universitarias se justifica en base a diversos factores que abarcan los ámbitos de responsabilidad económica, ambiental, educativa y social. A continuación, se detallan las razones de enseñanza en varias disciplinas, incluidas la ingeniería, las ciencias ambientales y la economía.

1.4.1. Beneficios financieros

Reducir los costes energéticos: La instalación de paneles solares puede reducir significativamente la factura eléctrica de una universidad. Al generar su propia electricidad, la universidad reduce su dependencia de la red y los costos asociados, especialmente cuando los precios de la energía fluctúan o aumentan, contando también con incentivos y subsidios ya que el gobierno ofrece una reducción de USD 0,13 kW/hora con la tasa deducible del 7 %, el CF (factor de capacidad) = 15 %, mientras que con la tasa deducible del 10 %, CF = 20 % el costo de la energía alcanza a USD 0,12 kW/hora, para proyectos de energía renovables.

1.4.2. Impacto en el medio ambiente

La implantación de sistemas fotovoltaicos refuerza el compromiso de la universidad con la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente. Esto es indispensable en la situación actual, cuando existe una creciente conciencia de la necesidad de adoptar prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

1.4.3. Beneficios educativos

La instalación de paneles solares en el campus permite a los estudiantes aprender sobre energías renovables, ingeniería eléctrica y sostenibilidad de una manera práctica y de primera mano. El sistema se puede utilizar como herramienta de enseñanza en varias disciplinas, incluidas la ingeniería, las ciencias ambientales y la economía.

1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Este estudio se centrará en un sistema de paneles solares de 50 kW especialmente diseñado para el bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana, con sede en Guayaquil. Para limitar el alcance del proyecto y garantizar un análisis detallado y preciso, establezca los siguientes límites:

- Localización geográfica:

El estudio se realizará únicamente en la sede de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, enfocándose en el bloque F. No se incluirán otros barrios otras ubicaciones dentro de la universidad.

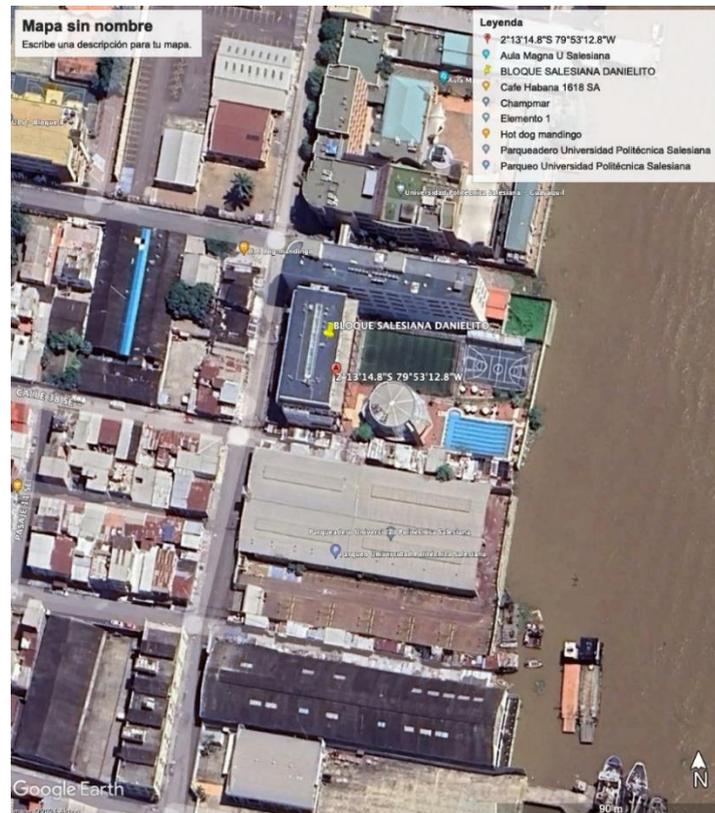


FIG 4: Ubicación en Google Earth

Fuente: Los autores

- Alimentación del sistema:

La capacidad de diseño del sistema fotovoltaico es de 50 kW, elegida en base a un análisis preliminar de demanda de energía en el bloque F.

Esta capacidad se consideró suficiente para cubrir la mayor parte del consumo eléctrico de la zona dentro de las limitaciones de espacio y presupuesto.

- Componentes del sistema:

El proyecto incluirá todos los componentes fundamentales para asegurar el funcionamiento del sistema fotovoltaico, como paneles solares, inversores, sistemas de montaje, cableado y dispositivos de protección. No se tomarán en cuenta complementos adicionales que no sean esenciales para el funcionamiento básico del sistema.

- Supervisión:

El diseño del sistema estará de acuerdo con las normas y regulaciones locales, nacionales e internacionales aplicables a la instalación del sistema fotovoltaico.

Se tendrán en cuenta las normas de seguridad eléctrica y las recomendaciones de las autoridades reguladoras pertinentes.

- Limitaciones técnicas:

El diseño del sistema tendrá en cuenta las limitaciones técnicas específicas del bloque F, incluida la disponibilidad de espacio, la orientación e inclinación óptimas para la instalación de paneles solares y la integración con la infraestructura eléctrica existente.

Al definir el problema de esta manera, se buscó asegurar que el estudio fuera manejable y que los resultados obtenidos fueran específicos y aplicables a las necesidades del bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana, con sede en Guayaquil.

Esto permitirá una implementación más eficiente y un análisis detallado de los principales aspectos del diseño del sistema fotovoltaico.

1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA

Entre los beneficiarios del trabajo investigativo planteado se encuentran:

- Los autores, quienes consolidarán y reforzarán sus conocimientos, avanzando en su camino hacia la obtención del título de Ingeniero en Electricidad.
- La Universidad Politécnica Salesiana, que sumará un nuevo proyecto de investigación a su destacada trayectoria y obtendrá reconocimiento adicional por formar y graduar a profesionales de alto nivel.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema fotovoltaico de 50 kW en la “Universidad Politécnica Salesiana” sede Guayaquil bloque F, mediante el software PVsyst para reducir el consumo eléctrico convencional y promover la sostenibilidad ambiental de la institución.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento del área, utilizando herramientas de medición con el fin de ver la proyección de sombras para la instalación de los paneles solares.
- Elaborar un diagrama unifilar utilizando los datos obtenidos en los cálculos de medición para la generación del sistema
- Seleccionar tecnología y equipamientos fotovoltaicos realizando estimaciones de costos en el mercado, para mayor eficacia del sistema dando así el ahorro de energía proyectado.
- Simular el diseño del sistema fotovoltaico de 50 kW ingresando los datos del proyecto en el software PVsyst, ejecutando simulaciones para evaluar el rendimiento y la producción de energía del sistema.

1.8. METODOLOGÍA Y MEDIOS

El desarrollo de una planta de energía solar de 50 kW para la Universidad Politécnica de Salesiana en el Bloque F, sede en Guayaquil, requirió un enfoque estructurado [1].

Un posible enfoque se describe a continuación:

1.8.1. Análisis de demanda y determinación de necesidades energéticas

- Determinación del consumo actual del bloque F de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Recopilación de datos: recopilación de facturas de servicios públicos de los últimos 6 meses para determinar los patrones de uso.
- Determinación de las necesidades energéticas.
- Cálculo de la demanda: estima la carga máxima y el consumo total de energía.
- Perfiles de carga: cree perfiles de carga diarios, semanales y estacionales.

1.8.2. Estudio de viabilidad técnica

- Análisis del lugar y grados de inclinación, evaluación del sitio, analizando la pendiente y orientación del techo y cualquier sombra [2].
- Selección de componentes como los paneles solares según la eficiencia, el costo, la garantía y la reputación del fabricante.
- Elegir un Inversor que coincida con la capacidad del sistema.
- Diseñar la estructura de soporte teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las cargas estructurales [3].

1.8.3. Diseño eléctrico y de sistemas optoelectrónicos

- Personalización de todo el sistema dando el número de paneles, calcular el número de paneles necesarios para alcanzar los 50 kW.
 - Definir la configuración en serie/paralelo de los paneles y el tamaño del inversor.
 - Utilizando un software de simulación (como PVsyst) para optimizar el diseño.
- cree un diagrama eléctrico del sistema.
- Incluye protección contra sobretensiones, cortocircuitos y otros daños.

1.8.4. Estudio de viabilidad económica (costos y análisis financieros)

- Costos de Componentes: Costos detallados de paneles, inversores, estructuras, cableado, etc [4].
- Costos de Instalación: Incluye costos de mano de obra y licencia.
- Retorno de la inversión (ROI): Calcula el período de retorno de la inversión.
- Ahorro: Ahorro estimado en tu factura de luz.
- Subvenciones y financiación: permite evaluar las posibles oportunidades de subvenciones y financiación.

1.8.5. Programas y Licencias

- Regulaciones: Revisar las regulaciones locales para instalaciones solares.
- Permisos: Obtenga los permisos necesarios de las autoridades locales y las compañías eléctricas.

1.8.6. Implementación

- Cronograma: Desarrolle un cronograma de instalación detallado.
- Logística: Planificar la logística de entrega y almacenamiento de componentes.
- Montaje físico: montaje de paneles y piezas según proyecto.
- Conexiones eléctricas: Realice las conexiones y configuraciones eléctricas necesarias.

1.8.7. Probando y comisionando

- Pruebas funcionales: realizar pruebas de rendimiento y seguridad.
- Monitoreo: Implementar sistemas de monitoreo para evaluar la efectividad del sistema.

1.8.8. Documentos e informes

- Manual de Usuario: Crear manuales de operación y mantenimiento.
- Informes: preparar informes periódicos de desempeño y análisis financieros.

CAPÍTULO II

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se desarrolla una búsqueda de trabajos similares al presentado en este proyecto técnico, para así poder mostrar la diferencia con nuestra investigación. Estos fundamentos teóricos tienen como objetivo proporcionar una base sólida para entender el contexto y las teorías que sustentan este estudio.

Eduar J. Mejía Vásquez, en su trabajo, describe cómo diseñó e implementó un sistema fotovoltaico autónomo para el laboratorio de ingeniería mecánica de la Politécnica Amazónica. En los campus universitarios, la confiabilidad y el bajo costo de los servicios eléctricos son esenciales, por lo que se están considerando opciones de generación cercana a la carga, con un enfoque particular en los sistemas fotovoltaicos. Estos sistemas no solo pueden optimizar la distribución de voltaje y asegurar la calidad de la energía, sino que también contribuyen a reducir el impacto ambiental en los campus universitarios.

También se muestra la evaluación y caracterización de los recursos solares in situ en varias pendientes a partir de datos obtenidos de aplicaciones de la NASA, la evaluación de los requisitos de consumo de energía en el laboratorio de ingeniería mecánica y el diseño de cada componente de la célula solar autónoma. Finalmente se realiza un análisis de los proyectos obtenidos y una comparación de los días de autonomía de diferentes subsistemas de almacenamiento [5].

Así mismo los Ingenieros Electricistas, M. Sc Escobar Mejia, Andres, Torres, Carlos Andres, Hincapie Isaza, Ricardo A, asumen que hoy en día los sistemas fotovoltaicos se presentan como una opción de uso de recursos renovables ya que tienen grandes ventajas sobre otros tipos de fuentes de energía. Con el fin de garantizar y verificar la aceptabilidad de la máxima transferencia de potencia los autores realizaron pruebas de aplicación que ilustra dicha metodología mediante el uso de una metodología basada en el algoritmo MPPT (controlador de carga que se utiliza para regular la corriente energética que se suministra a una batería). Un sistema eléctrico consiste principalmente en centrales generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión que transportan la electricidad generada, subestaciones de interconexión o reductoras que regulan la tensión, centros de transformación, y las instalaciones receptoras o interiores donde se consume dicha energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica se realiza en media tensión debido a las limitaciones en el aislamiento de los alternadores. Luego, la energía se transporta en alta tensión para minimizar las pérdidas durante su transporte. La distribución se realiza en media tensión por motivos económicos y para reducir pérdidas adicionales, y en zonas urbanas, se suministra principalmente en baja tensión para garantizar la seguridad de los usuarios. Para que la energía eléctrica llegue desde los centros de generación hasta los centros de consumo, se utilizan redes de distribución tanto en alta como en baja tensión. Estas redes están formadas principalmente por líneas aéreas y subterráneas, tanto de alta tensión (AT) como de baja tensión (BT), y por centros de transformación [6].

Por otro lado, la Ing. Estefanía Caamaño Martín autora de “Edificios Fotovoltaicos Conectados A La Red Eléctrica: Caracterización Y Análisis” nos refiere que los sistemas fotovoltaicos de autoconsumo producen energía limpia y renovable aportando beneficios al sistema eléctrico. Por lo cual estos beneficios incluyen una menor cantidad de inversiones en capacidad de instalación y pérdidas en transmisión y distribución de energía. La energía solar fotovoltaica puede ayudar a equilibrar la curva de demanda cuando iguala el consumo, lo que probablemente suceda con un mayor uso de aire acondicionado y energía inteligente. Debido a su naturaleza descentralizada, gran parte de la energía producida por los edificios fotovoltaicos conectados a la red puede consumirse localmente, evitando las pérdidas asociadas con el transporte de energía.

La doble fijación de precios fomenta la producción durante el día y el consumo durante la noche, lo que puede conducir a un uso más eficiente de la energía. Las políticas de precios varían de un país a otro, lo que afecta el consumo de energía y los patrones de producción. Finalmente, es importante entender no sólo la productividad del EFCR, sino también su nivel de intercambio con la red, es decir, cuánta energía se consume directamente y cuánta energía se inyecta a la red [7]. La sección anterior presenta un enfoque analítico para estimar este equilibrio y validarlo mediante simulaciones basadas en datos reales. La demanda de energía está multiplicando rápidamente dado que los factores como el crecimiento de la población, los cambios en los estilos de vida y las nuevas tecnologías.

Este crecimiento ha desatado un desequilibrio entre la producción y el consumo de electricidad, lo que ha llevado a la dependencia de los combustibles fósiles, el cual representan el 75% de la energía mundial, y a la contaminación y el calentamiento global. En zonas remotas donde la electrificación tradicional es difícil, los sistemas de energía renovable, especialmente los sistemas híbridos (combinación de varias fuentes), son soluciones viables y más confiables.

El cual se centra en mejorar el diseño y el análisis técnico económico de estos sistemas híbridos, incluidas las actualizaciones de modelos y la integración de turbinas hidráulicas.

Además, sugiere formas de optimizar la colocación de estas turbinas y analiza diferentes sistemas de almacenamiento de energía para asegurar un suministro energético competitivo [8]. Mientras que en el artículo titulado “Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi” Paúl Potes y Xavier Proaño; señalan que algo muy importante para la instalación de sistemas fotovoltaicos, es disponer de espacios libres para medir la energía eléctrica que se puede generar a partir de la radiación solar en un área determinada, para que así esta energía pueda ser integrada a la red eléctrica mediante un inversor de manera confiable, segura y sincronizada. Esto lo implementaron en las instalaciones del bloque B de la Universidad Técnica De Cotopaxi con la finalidad de disminuir los costos del servicio eléctrico y la carga sobre el transformador, facilitando así la incorporación de nuevas cargas en la institución y garantizando el autoconsumo de energía durante el funcionamiento habitual del bloque [9].

En cambio, según lo expuesto por los autores Gary Ampuño, Juan Carlos Lata y Francisco Jurado en su artículo titulado “Evaluación de la Eficiencia Energética y la Reducción de Emisiones Atmosféricas mediante la Generación de Electricidad a partir de una Planta de Generación de Energía Solar Térmica” incrementar la generación de energía renovable para mejorar la productividad de un país y electrificar áreas aisladas se ha convertido en una prioridad para muchos gobiernos a mediano plazo. Los centros de investigación están explorando nuevas tecnologías para optimizar el uso de energías renovables e integrarlas en sistemas de generación híbridos. Por tanto, proponen en su trabajo una simulación completa de SCF y PCS, incorporando simultáneamente las variables de temperatura de salida y flujo de aceite, a diferencia de investigaciones anteriores que solo consideraban la temperatura de salida para evaluar plantas de energía.

Además, se analiza el factor de emisión de CO₂ en Ecuador entre 2011 y 2018, destacando cómo la tecnología termo solar puede reducir los riesgos de derrames asociados al transporte de combustibles fósiles por mar [10]. Así mismo, el autor Renso Naranjo Vargas en su proyecto proporciona una guía para diseñar sistemas fotovoltaicos conectados a la red, destinados a apoyar el autoconsumo en unidades habitacionales, considerando los niveles de consumo específicos de las áreas servidas por la Empresa Eléctrica Quito S.A. La guía se fundamenta en la normativa vigente, incluyendo la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21 y la Regulación Nro. ARCONEL 003/18, así como la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE).

La guía se fundamenta en normativas clave, como la Regulación Nro. ARCERNNR 001/21, que establece el Marco Normativo para la Generación Distribuida orientada al Autoabastecimiento de Consumidores Regulados de Energía Eléctrica, elaborada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables [11].

De igual forma en el artículo titulado “Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile” se examina la viabilidad económica de implementar sistemas fotovoltaicos conectados a la red en viviendas de Arica, Chile. Estos sistemas no solo permiten a los residentes generar ingresos vendiendo excedentes de energía y ahorrar en consumo eléctrico, sino que también contribuyen a reducir las emisiones de CO₂. Esta demanda es fundamental para cubrir necesidades humanas básicas y sostener los procesos productivos. Sin embargo, este cambio ha venido acompañado de un rápido aumento en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), debido a la combustión de estos combustibles. Este fenómeno ha planteado desafíos ambientales importantes, dado que el CO₂ es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global y al cambio climático.

La búsqueda de alternativas energéticas más sostenibles y la implementación de políticas para reducir las emisiones son cruciales para mitigar estos impactos negativos mientras se satisface la creciente demanda energética global [12]. Al igual que en el proyecto “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo en zona de estacionamiento de empresa cementera” del autor Edson Effio Velasco, en donde se explica que la matriz energética del Perú se diferencia de otros países por su baja huella de carbono, principalmente debido al uso significativo de energía hidráulica. Sin embargo, para diversificar aún más esta matriz y proteger el medio ambiente, se consideran recursos como la energía eólica, biogás, biomasa y solar. Además, se enfoca en diseñar un sistema solar fotovoltaico autónomo en el área techada del estacionamiento de una empresa dedicada a la producción de cemento. Este enfoque no solo busca mejorar la eficiencia energética del sitio, sino también reducir la huella de carbono asociada a las operaciones de la empresa, contribuyendo así a un entorno más sostenible y energéticamente diversificado [13]. De manera similar a lo descrito anteriormente, el artículo titulado “Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado en un Enfoque Multipropósito” presenta los resultados de una propuesta innovadora para un sistema fotovoltaico de alta eficiencia. Este sistema está diseñado para su implementación a lo largo de una carretera, abordando cuestiones de iluminación, telecomunicaciones y carga de vehículos eléctricos, proporcionando múltiples funcionalidades en una única solución.

La necesidad de un sistema autónomo surge debido a los frecuentes cortes de energía en el país, que afectan la seguridad vial, el impacto ambiental de los vehículos de combustibles fósiles y

la falta de cobertura telefónica en algunas áreas. Para enfrentar estos desafíos, se realizó un análisis detallado de la iluminación utilizando software especializado como DiaLux, garantizando el cumplimiento de los estándares adecuados para diferentes tipos de carreteras. Además, el sistema multipropósito incluye la carga de vehículos eléctricos livianos, respondiendo a la creciente demanda de soluciones más ecológicas [14].

2.2. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es un sistema eléctrico especializado que genera energía a partir de una fuente renovable e inagotable: el sol. Un sistema fotovoltaico comprende diversas tecnologías y dispositivos diseñados específicamente para capturar la energía solar y convertirla en electricidad que puede ser utilizada. Existen dos tipos principales de sistemas fotovoltaicos: los conectados a la red, que se integran con los sistemas eléctricos residenciales e industriales convencionales, y los sistemas autónomos, que están diseñados con baterías para asegurar la continuidad del suministro eléctrico. Esto permite que la energía esté disponible incluso durante la noche o cuando la radiación solar es insuficiente o nula [15]. La configuración de un sistema fotovoltaico depende del consumo habitual del cliente. Esto determina la selección de paneles solares adecuados para captar la energía solar necesaria para el proyecto, así como los demás componentes del sistema. Existen tres tipos de sistemas fotovoltaicos: conectados a la red, aislados e híbridos. Los sistemas híbridos combinan ambos métodos. Las ventajas de los sistemas fotovoltaicos incluyen la reducción de costos eléctricos, el incremento del valor de la propiedad y la independencia energética, todo con un bajo costo de mantenimiento. Para dimensionar un sistema fotovoltaico, se toma en cuenta la demanda energética del usuario y el potencial solar del sitio, considerando el consumo energético, la superficie disponible y el clima. La instalación de un sistema fotovoltaico abarca varias etapas: planificación, adquisición de componentes, montaje, conexión eléctrica y puesta en marcha. Cada una de estas etapas se lleva a cabo meticulosamente para garantizar la eficiencia y la seguridad del sistema [16]. A continuación, se explican los elementos que componen un sistema fotovoltaico.

2.2.1. Inversor

Un inversor (también denominado convertidor de corriente) es un dispositivo cuya función es convertir corriente continua en corriente alterna. Por tanto, es uno de los elementos más esenciales para el uso e instalación de dispositivos y sistemas eléctricos como los paneles solares ya que estos generan corriente continua. Se utilizan para convertir la energía eléctrica generada en los paneles solares, permitiendo su uso en aplicaciones diarias. Además, son esenciales para su integración en sistemas de generadores y baterías de alta potencia, garantizando un suministro eléctrico eficiente y estable, ya que juegan un papel crucial en la optimización y distribución de la energía renovable, asegurando su compatibilidad con los equipos eléctricos convencionales y contribuyendo a la sostenibilidad energética [17].

La ventaja más destacada de los inversores radica en la capacidad de maximizar la producción de energía de cada panel solar de forma independiente. Esto implica que el sistema completo logrará generar una mayor cantidad de energía y operará con un rendimiento más alto en comparación con los sistemas que emplean un solo inversor centralizado. Además, tienen la capacidad de minimizar y aislar las fallas eléctricas, de tal manera que un problema afecte únicamente a un panel específico en lugar de comprometer toda la instalación [18]. Además, el inversor monitorea y administra el rendimiento de la instalación de autoconsumo. Este dispositivo ofrece información en tiempo real sobre la energía generada, además de los parámetros de voltaje y frecuencia de la red. Estos datos son fundamentales para asegurar el funcionamiento óptimo de la instalación y adaptarse a los cambios en la producción de energía renovable, incrementando así su eficiencia y confiabilidad [19].



FIG 5: Inversor de Corriente de 12V a 110V - 750W.

Fuente: [20]

2.2.2. Panel solar

Los paneles solares son dispositivos que convierten la luz solar en energía aprovechable. Su diseño es sencillo, pero altamente eficiente, favoreciendo el autoconsumo y promoviendo la sostenibilidad. En el futuro, se espera que los paneles solares puedan generar electricidad incluso por la noche. Un panel solar está compuesto por varias células unidas sobre una base y cubiertas con un plástico denominado EVA, el cual resiste condiciones y temperaturas extremas, permite el paso de la luz y bloquea los dañinos rayos ultravioleta. Además, los paneles incluyen un inversor esencial para transformar la corriente eléctrica y hacerla utilizable en la vida cotidiana [21].

Los paneles solares, además de las células fotovoltaicas, están compuestos por varios elementos secundarios que completan su estructura. Entre estos se encuentran las capas protectoras delantera y trasera, que proporcionan durabilidad y seguridad. El marco de aluminio se encarga de ensamblar y proteger todos los componentes del panel. Finalmente, los conectores MC4 son esenciales para integrar los paneles solares con el resto del sistema fotovoltaico [22].



FIG 6: Paneles Solares instalados en una vivienda.

Fuente: [23]

El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se basa en el efecto fotoeléctrico, que convierte la energía solar en electricidad, proporcionando energía al sistema mientras permanece conectado al circuito de corriente continua (DC). La potencia del generador fotovoltaico se calcula mediante una ecuación cuyo modelo matemático además de considerar las variables mencionadas previamente, también incluye la capacidad nominal del conjunto de paneles fotovoltaicos ($P_{pv.STC}$ [kW]), que hace referencia a su producción de energía bajo condiciones estándar de prueba [24].

$$P_{PV} = P_{PV.STC} * f_{PV} \left(\frac{G_T}{G_{T.STC}} \right) [1 + \alpha_p (T_c - 25)] \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

P_{PV} : potencia de generador fotovoltaico

$P_{PV.STC}$: capacidad relacionada del conjunto de paneles fotovoltaicos

f_{PV} : factor de reducción fotovoltaico

G_T : radiación solar global solar incidente sobre los paneles en el momento actual

$G_{T.STC}$: radiación solar global solar en condiciones estándar

T_c : temperatura de la célula fotovoltaica en el momento actual

2.2.3. Protección en DC

Las protecciones en corriente continua (DC) son esenciales para asegurar la seguridad y la confiabilidad de los sistemas eléctricos que utilizan este tipo de corriente. A diferencia de los sistemas de corriente alterna (AC), los sistemas de DC poseen características particulares que demandan protecciones especializadas. Estas protecciones incluyen fusibles, interruptores automáticos y dispositivos de protección contra sobretensiones.

Los fusibles se utilizan para prevenir daños en el sistema al interrumpir el flujo de corriente en caso de sobrecarga. Es aconsejable proteger la línea positiva del banco de baterías con fusibles tipo Midi o Mega, adecuados según la corriente. Los interruptores automáticos deben usarse únicamente en bancos de baterías que alimenten inversores capaces de funcionar sin ellas. Para los paneles fotovoltaicos, se recomienda utilizar interruptores automáticos para conexiones en serie. Adicionalmente, los protectores de sobretensión son vitales para evitar daños en los inversores provocados por rayos que pueden generar sobrevoltaje en las líneas del campo solar [25].

2.2.4. Micro grid

Un microgrid, o microrred, es un sistema diseñado para generar y distribuir energía eléctrica de manera autónoma o conectada a la red principal. Su función es abastecer energía a áreas específicas como campus universitarios, complejos industriales, vecindarios, bases militares o comunidades remotas. Ofrece numerosas ventajas en términos de fiabilidad, eficiencia y sostenibilidad. Al integrar diversas fuentes de energía y tecnologías de almacenamiento, y gestionar estos recursos de manera inteligente, los microgrid pueden proporcionar un suministro de energía más seguro y sostenible.

Una microgrid, smart grid o Micro Smart Grid es una red eléctrica descentralizada que incorpora múltiples fuentes pequeñas de energía. Estas redes pueden operar de manera independiente o estar interconectadas con la red principal. Su objetivo principal es incrementar la confiabilidad y eficiencia del suministro eléctrico, ofreciendo un servicio de mayor calidad de manera segura y sostenible, tanto en entornos urbanos como rurales [26].



FIG 7: Microgrid conectada a red de paneles solares.

Fuente: [27]

Las microgrid que operan eficientemente ofrecen un enorme valor a sus usuarios, con el principal beneficio de proporcionar seguridad energética. Como sistemas autosostenibles para la generación y uso de electricidad, las microrredes garantizan un acceso continuo a la energía incluso durante apagones locales. En una época en la que los incendios forestales, tormentas invernales y otros fenómenos meteorológicos extremos causan interrupciones prolongadas en muchas áreas del mundo, la seguridad energética se vuelve invaluable. Las microgrids aseguran que operaciones críticas, como alojamiento, comunicaciones, servicios médicos y transporte eléctrico, puedan mantenerse activas para las comunidades locales [27].

2.2.5. Sistema bidireccional

En el contexto de electricidad, un sistema bidireccional se refiere a un sistema que permite el flujo de electricidad en ambas direcciones. Permite la transferencia de energía en ambas direcciones, lo que proporciona ventajas en términos de flexibilidad, eficiencia y gestión de recursos. Con el avance de la tecnología y las infraestructuras, estos sistemas se vuelven cada vez más cruciales para el desarrollo de redes eléctricas más resilientes, sostenibles y económicamente eficientes.

Se consideran inteligentes las redes bidireccionales, que permiten la transmisión de electricidad en ambos sentidos. Esta capacidad permite que viviendas y negocios no solo consuman energía, sino que también puedan convertirse en productores de electricidad cuando sea necesario. Además, facilita la integración de fuentes de energía renovable y la gestión eficiente de recursos, lo que contribuye a una red eléctrica más flexible y adaptable.

Con el avance tecnológico, estas redes juegan un papel clave en la creación de sistemas energéticos más sostenibles y resilientes, apoyando la transición hacia un futuro energético más eficiente y descentralizado [28].

2.2.6. Medidor bidireccional

Un medidor bidireccional es un dispositivo de medición utilizado en sistemas eléctricos para registrar el flujo de energía en ambas direcciones: desde la red eléctrica hacia el usuario y desde el usuario de vuelta a la red. Este tipo de medidor es fundamental en aplicaciones donde la energía se genera y se consume en ambos sentidos, como en sistemas de energía renovable conectados a la red, que pueden producir energía solar o eólica, y en sistemas con almacenamiento de energía, como baterías. Además de permitir la medición precisa de la energía generada y consumida, el medidor bidireccional facilita la compensación de la energía, la facturación adecuada y la integración eficiente de recursos energéticos distribuidos. Esto contribuye a una gestión más efectiva de la red eléctrica, promueve el uso de energías renovables y ayuda en la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y eficientes.

El medidor bidireccional es un componente esencial en cualquier proyecto de energía renovable a nivel residencial. Este tipo de medidor tiene la capacidad de diferenciar entre la energía suministrada por la CFE y la energía generada por los paneles solares que no es consumida completamente por el usuario. Esta función permite no solo un seguimiento preciso del consumo y la producción de energía, sino también la posibilidad de recibir créditos por la energía excedente que se envía de vuelta a la red.

También apoya la estabilidad de la red eléctrica, al contribuir con energía adicional durante los picos

de demanda. En resumen, el medidor bidireccional es fundamental para maximizar los beneficios económicos y ambientales de los sistemas de energía renovable en el hogar [29].

2.2.7. Normativa ARCERNNR-001/2021

La normativa ARCERNNR-001/2021 en Ecuador regula la instalación y operación de sistemas de generación distribuida que emplean fuentes de energía renovable, como paneles solares y tecnologías similares. Este conjunto de regulaciones define las pautas y requisitos necesarios para que los consumidores generen su propia electricidad para autoconsumo, promoviendo el uso de energías limpias y sostenibles. De acuerdo con esta normativa, los consumidores tienen la opción de instalar sistemas de generación distribuida en sus propiedades, lo que les permite producir electricidad para su propio uso.

Esta capacidad de generación independiente puede reducir la dependencia de la red eléctrica tradicional y ayudar a disminuir las facturas de electricidad. Además, la normativa autoriza la inyección de electricidad excedente en la red pública. Si el sistema de generación distribuida produce más electricidad de la que el consumidor necesita, el excedente puede ser enviado a la red eléctrica general. Este exceso se contabiliza y puede generar créditos o compensaciones para el usuario, de acuerdo con los acuerdos y tarifas establecidos por la normativa.

2.2.8. Normativa ARCERNNR-001/2021

La Normativa NEC-11, parte de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se especializa en las instalaciones eléctricas y electrónicas en edificaciones. Esta regulación establece los criterios técnicos y de seguridad que deben seguirse para asegurar que las instalaciones funcionen de manera segura y eficiente, de acuerdo con las normativas vigentes en Ecuador.

El propósito central de la norma es definir el tratamiento contable correcto para el costo histórico en la cuenta de inventarios. Es fundamental mantener un registro detallado y controlado de los ingresos relacionados hasta su reconocimiento. La norma ofrece guías prácticas para la contabilización de costos y gastos, abarcando también la disminución del valor neto realizable de los inventarios [30].

2.3. GRANJA SOLAR

Una granja solar, también denominada parque solar o planta solar, es una instalación a gran escala destinada a la generación de electricidad mediante la conversión de la luz solar en energía eléctrica. Las granjas solares suelen ocupar extensas áreas de terreno y están equipadas con numerosos paneles solares o espejos que captan y concentran la energía del sol, transformándola en electricidad que puede ser distribuida a la red eléctrica para su uso general. Las granjas solares, también conocidas como parques solares, son instalaciones a gran escala compuestas por numerosos paneles solares que generan electricidad limpia. Las celdas solares modernas convierten entre el 10% y el 20% de la energía solar que captan en electricidad. Cada celda solar produce un voltaje determinado, y un panel solar agrupa múltiples celdas para generar una cantidad significativa de electricidad. Las granjas solares están equipadas con tecnología avanzada que permite a los paneles girar y seguir la posición del sol, optimizando así la captura de la luz solar y evitando desperdiciar ningún rayo. Estas instalaciones pueden cubrir áreas de varias decenas de hectáreas. Además, el uso de energías renovables en granjas solares proporciona independencia energética a los agricultores, especialmente en zonas remotas donde el acceso a la energía convencional es limitado o inexistente [31].



FIG 8: Granja solar con tecnología de eficiencia energética

Fuente: [32]

2.4. CONDUCTORES CC

Los conductores CC son cables diseñados específicamente para transportar corriente continua (CC). Su importancia se debe a su capacidad para mantener un flujo eléctrico constante, sin los cambios de dirección o interrupciones que se observan en la corriente alterna (CA).

Esta característica resulta crucial en aplicaciones que requieren un suministro de energía estable y

sin variaciones, tales como en sistemas de alimentación para dispositivos electrónicos delicados, en el almacenamiento de energía en baterías, y en la transmisión de energía a largas distancias, donde la corriente continua puede ofrecer mayor eficiencia. En el sector industrial, los conductores CC son esenciales para diversas aplicaciones, incluyendo la carga de vehículos eléctricos, sistemas de energía renovable como paneles solares y turbinas eólicas, y en la electrificación de trenes y tranvías. Además, los sistemas que utilizan corriente continua suelen ser más simples en diseño que los sistemas de CA, lo que puede resultar en una mayor fiabilidad y menores costos de mantenimiento a largo plazo. La elección del conductor CC adecuado se basa en factores como la capacidad de corriente, la resistencia eléctrica, la longitud del cable y las condiciones ambientales de instalación. En entornos con temperaturas extremas o alta humedad, es esencial seleccionar conductores con aislamiento y materiales capaces de resistir estas condiciones para evitar su deterioro. Determinar la sección adecuada de un conductor monofásico es crucial para asegurar que el cable pueda manejar la corriente eléctrica sin sobrecalentarse y mantener su eficiencia. La fórmula general para calcular la sección de un conductor es:

$$e = \frac{2LI\cos\phi}{CS} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

S: sección de los conductores en mm²

L: longitud de la línea en ml

I: intensidad en A

C: conductividad del material en (m/Ω mm²)

E: caída de tensión en V

Cosφ: 1

2.5. CONDUCTORES CA

Los conductores CA son cables diseñados específicamente para transportar corriente alterna (CA), la forma de electricidad más comúnmente utilizada en la distribución y suministro de energía en hogares, industrias y comercios. En la mayoría de los sistemas eléctricos, tanto residenciales como industriales, esta alternancia se produce a una frecuencia de 50 o 60 Hz, lo que significa que la corriente cambia de dirección 50 o 60 veces por segundo.

La capacidad de manejar esta alternancia es crucial, ya que permite la utilización de transformadores

para ajustar el voltaje en diferentes etapas del suministro eléctrico.

Esta propiedad es especialmente importante en la transmisión de energía a largas distancias, donde la corriente alterna es preferida debido a su eficiencia en la reducción de pérdidas energéticas.

Para elegir correctamente el conductor eléctrico CA, es crucial determinar cuántos amperios (A) generará el inversor en su salida. Esta corriente puede medirse con un amperímetro, un dispositivo conocido como transformador de corriente (TC) que se coloca alrededor del conductor eléctrico para medir la corriente que fluye a través de él [33].

Para el cálculo de la sección de un conductor se utiliza la siguiente ecuación:

$$e = \frac{1.73LI\cos\phi}{CS} \quad (\text{Ec. 3})$$

2.6. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando se pierde potencial a lo largo de un conductor, principalmente debido a su resistencia interna. Este fenómeno se observa como una disminución del voltaje al final del conductor en comparación con el voltaje inicial aplicado [34]. Una caída de tensión excesiva puede llevar a un incremento en el consumo de energía, ya que los dispositivos intentarán compensar la reducción de voltaje, lo que puede resultar en un aumento de la corriente y, en consecuencia, del consumo energético total.

Para contrarrestar este problema, los ingenieros pueden aplicar varias soluciones, como emplear conductores con una mayor sección transversal, acortar la longitud de los cables, o elegir materiales con menor resistividad. Para el cálculo de la caída de tensión porcentual, se utilizará la siguiente ecuación:

$$E(\%) = \left(\frac{e}{\text{tensión del sistema (V)}} \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

2.7. CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica es una propiedad clave de los materiales que determina su habilidad para permitir el flujo de corriente eléctrica a través de sus partículas. Esta característica es fundamental en la producción de componentes eléctricos y electrónicos, ya que influye directamente en el rendimiento y la eficiencia de los dispositivos y sistemas eléctricos.

La capacidad de conducción de un material está estrechamente relacionada con su estructura atómica

y molecular. Los materiales con átomos que tienen electrones libres en sus capas externas, como los metales, suelen ser excelentes conductores de electricidad. Estos electrones libres, al moverse con facilidad en respuesta a un campo eléctrico, facilitan el flujo de corriente.

En contraste, los materiales con una estructura atómica más rígida o con enlaces covalentes fuertes, como algunos no metales y ciertos compuestos, tienen menos electrones libres y, por ende, son menos eficientes en la conducción eléctrica, siendo clasificados como aislantes [35].

2.8. SGDA

Un SGDA cuyas siglas significan: Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento; se refiere a la implementación de tecnologías y dispositivos que producen energía eléctrica de manera local, ya sea en el mismo sitio donde se consume o en áreas cercanas.

Estos sistemas son cada vez más comunes debido a su capacidad para ofrecer una fuente de energía autónoma y sostenible, reduciendo o eliminando la dependencia de la red eléctrica tradicional. Los sistemas de generación distribuida pueden incorporar diversas tecnologías de generación, como paneles solares, turbinas eólicas, generadores de biomasa, microturbinas hidráulicas y sistemas de almacenamiento de energía en baterías, entre otros. La selección de la tecnología más adecuada depende de factores como la disponibilidad de recursos naturales (sol, viento, agua) y las necesidades energéticas del usuario.

El principal beneficio de un Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento es la capacidad de producir electricidad de manera independiente, lo que no solo reduce los costos de electricidad al disminuir la cantidad de energía comprada a la red pública, sino que también proporciona una mayor seguridad energética. En áreas con suministro eléctrico inestable o propenso a interrupciones, estos sistemas pueden garantizar un suministro constante de energía.

El procedimiento que se debe seguir para la instalación de un SGDA es el siguiente:

1. El solicitante interesado en instalar y operar un SGDA debe solicitar la factibilidad de conexión, la cual será evaluada y aprobada por CENTROSUR, y tendrá una validez de seis meses.
2. Dentro de este plazo, el solicitante deberá solicitar la emisión del Certificado de Habilitación.
3. CENTROSUR, tras aprobar el estudio pertinente, emitirá un informe de aprobación junto con el Certificado de Habilitación.

4. Con la aprobación en mano, el solicitante procederá a instalar el SGDA según el

cronograma acordado y notificará a CENTROSUR para que se realicen las pruebas y se efectúe el cambio en el sistema de medición.

5. Se implementará un sistema de medición bidireccional conforme a los procedimientos establecido.
6. Para iniciar la operación comercial, se procederá a la firma de un nuevo contrato de suministro.

De igual forma es necesario recapitular los requisitos que se piden para lograr una instalación efectiva de un SGDA, los cuales son:

Requisitos Generales:

- Realizar la solicitud de factibilidad de conexión siguiendo las directrices especificadas en el Oficio de Factibilidad de Conexión.
- Rellenar el formulario "Solicitud de Factibilidad de Conexión para Consumidores"
- En caso de que un representante técnico presente la solicitud, es necesario adjuntar el documento que certifique la delegación para la gestión de trámites del SGDA, emitido por el consumidor regulado o su representante legal.
- No tener deudas pendientes con CENTROSUR bajo ningún concepto.
- Requisitos Adicionales Según Modalidades de Autoabastecimiento:

Modalidades 1b y 2b:

- Incluir una copia del documento de designación del Representante Legal, debidamente inscrito según las disposiciones de la Ley de Propiedad Horizontal y su reglamento.
- Proporcionar el nombre completo o la razón social de todos los condóminos, junto con sus números de cédula o RUC, domicilios y cuentas contrato.
- Adjuntar la autorización emitida por el Representante Legal para la instalación del SGDA. Esta autorización debe ser otorgada de manera unánime.
- Establecer el porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada consumidor regulado, determinado por el Representante Legal. La suma de estos porcentajes debe ser del 100% y pueden ser actualizados cada seis meses.
- Completar el formulario Anexo A.1.

Tabla 2: Lista preliminar de beneficiarios

Fuente: [36]

j	Nombre completo	Cédula, pasaporte o RUC	Número de cuenta contrato o de suministro ²	Teléfono convencional o celular	Correo electrónico	Porcentaje de asignación de la producción del SGDA, α_j
1						
2						
.						
.						
.						
n						
Total						100 %

Modalidad 2c:

- Proveer la razón social de todos los consumidores regulados que se beneficiarán de la producción del SGDA, junto con sus domicilios, cuentas contrato, y cualquier otra información que la distribuidora considere necesaria. Los consumidores regulados vinculados al SGDA deben estar registrados con el mismo RUC en sus cuentas contrato.
- Definir el porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada consumidor regulado, con una suma total de 100%, definido por el Representante Legal, y sujeto a actualización cada seis meses.
- Rellenar el formulario Anexo A.2.

Tabla 3: Detalles de consumo

Fuente: [37]

j	Número de cuenta contrato o de suministro ²	Ubicación de los beneficiarios				Teléfono convencional o celular	Correo electrónico	Porcentaje de asignación de la producción del SGDA, α_j
		Provincia	Cantón	Parroquia	Dirección			
1								
2								
.								
.								
.								
n								
Total							100 %	

CAPÍTULO III

3.1. DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO

3.1.1. Descripción general

El proyecto consiste en el desarrollo del cálculo y las especificaciones técnicas para la instalación de un sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica para autoconsumo, sobre la cubierta del edificio de Biblioteca Nueva perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil. Dicho edificio tiene un área aproximada de 1000.00 m², de los cuales 231.74 m² será ocupado por el sistema de módulos fotovoltaicos a una de unos 15.00 m de altura sobre el suelo, el resto de la instalación (inversor, protecciones, etc....) se ubicarán en una caseta ubicada en la cubierta plana del edificio.

El inversor estará integrado en la red interna del productor, de forma que durante las horas en las que la instalación produzca energía, esta sea consumida directamente por la instalación sin pasar por el contador de la compañía. Así, se reducirá el consumo eléctrico del productor desde la red.

3.1.2. Datos generales informativos

El edificio tiene una demanda de 300 kW, de los cuales 50 kW deben ser cubiertos por el proyecto. Los datos de ubicación y de los técnicos responsables son los siguientes:

Tabla 4: Ubicación del proyecto

Fuente: Los autores

Empresa	Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil campus Sur
Coordenada del punto conexión	Lat. -2.22077° Long. -79.88690°

Tabla 5: Diseño del sistema

Fuente: Los autores

Responsabilidad Técnica	Tesistas de la Universidad
Dirección	Gral. Francisco Robles 107, Guayaquil 090101

Tabla 6: Datos de instalador

Fuente: Los autores

Instalador	Tesistas o posible contratista
Teléfono	+593 99 635 4362
Email	daguirrev3@est.ups.edu.ec

3.2. DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

3.2.1. Estudio de irradiación solar

Para el estudio de los datos de irradiación y generación en el lugar de la instalación con el programa de simulación PVSYST, hemos usado los siguientes datos:

- Coordenadas geográficas de instalación:
- Latitud: 2° 13' 14.8" S
- Longitud: 79° 53' 12.8" W
- Elevación: 18 msnm
- Azimut: 80.6°
- Inclinación del panel: 15°

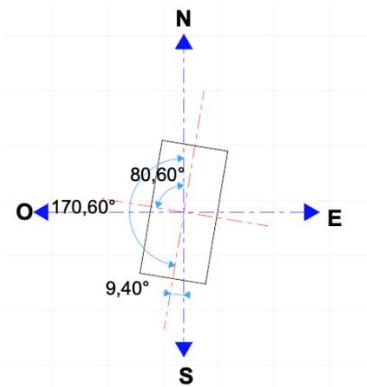


FIG 10: Ubicación y azimut del edificio

Fuente: Los autores.

Los equipos que se utilizarán en la realización de este proyecto son:

Paneles:

Tabla 8: Datos de panel

Fuente: Los autores

Modelo	TIGER NEO N-TYPE 60HL4-(V)
Fabricante	JINKO SOLAR
Tipo de célula	N tipo Monocrystalina
Disposición de las células	120 (6x20)
Tensión nominal (Vmp)	35.38 V
Potencia máxima (Pmax)	480 Wp
Intensidad a máxima potencia (Imp)	13.57 A
Tensión a circuito abierto (Voc)	42.71 V
Intensidad a cortocircuito (Isc)	14.31 A
Voltaje máximo del sistema	1000/1500 VDC (IEC)
Eficiencia del módulo STC	22.24 %
Irradiación y temperatura de prueba	1000 W/m ² - 25°C - AM=1.5 (STC)
Tolerancia de potencia	0~+3%
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.29 %/°C
Tipo de vidrio	Templado de 3,2mm antirreflejo de alta transmisión y bajo en hierro
Tipo de marco	Aleación de Aluminio anodizado
Alto	1903 mm
Ancho	1134 mm
Grosor	30 mm
Peso	24.2 kg

Este panel cuenta con los certificados: IEC61215, IEC61730, ISO9001:2015, ISO14001:2015 Y ISO45001:2018.

Inversor:

Tabla 9: Datos de inversor

Fuente: Los autores

Modelo	SYMO ADVANCED 15.0-3 480
Fabricante	FRONIUS
Máxima eficiencia	98.0 %
Eficiencia europea ponderada	97.0 %
Datos de entrada	
Tensión máxima de entrada	1000 V
Rango de Tensión MPP	350-800 V
Maáxima Corriente de entrada de corto circuito admisible (MPPT 1/ MPPT 2)	49.5 A / 37.5 A
Máxima Corriente (MPPT 1+ MPPT 2)	51 A
Máxima potencia FV	12.0 – 19.5 kW
Cantidad de MPPT	2
Datos de salida	
Potencia Máxima de salida (480 V)	14.995 VA
Tensión nominal de salida	480V Delta+N**
Tamaño de conductor de CA admisible	AWG 14 – AWG 6
Interruptor CA recomendado	25 A
Frecuencia nominal de operación	60 Hz
Intensidad máxima de salida	18.0 A
Dimensiones (WxHxD)	511 x 724 x 226 mm
Temperatura Ambiente Admisible	-40 ~ +60 °C
Consumo Nocturno	< 1 W
Peso (incluida ménsula de montaje)	43.4 kg

Cumple con la norma NEC pre-2014, 2014 y 2017

3.3. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN PVSYSY



PVsyst V7.4.7

VCO, Simulation date:
18/06/24 22:26
with V7.4.7

Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
Centenario		Latitude	-2.22 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitude	-79.89 °W		
		Altitude	10 m		
		Time zone	UTC-5		
Weather data					
Centenario					
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Sintético					
System summary					
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings			
PV Field Orientation		Near Shadings		User's needs	
Fixed plane		No Shadings		Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth	15 / 80.6 °				
System information					
PV Array					
Nb. of modules		108 units		Inverters	
Pnom total		51.8 kWp		Nb. of units	3 units
				Pnom total	45.0 kWac
				Pnom ratio	1.152
Results summary					
Produced Energy	68118 kWh/year	Specific production	1314 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.96 %
Table of contents					
Project and results summary					2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses					3
Main results					4
Loss diagram					5
Predef. graphs					6
Single-line diagram					7
Cost of the system					8
CO ₂ Emission Balance					9

FIG 11: Resultado de simulación en software

Fuente: Los autores

Podemos apreciar que necesitaremos paneles y 3 inversores de las características antes indicadas, también vemos que la producción anual será de 68.118 kWh/año y la eficiencia del sistema será del 84.96% estimando las pérdidas, lo cual nos da una producción de 51.8 kWp para cubrir las pérdidas.

$$\text{Producción} = 108 \text{ paneles} \times 480 \text{ wp}$$

$$\text{Producción} = 51.840 \text{ wp}$$

$$\text{Producción} = 51.84 \text{ kWp}$$

3.4. DISPOSICIÓN DE PANELES

Para la distribución de los paneles y su tipo de conexión (serie o paralelo) es preciso tomar en cuenta la capacidad de entrada de tensión y de corriente que soportan los inversores, en el caso del modelo a usar, estos poseen dos MPPT, según estas consideraciones se hicieron los grupos o string de paneles, calculo expresado en el siguiente cuadro:

Tabla 10: Conexión de módulos

Fuente: Los autores

string	Capacidad del panel			Cantidad paneles	disposición	tension (V)	Intensidad (A)	MPPT del inversor	Potencia (W)
	Pmax (W)	Vmpp (V)	Impp (A)						
String 1	480	35.38	13.57	21	Serie	742.98	13.57	MPPT 1-1	10,082.24
String 2	480	35.38	13.57	15	Serie	530.7	13.57	MPPT 2-1	7,201.60
String 3	480	35.38	13.57	20	Serie	707.6	13.57	MPPT 1-2	9,602.13
String 4	480	35.38	13.57	15	Serie	530.7	13.57	MPPT 2-2	7,201.60
String 5	480	35.38	13.57	15	Serie	530.7	13.57	MPPT 1-3	7,201.60
String 6	480	35.38	13.57	22	Serie	778.36	13.57	MPPT 2-3	10,562.35

108

Se usó la conexión de módulos en serie para tener una baja intensidad de corriente y mantenerla en 13.57 A, que es lo producido por cada panel. Esto a fin de mantener diámetros de conductores bajos.

3.5. COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN DE STRING A INVERSORES

Para estar seguros de que la energía producida por cada String no sobrepase las características del inversor a usar, haremos las comprobaciones de entrada al inversor según las características que presente y la tensión e intensidad generada por cada String:

Tabla 11: Cuadro de comprobaciones

Fuente: Los autores

inversor	MPPT	string	datos del panel				datos de entrada al inversor			estado
			datos	valor	disposición	# paneles	tipo de comprobación	valor de entrada	valor que admite el inversor	
I-1	MPPT 1-1	1	Vmpp	35.38	serie	21	tensión en MPPT (Vmpp)	742.98	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	896.91	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE
	MPPT 2-1	2	Vmpp	35.38	serie	15	tensión en MPPT (Vmpp)	530.7	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	640.65	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE
I-2	MPPT 1-2	3	Vmpp	35.38	serie	20	tensión en MPPT (Vmpp)	707.6	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	854.2	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE
	MPPT 2-2	4	Vmpp	35.38	serie	15	tensión en MPPT (Vmpp)	530.7	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	640.65	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE
I-3	MPPT 1-3	5	Vmpp	35.38	serie	15	tensión en MPPT (Vmpp)	530.7	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	640.65	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE
	MPPT 2-3	6	Vmpp	35.38	serie	22	tensión en MPPT (Vmpp)	778.36	350 < Vmpp <800	CUMPLE
			Voc	42.71			tensión de entrada al inversor (Voc)	939.62	Voc < 1000 v	CUMPLE
			Imp	13.57			corriente de entrada a MPPT (Imp)	13.57	Imp < 51 A	CUMPLE
			Isc	14.31			corriente a corto circuito en MPPT (Isc)	14.31	Isc < 49,5 A	CUMPLE

3.6. INCLINACIÓN Y ESPACIO MÍNIMO DE SEPARACIÓN

Los paneles serán dispuestos en el área de la terraza que este libre, ya que aquí también tenemos los condensadores del sistema de aire acondicionado, un tragaluz, una área cubierta para los tableros de protecciones y una antena. En el área de los tableros se remodelará para que pueda albergar los inversores y las protecciones del sistema fotovoltaico. La inclinación de los paneles es mínima (15°) pero igual hicimos el cálculo de sombreado para determinar la separación mínima de estos. El criterio usado para definir la distancia entre un obstáculo y un módulo es que dicho obstáculo no proyecte su sombra sobre el panel a medio día el día en el que el sol esta más bajo, para este efecto usaremos la siguiente expresión:

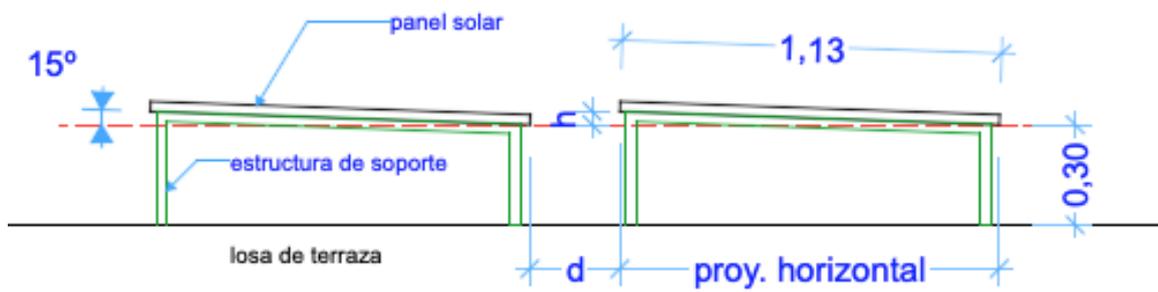


FIG 12: Diagrama de paneles en posición horizontal

Fuente: Los autores

Datos:

- Ancho panel: 1.13m
- Longitud: 1.90m
- Latitud: -2.22°

$$d = h \times K$$

$$d = h \times \left[\frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \right]$$

$$h = \text{sen}(15^\circ) \times 1.13\text{m}$$

$$h = 0.29\text{m}$$

$$d = 0.29 \times \left[\frac{1}{(\tan(61^\circ - 2.22^\circ))} \right]$$

$$d = 0.01\text{m}$$

Cada fila tendrá una separación de 0,05m entre cada una, por facilidad de mantenimiento y disipación del calor.

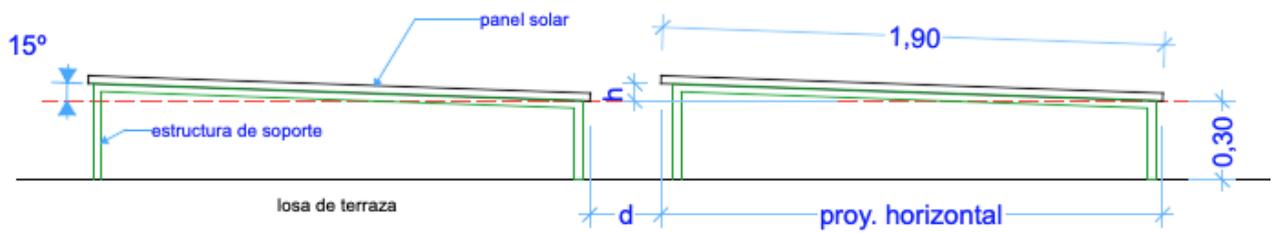


FIG 13: Diagrama de paneles en posición vertical

Fuente: Los autores

Datos:

- Ancho panel: 1.13m
- Longitud: 1.90m
- Latitud: -2.22°

$$d = h \times K$$

$$d = h \times \left[\frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \right]$$

$$h = \text{sen}(15^\circ) \times 1.90\text{m}$$

$$h = 0.49\text{m}$$

$$d = 0.49 \times \left[\frac{1}{(61^\circ - 2.22\text{m})} \right]$$

$$d = 0.008\text{m}$$

Cada fila tendrá una separación de 0.05m entre cada una, por facilidad de mantenimiento y disipación del calor.

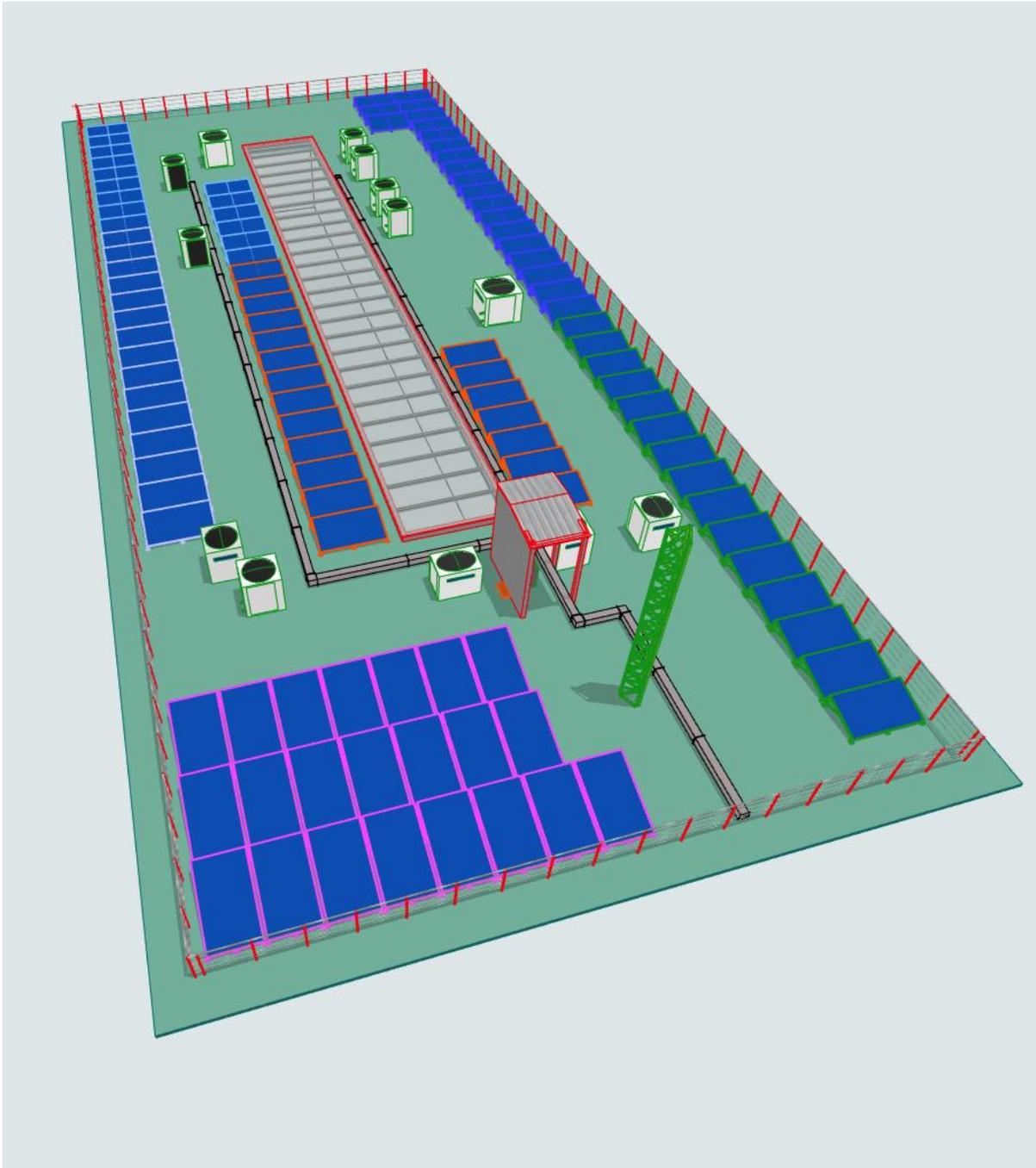


FIG 14: Gráfico 3D

Fuente: Los autores



FIG 15: Panorama de la zona donde se realizará el proyecto planteado

Fuente: Los autores

3.6.1. Estructura de soporte

La estructura de soporte será de perfiles metálicos, de aluminio de alta resistencia. Colocados y asegurados sobre la losa de hormigón de cubierta mediante tornillos. Este sistema es auto portable usado para terrazas que admiten poca carga.

Tabla 12: Datos de modelo de módulos solares

Fuente: Los autores

Modelo	CSwind-sistema autoportante
Fabricante	CSolar
Material estructura	Perfileria de aluminio de alta resistencia (6082-T6)
Rango de inclinación	Entre 15°
Tornilleria	Acero inoxidable A2



FIG 16: Representación de los módulos solares según su posición

Fuente: Los autores

Para el cableado del campo de paneles fotovoltaicos usaremos cable sólido solar fotovoltaico PV WIRE de aluminio con aislamiento XLPE a una temperatura máxima de servicio de 90°C, cuidando que la caída de tensión de CC sea inferior al 1.5% (preferible que sea del 0.50%). Para determinar la conductividad según el material, vamos a basarnos en la siguiente tabla:

Tabla 13: Conductividad según el material

Fuente: Los autores

TEMPERATURA en (°C)		70°	90°
TIPO DE AISLAMIENTO		PVC	XLPE ó EPR
MATERIAL	<i>COBRE</i>	48	44
	<i>ALUMINIO</i>	30	28

Para el cálculo consideramos la conexión y las agrupaciones de los paneles, en nuestro caso como las conexiones son en serie la intensidad de cálculo es la intensidad de un panel incrementando el factor de seguridad de 1.25% ($13.57 \times 1.25 = 16.96$ A), aplicando las fórmulas para estimar la caída de tensión y combinando estos resultados con las tablas de conductores que ofrece Electrocables, usaremos conductores #8 AWG tipo PV WIRE que soportan hasta 45A de intensidad y nos producen una caída entre 0.74 y el 1.09%, lo cual está dentro del rango permisible.

Tabla 14: Cálculo de conductores en corriente continua

Fuente: Los autores

desde	hasta	String	Longitud (m)	Material cable	conductividad C	Vmpp (V)	Imp (A)	Impx1,25	Seccion conductor S (mm2)	Caída tensión e (V)	% e	# conductor a usar	Capacidad corriente (A)
Generador FV	Inversor 1	String 1	40	Cobre	44	742.98	13.57	16.96	8.367	3.69	0.50%	8	55.00
		String 2	40	Cobre	44	530.7	13.57	16.96	8.367	3.69	0.69%	8	55.00
	Inversor 2	String 3	40	Cobre	44	707.6	13.57	16.96	8.367	3.69	0.52%	8	55.00
		String 4	40	Cobre	44	530.7	13.57	16.96	8.367	3.69	0.69%	8	55.00
	Inversor 3	String 5	40	Cobre	44	530.7	13.57	16.96	8.367	3.69	0.69%	8	55.00
		String 6	40	Cobre	44	778.36	13.57	16.96	8.367	3.69	0.47%	8	55.00

El cable por usar tiene recubrimiento de polietileno reticulado (XLPE) de aluminio para 2kV, asilado

con polietileno reticulado (XLPE) a 90°C, resistente a la humedad, calor elevado y luz solar, pudiendo ser usado en lugares húmedos considerando que va a estar al exterior, el calibre 8.36 mm2 a usar soporta una capacidad de corriente de 45 A lo cual es muy superior a los 16.96 A que produce cada String.

CONDUCTOR		No. Hilos	Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o komil)	Sección Transversal (mm ²)					
2 kV tipo PV WIRE AL-8000						
FORMACIÓN SÓLIDO						
10	5.261	1	1.905	6.40	43.30	35
8	8.367	1	2.159	7.58	62.30	45
FORMACIÓN COMPACTADO						
8	8.367	7	2.159	7.72	63.40	45
6	13.3	7	2.159	8.61	83.23	55
4	21.15	7	2.159	9.73	112.66	75
3	26.66	7	2.159	10.37	131.45	85
2	33.62	7	2.159	11.13	156.76	100
1	42.4	19	2.667	12.92	207.61	115
1/0	53.49	19	2.667	13.88	246.12	135
2/0	67.44	19	2.667	14.90	292.99	150
3/0	85.02	19	2.667	16.13	351.67	175
4/0	107.2	19	2.667	17.43	423.53	205
FORMACIÓN COMPRIMIDO						
250	126.7	37	3.048	20.27	537.90	230
300	152	37	3.048	21.62	625.03	260
350	177	37	3.048	22.89	709.24	280
400	203	37	3.048	24.03	801.94	305
500	253	37	3.048	26.14	963.58	350

FIG 17: Cuadro de valores ELECTRO CABLES

Fuente: Los autores

La corriente transportada nunca superará a la intensidad máxima de salida del inversor, por lo cual la sección seleccionada será suficiente, teniendo en cuenta lo prescrito por la NEC-SB-IE_final respecto a cubrir el 125% de la intensidad máxima del generador.

La caída de tensión máxima debe ser inferior al 1.5% (siendo lo óptimo 0.50%). Por el inversor usaremos cable de cobre unipolar XHHW-2 con tensión asignada de 0.6/1kV aislado con polietileno reticulado (XLPE) 90°C, resistente a la humedad y al calor elevado. El desarrollo de los cálculos los resumimos en el siguiente cuadro:

Tabla 15: Datos de inversores

Fuente: Los autores

desde	hasta	Longitud (m)	Voltaje de servicio (V)	Intensidad nominal (A)	Inominal x 1,25 (A)	Material cable	conductividad C	Seccion conductor S (mm2)	Caída tensión e (V)	% e	# conductor a usar	Capacidad corriente (A)
Inversor 1	PANEL	2	480	18.00	22.50	Cobre	44	5.261	0.34	0.07%	10	40
Inversor 2		2	480	18.00	22.50	Cobre	44	5.261	0.34	0.07%	10	40
Inversor 3		2	480	18.00	22.50	Cobre	44	5.261	0.34	0.07%	10	40

En este cuadro podemos apreciar que se cumplen las normas ya que la caída de tensión nunca llega al 1.5% y la intensidad que soporta el cable elegido es muy superior a la intensidad nominal incrementada en un 25%. Los diámetro de los conductores y la capacidad de corriente admisible lo tomamos del cuadro proporcionado por Electrocables:


www.electrocable.com | 25

CONDUCTORES DE COBRE
XHHW-2

◀
▶

Conductor de cobre para (0.6, 1 kV) aislado con polietileno reticulado (XLPE) 90 °C, resistente a la humedad y a calor elevado.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2.08	1	0.76	3.15	24.65	25
12	3.31	1	0.76	3.57	36.67	30
10	5.261	1	0.76	4.11	55.41	40
8	8.367	1	1.14	5.54	91.42	55
8	8.367	7	1.14	5.98	96.27	55
6	13.3	7	1.14	6.94	145.69	75
4	21.15	7	1.14	8.16	223.15	95
FORMACIÓN UNILAY						
14	2.08	19	0.76	3.32	25.70	25
12	3.31	19	0.76	3.82	38.31	30
10	5.261	19	0.76	4.41	56.30	40
8	8.367	19	1.14	5.90	95.25	55
6	13.3	19	1.14	6.84	144.17	75
4	21.15	19	1.14	8.03	220.89	95
2	33.62	19	1.14	9.53	341.23	130
1	42.4	19	1.40	10.94	434.72	150
1/0	53.49	19	1.40	11.95	545.03	170
2/0	67.44	19	1.40	13.07	679.41	195
3/0	85.02	19	1.40	14.33	848.06	225
4/0	107.2	19	1.40	15.75	1059.99	260

FIG 18: Cuadro de valores de conductores ELECTRO CABLES

Fuente: Los autores

3.7. CÁLCULO DE PROTECCIONES

3.7.1. Protecciones CC

En el caso de cortocircuitos, un generador fotovoltaico no representa un peligro adicional respecto a un modo de trabajo normal porque la intensidad de cortocircuito y la intensidad de trabajo son iguales debido a su conexión en serie, y una serie de paneles cortocircuitados no perjudica al funcionamiento del inversor con la excepción que no permite al generador que trabaje en su punto óptimo. El tema de arco eléctrico se previene al estar los cables positivo y negativo con un doble aislamiento. Tampoco representa problema la sobrecargas puesto que la potencia del generador es conocida y limitada, en el supuesto caso de sobrecarga el inversor la detecta y automáticamente deja de generar, quedando el generador en circuito abierto. Por cuestiones de mantenimiento se colocarán interruptores magnetotérmicos de corriente continua de corte omnipolar a la salida de cada string del generador fotovoltaico antes de llegar al inversor, estos tendrán una intensidad superior al generado por el string (un 30% más para cumplir con normativa); la intensidad de cortocircuitó mínima fijada es de 4500A y poder de corte de 6kA.

Como protección a descargas indirectas dispondremos de un diferencial a continuación del magnetotérmico, será de alta sensibilidad (30mA) de 2 polos tipo A para sistemas monofásicos, con una intensidad nominal igual a la intensidad del magnetotérmico que lo precede.

Ahora en el caso de las sobretensiones, el generador si está expuesto a estas debido a fenómenos atmosféricos, por eso se protegerá la entrada de corriente continua desde cada string al MPPT del inversor mediante un dispositivo bipolar de clase II, que tenga un tiempo de actuación inferior a 25ns y una corriente máxima de actuación de 15kA con tensión residual inferior a 2kV.

3.7.2. Protecciones CA

Para proteger la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas, se empleará un interruptor termomagnético omnipolar con una capacidad de corte superior a la corriente de cortocircuito especificada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. En este caso, el interruptor contará con una capacidad de 6kA. Cabe mencionar que el inversor está equipado con un magnetotérmico de intensidad nominal adecuada para la potencia de este, los cuales lo protegen de cortocircuitos y sobrecargas. Los magnetotérmicos eran con la curva de tipo C que son usados cuando no hay corrientes de arranque elevadas, para protección contra sobrecargas cuya intensidad nominal del interruptor tiene que cumplir. Todas las protecciones serán trifásicas con un poder de corte de 6kA. A la salida del inversor también se colocará un diferencial de 300mA de sensibilidad, para proteger el circuito de posibles derivaciones a tierra.

Para el cálculo de las protecciones termomagnéticas se tomados los como coeficiente de seguridad un incremento del 30% a la intensidad que pasa por estos.

A continuación, adjuntamos el cuadro donde se reflejan los cálculos realizados bajo los parámetros arriba mencionados:

Tabla 16: Cálculo de protecciones

Fuente: Los autores

Tipo corriente	Tramo	Tipo protección	Intensidad de cálculo	Coefficiente de seguridad	Intensidad de la protección	Protección
CC	De string 1 a MPPT1	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
	De string 2 a MPPT 2	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
	De string 3 a MPPT 1	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
	De string 4 a MPPT 2	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
	De string 5 a MPPT 1	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
	De string 6 a MPPT 2	Seccionador DC	13.57	1.3	17.64	2p-20A-100v
CA	De inversor a CPG	Diferencial de corte				Tipo A 30mA superinmunizado, 63A
	De inversores a CPG	Interruptor automático	18.00	1.3	23.40	3p-30A

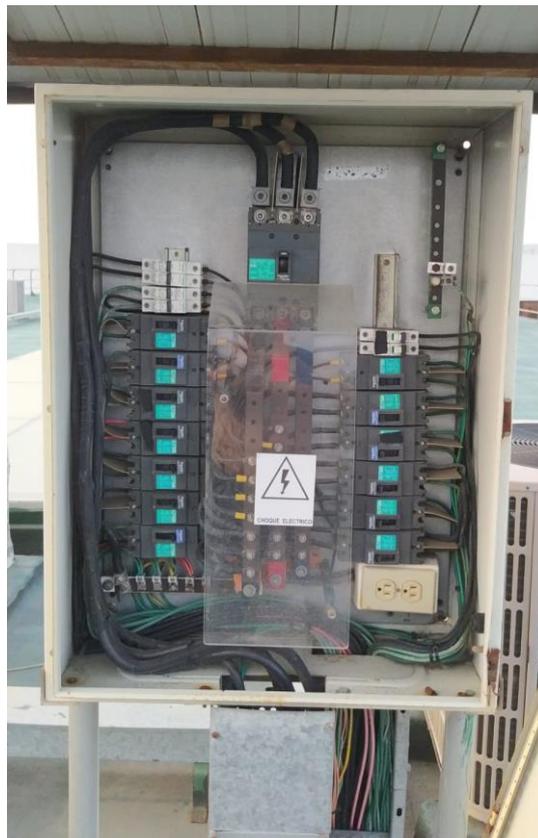


FIG 19: Panel de climatización

Fuente: Los autores

CAPÍTULO IV

4.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS:

4.1.1 Cálculo de ahorro en emisiones CO2

Producción anual del sistema fotovoltaico = 68.118 Kwh/año (ahorro)

Producción de CO2(2022) = 0,092 kg CO2/kwh

Producción de CO2 de sistema fotovoltaico = 0,025- 0,032 kg $\frac{CO2}{kWh}$

Tabla 17: Cuadro de emisiones de CO2

Fuente: Los autores

	RED	SISTEMA FOTOVOLTAICO
producción anual (kwh/año)	68,118.000	68,118.000
factor de emision CO2 por kwh (kg CO2/kwh)	0.092	0.032
emision de CO2 (kg CO2)	6,266.856	2,179.776
AHORRO DE EMISIONES CO2 ANUAL (KG)	4,087.080	

4.1.2. Cálculo de pérdidas

La potencia nominal de los módulos es afectada considerablemente por los cambios en la temperatura del medio ambiente, el coeficiente de temperatura para el módulo TIGER NEO N-Type 480W (temperature coefficients of Pmax) es -0.29%/°C, según cálculos del software PV-Syst es de 0.85% de pérdidas por temperatura

Tabla 18: Balances y resultados principales

Fuente: Los autores

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	148.5	78.24	26.60	143.3	139.8	6502	6284	0.846
February	130.7	82.16	26.45	126.4	123.3	5771	5578	0.851
March	155.6	87.77	27.00	151.8	148.4	6889	6663	0.847
April	155.3	81.62	26.68	152.4	148.8	6919	6692	0.847
May	140.0	72.15	26.40	141.1	137.6	6425	6208	0.849
June	122.5	74.51	24.80	121.5	118.2	5589	5397	0.857
July	119.2	70.39	24.46	118.5	115.4	5437	5248	0.854
August	119.4	72.69	24.13	118.5	115.5	5442	5251	0.855
September	120.3	71.52	24.14	120.5	117.6	5510	5317	0.851
October	106.9	67.76	24.51	105.4	102.6	4810	4631	0.847
November	115.2	75.87	24.67	111.3	108.0	5081	4899	0.849
December	140.8	78.34	26.54	136.0	132.3	6161	5949	0.844
Year	1574.2	913.04	25.53	1546.7	1507.5	70535	68118	0.850

Legends	
GlobHor	Global horizontal irradiation
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation
T_Amb	Ambient Temperature
GlobInc	Global incident in coll. plane
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray	Effective energy at the output of the array
E_Grid	Energy injected into grid
PR	Performance Ratio

4.1.3. Pérdidas por tolerancia de los módulos

Estas pérdidas dependen de la tecnología de los módulos y del fabricante, pueden situarse entre un 2 y 4% para el caso de silicio monocristalino, cabe recordar que la potencia disminuye con el paso de los años de operación.

4.1.4. Pérdidas por suciedades acumuladas en los módulos

Los módulos fotovoltaicos deben tener un programa de limpieza, claro que es imposible que estén siempre limpios. La suciedad se acumula sobre los paneles disminuyendo el campo de captación lo cual provoca pérdida de rendimiento. Para nuestro caso son de un 2% lo cual está dentro de los parámetros estimados por la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), el cual puede oscilar entre el 0.5 y el 2.7%. El porcentaje usado está en función de la situación y del programa de mantenimiento.

4.1.5. Pérdidas por cables de CC y CA

Como la caída de tensión para el diseño del cableado es 1,5%, puede considerarse este valor de forma aproximada.

4.1.6. Pérdidas por inversor

Estas pérdidas dependen de su curva de rendimiento y de la adecuación de su potencia nominal a la suministrada por el campo fotovoltaico, que depende a su vez de la radiación incidente sobre el mismo. Pueden considerarse del orden de un 8%.

Tabla 19: Resumen del rendimiento global del sistema

Fuente: Los autores

tipo de pérdida	factor	valor medio
perdida módulo por funcionamiento a temperatura diferente	-0.29 %/°C	0.85
perdida por tolerancia de los módulos	2 - 4%	3
perdida por suciedades acumuladas en los módulos	0.5 - 2.7 %	2
perdida por cables CC y CA	1.50%	1.5
Perdidas por inversor	8%	8
	TOTAL	15.35
	eficiencia (PR)	84.65

Según lo evaluado en la tabla 16, el porcentaje de la eficiencia del sistema es de 84.65%.

4.2. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

Hay dos clases de mantenimiento que se realizarán:

- Mantenimiento preventivo básico: puede ser realizado por los empleados encargados del mantenimiento general del edificio, brindando asesoría.
- Mantenimiento especializado: este mantenimiento lo debe realizar personal especializado con experiencia.

4.2.1. Mantenimiento preventivo básico

- Frecuencia: Mensual
- Tipo:
 - Mantenimiento de los paneles: limpieza de suciedad, inspección visual de los módulos, el cristal de protección, el marco del módulo, la estructura de soporte y las fijaciones a la cubierta y a los paneles, estado de la toma a tierra.
 - Mantenimiento del inversor: revisión de las lecturas de datos archivadas y memoria de fallos, limpieza y recambio de filtros, limpieza de rejillas de entrada/salida de aire
- Personal: No calificado

4.2.2. Mantenimiento especializado

- Frecuencia: Anual
- Tipo:
 - Mantenimiento del sistema de generación: estado y estanqueidad de las cajas de conexiones, controlar la tensión de circuito abierto (Voc) y la Corriente de cortocircuito (Isc).
 - Revisión de inversor: limpieza de disipadores, cubiertas, funcionamiento de bloqueos, ventiladores, firmeza de conexiones y sustitución de componentes si amerita el caso.
 - Revisión dispositivos de protección: todas las protecciones por defecto, interruptores automáticos, de potencia, tensiones de mando y auxiliares.
 - Mantenimiento de cuadro de instalación interior: aislamiento térmico, sistema de protecciones y aterrizado
 - Revisión de la caída de tensión de los circuitos: paneles-inversor, inversor-circuitos de consumo.
- Personal: Calificado

4.2.3. Presupuesto referencial

El presupuesto lo hemos dividido en dos partes:

- Obra Civil, que contempla la reestructuración del área donde actualmente en la terraza se encuentra un panel de disyuntores, área que actualmente solo tiene una cubierta pero que ahora tendremos que ampliarla para que albergue los 3 inversores y el panel de corriente directa y el de corriente alterna. Para esto deberíamos levantar paredes, colocar 2 nuevos pilares metálicos y ampliar la cubierta, así como trabajos de reubicación de panel existente.
- Sistema Fotovoltaico, en el cual presupuestamos todos los materiales y la mano de obra a usar para instalar los módulos fotovoltaicos, inversores, paneles y protecciones, así como la conexión hasta la acometida

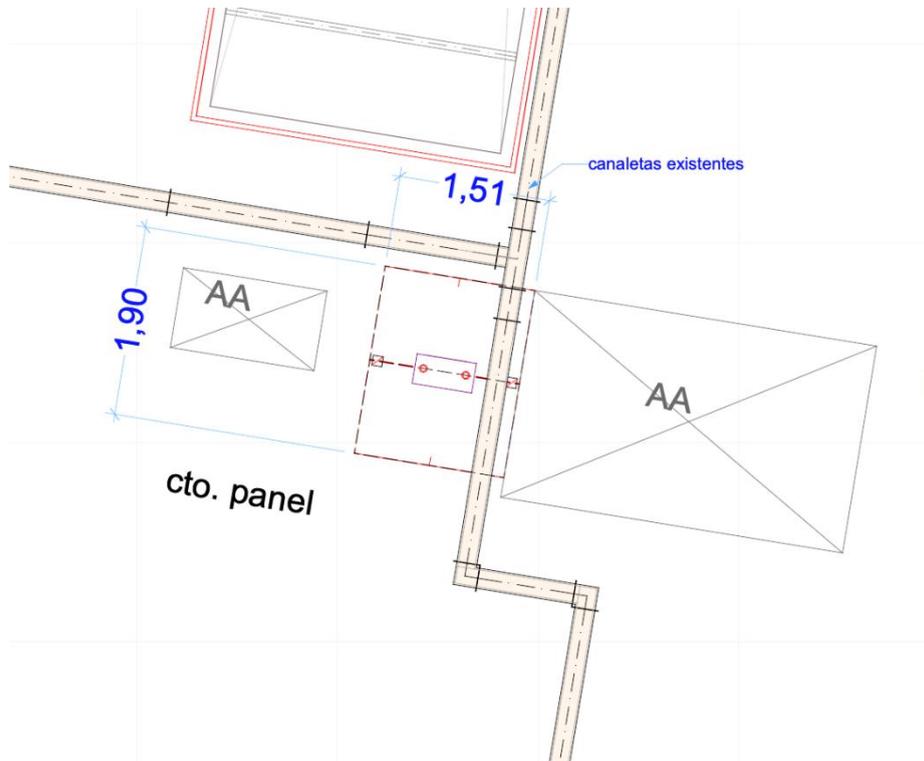


FIG 20: Diagrama de planta existente

Fuente: Los autores

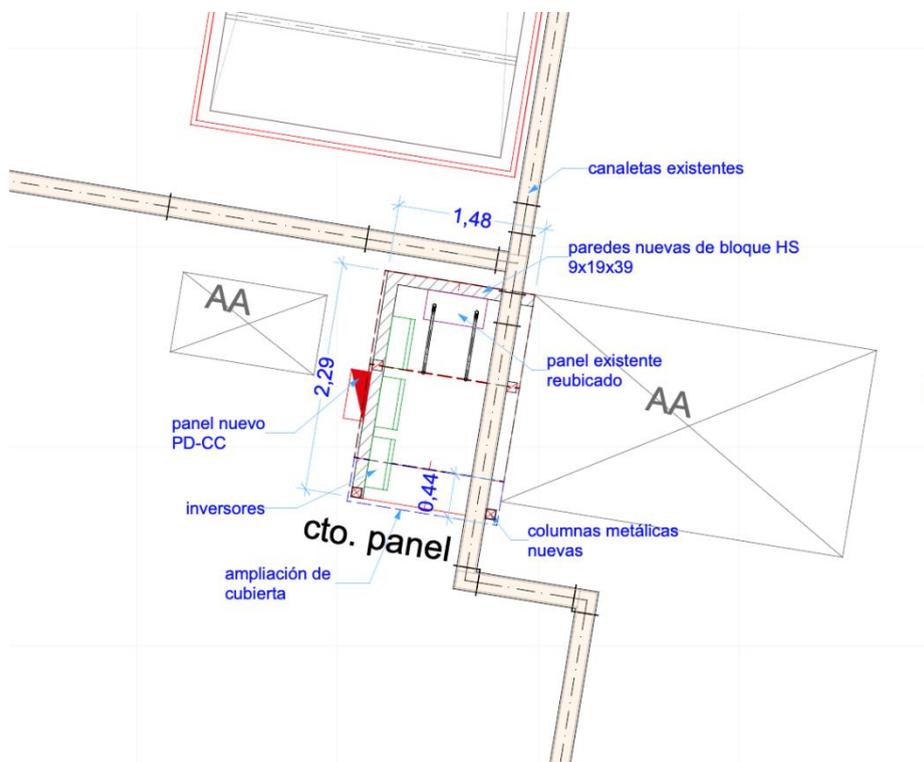


FIG 21: Diagrama de propuesta de planta

Fuente: Los autores

4.3. COMPUTOS MÉTRICOS

Tabla 20: Cálculo de área por rubro

Fuente: Los autores

PAREDES NUEVAS	
rubro	área (m²)
ALB-002 Pared de bloque HS. 9x19x39	3.59
ALB-002 Pared de bloque HS. 9x19x39	6.09
	9.68 m ²

Tabla 21: Cuadro de estructuras

Fuente: Los autores

ACERO ESTRUCTURAL				
elemento	a (m)	b (m)	e (m)	peso (kg)
EST Columnas	0.10	0.10	0.004	31.30
EST Columnas	0.10	0.10	0.004	32.80
EST Vigas	0.10	0.08	0.003	3.44
EST Vigas	0.10	0.08	0.003	3.44
EST Vigas	0.10	0.08	0.003	11.03
				82.01 m ²

Tabla 22: Área de cubierta según rubro

Fuente: Los autores

CUBIERTAS	
rubro	área (m²)
CT-002 Cubierta de acero galvanizado	0.67 m ²

Tabla 23: Cuadro de recorrido de conductores fotovoltaicos hasta los inversores

Fuente: Los autores

string	longitud			TOTAL
1	16.89	1.5		18.39
2	16.52	1.5		18.02
3	5.24	2.56	1.5	9.3
4	2.6	14.36	1.5	18.46
5	12.76	1.5		14.26
6	2.55	1.5		4.05
			TOTAL	82.48

Tabla 24: Datos de instalación

Fuente: Los autores

OBRA: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA ON-GRID					
NOMBRE DEL PROPONENTE: XXXXX					
FECHA: JULIO/2024					
CÓDIGO	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
100	TRABAJOS PRELIMINARES				
101	Limpieza del área	m2	453.04	1.30	588.95
102	Trazado y Replanteo	m2	453.04	1.94	877.54
	TOTAL				1,466.49
200	OBRA CIVIL (AMPLIACIÓN CASETA DE EQUIPOS)				
201	Acero estructural (para pilares y cubierta)	kg	82.01	5.85	479.76
202	Cubierta metálica de acero galvanizado	m2	0.67	61.49	41.20
203	Paredes bloque HS. 9x19x39	m2	9.68	16.65	161.20
204	Enlucido	m2	19.35	18.50	357.96
205	Pintura exterior	m2	19.35	10.39	200.99
206	Desmontaje y reubicación de panel de disyuntores	glb	1.00	661.01	661.01
	TOTAL				1,902.12
300	SISTEMA FOTOVOLTAICO				
	MATERIALES				
301	Panel Tiger Neo N-Type 480 wp	u	108.00	141.15	15,244.20
302	Inversor Fronius Symo Advanced 20.000w	u	3.00	3,757.45	11,272.35
303	Estructura de Soporte de aluminio	modulos	108.00	90.00	9,720.00
304	Equipo de monitoreo Fronius Smart Meter	u	1.00	469.85	469.85
305	Split Core AC Current Sensor	u	3.00	141.89	425.67
306	Cable AWG#8 PV WIRE	ml	164.96	1.50	247.44
307	Cable AWG#10 XHHW-2	ml	82.48	0.77	63.51
308	Cable AWG#2 XHHW-2	ml	88.00	3.84	337.92
309	Breaker CD 2p-20A	u	6.00	34.50	207.00
310	Breaker 3p-30A	u	3.00	42.75	128.25
311	Breaker 3p-125A	u	1.00	45.00	45.00
312	Panel de disyuntores 6-12 esp.	u	2.00	126.19	252.38
313	Panel de disyuntores monofasico 6-12 esp.	u	1.00	56.70	56.70
314	Barra Cooperweld 5/8 l=1,8m	u	2.00	20.00	40.00
315	Diferencial 3p-150 caja modeada	u	1.00	150.00	150.00
316	Medidor Bidireccional	u	1.00	290.00	290.00
317	Varios	glb	1.00	500.00	500.00
	INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	día	10.00	211.95	2,119.52
	TOTAL				41,569.79
				Total sin IVA \$:	44,938.40
				IVA \$:	6,740.76
				Total con IVA \$:	51,679.16
NOTA:		Proponente			
		Firma			

4.4. ANÁLISIS FINANCIERO

En este estudio se ha considera el valor del consumo eléctrico según la planilla mensual, el mismo que está a 0.09 \$/kWh y el valor para la venta según lo menciona la NEC2011-Cap. 14-66, el cual se fija en 0.5204 \$/kWh. También hemos hecho un estudio de los días laborables donde el consumo de lo generado por los paneles solares es del 100%, los sábados donde la jornada es al 50% y el resto es valor para la venta, y los domingos donde el valor para la venta es del 100%, también se ha considerado 2 meses de vacaciones donde el consumo sería de un 25%.

Con estos datos hemos sacado el valor total que genera el sistema fotovoltaico y lo hemos contrastado contra el valor de la inversión inicial (presupuestado) para determinar en cuantos años se recuperará el capital invertido; también como referencia hemos determinado el valor del VAN y del TIR donde se demuestra lo conveniente que fuera la inversión.

Tabla 25: Cálculo de consumo local del sistema fotovoltaico

Fuente: Los autores

periodo	días laborables 100%	días laborables 25%	sabados	domingos	total	
enero	23		4	4	31	
febrero	21		4	4	29	
marzo	20		5	5	30	
abril	22		4	4	30	
mayo	23		4	4	31	
junio		20	5	5	30	
julio	23		4	4	31	
agosto	22		5	4	31	
septiembre	21		4	5	30	
octubre	23		4	4	31	
noviembre	21		5	4	30	
diciembre		22	4	5	31	
totales	219	42	52	52	365	
consumos local	100.00%	25.00%	50.00%	0.00%		
días consumo	219	10.5	26	0	255.5	70.00%
días venta	0	31.5	26	52	109.5	30.00%
producción anual	68,118.00 kwh/año					
días de producción	186.62 kwh/día					
*costo kwh (consumo)	0.09 \$/kwh					
** valor kwh (venta)	0.59 \$/kwh					
valor del ahorro	4,291.43					
valor de venta	12,056.89					
valor anual generado	16,348.32					

Según esta tabla hemos determinado que el valor anual generado por el sistema (ahorro en consumo + venta) es de \$ 16.348,32 dólares US, considerando que de todo lo generado en el año, el 70% es en consumo (ahorro) y el 30% es para la venta. Estos datos los usaremos para el análisis financiero:

Tabla 26: Flujo de caja acumulado

Fuente: Los autores

			DATOS DE LA INSTALACIÓN	
garantía en años	25		valor de inversion inicial	51,679.16
anual	acumulado	año	potencia instalada (kw)	51.84
-51,679.16	-51,679.16	0	energía generada anual (kw)	68,118.00
16,348.32	-35,330.84	1	valor del ahorro	4,291.43
16,348.32	-18,982.52	2	valor de venta	12,056.89
16,348.32	-2,634.20	3	FLUJO DE CAJA ANUAL	16,348.32
16,348.32	13,714.12	4		
16,348.32	30,062.44	5		
16,348.32	46,410.76	6		
16,348.32	62,759.08	7	TABLA DE RESUMEN DEL TIR Y VAN	
16,348.32	79,107.40	8		
16,348.32	95,455.72	9	tiempo de retorno de la inversión (años)	4
16,348.32	111,804.04	10	VAN (tasa dto. 11,12%)	681,140.12
16,348.32	128,152.36	11	TIR PROYECTO	31%
16,348.32	144,500.68	12	flujo de caja acumulado (25 años)	357,028.84
16,348.32	160,849.00	13		
16,348.32	177,197.32	14		
16,348.32	193,545.64	15		
16,348.32	209,893.96	16		
16,348.32	226,242.28	17		
16,348.32	242,590.60	18		
16,348.32	258,938.92	19		
16,348.32	275,287.24	20		
16,348.32	291,635.56	21		
16,348.32	307,983.88	22		
16,348.32	324,332.20	23		
16,348.32	340,680.52	24		
16,348.32	357,028.84	25		

Llegamos a la conclusión que el cuarto año ya se pagó la inversión inicial y el resto sería ganancia a favor, considerando que el tiempo de vida del sistema es de 25 años considerando una tasa de interés del 11.12% para el análisis del VAN y del TIR.

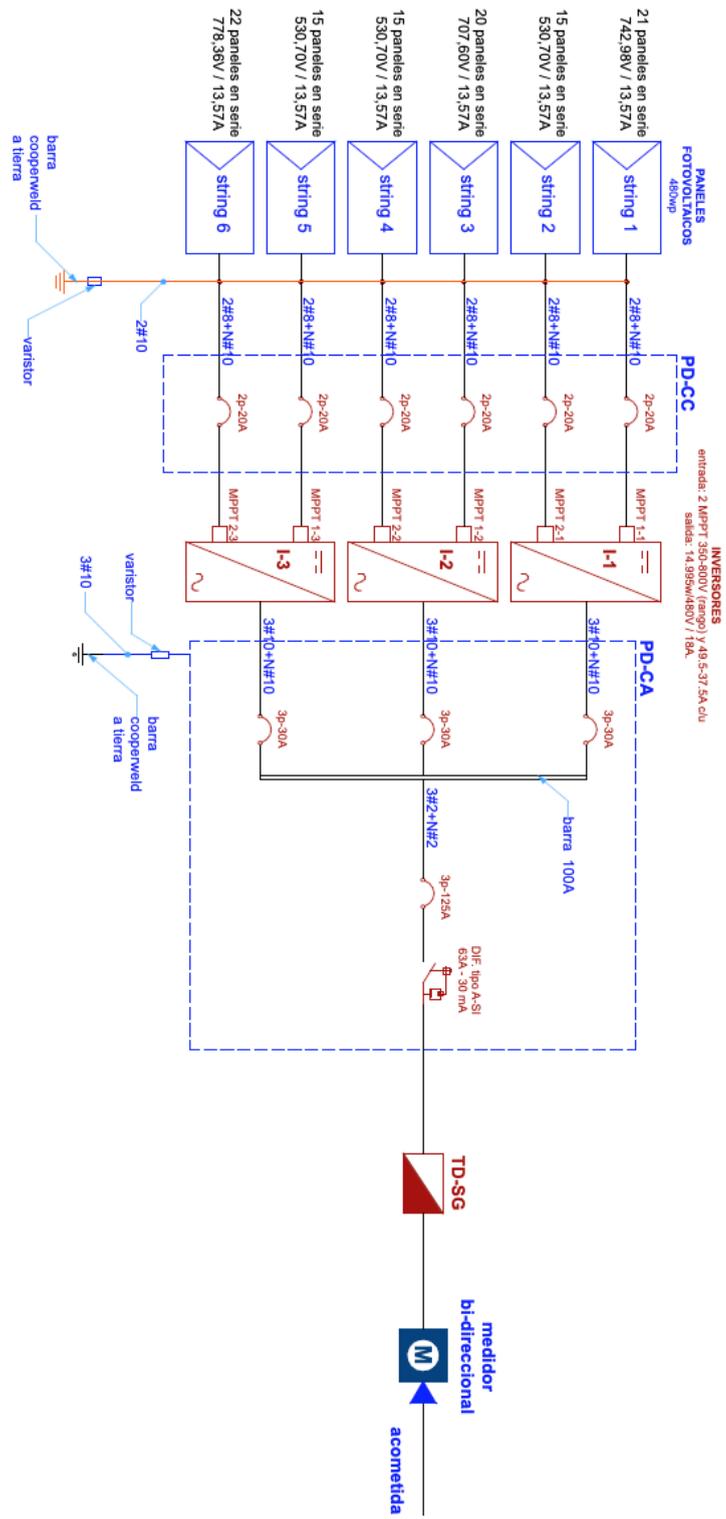


FIG 22: Diagrama Unifilar

Fuente: Los autores

CONCLUSIONES

- La planta de 50 kW será capaz de satisfacer una parte considerable de la demanda energética del bloque, lo que proporcionará una mayor autonomía respecto a la red eléctrica convencional y, con el tiempo, reducirá los costos operativos. Se anticipa que la inversión inicial se amortice a lo largo del tiempo gracias al ahorro en las facturas de energía, junto con la disminución de costos y la posibilidad de generar ingresos mediante la venta del excedente de electricidad.
- Este hito, al instalar la planta de energía solar, conducirá a una reducción considerable en la huella de carbono de la universidad. La eliminación de una gran cantidad de emisiones de CO₂ anualmente representará una contribución significativa a la lucha global contra el cambio climático.
- Este proyecto aporta beneficios significativos a la universidad, tanto en la optimización de costos y reducción del impacto ambiental, como en el ámbito educativo. Los estudiantes tendrán la oportunidad de trabajar con tecnología de vanguardia, enriqueciendo así su experiencia de aprendizaje. Este enfoque práctico fomentará el desarrollo de habilidades valiosas que serán beneficiosas en el creciente mercado de la energía limpia.
- Una vez que el proyecto haya sido exitosamente llevado a cabo, la Universidad Politécnica Salesiana se proyectará como un modelo para la integración de tecnologías sostenibles en el sistema de educación del país. El aprendizaje obtenido se podrá replicar en otras universidades y organizaciones que estén involucradas en la construcción de proyectos similares

RECOMENDACIONES:

- El mantenimiento del sistema es crucial e involucra la limpieza de los paneles solares trimestralmente, ya que la presencia de polvo, suciedad, hojas u otros residuos puede disminuir la eficiencia del sistema hasta un 20%. Asimismo, es importante efectuar una inspección anual de los paneles y sus soportes para identificar posibles daños estructurales que puedan afectar el funcionamiento del sistema o suponer un riesgo para la seguridad de las personas.
- Como medida preventiva para minimizar la pérdida de energía, se deben llevar a cabo inspecciones periódicas de las conexiones y el cableado. Detectar y corregir los puntos calientes ayuda a evitar problemas futuros y garantiza un rendimiento óptimo del sistema.
- Los datos recopilados del monitoreo en tiempo real deben ser analizados para encontrar tendencias en el rendimiento y para predecir cualquier falla probable en el futuro. Este mismo conjunto de datos puede usarse para mejorar la eficiencia general del sistema.
- Los programas de entrenamiento del personal técnico de la empresa deben ser especializados en el campo de la gestión de sistemas de energía solar, la solución de problemas comunes, y se les debe mantener actualizados en intervalos de tiempo con la tecnología emergente y las tendencias en fuentes de energía renovable.
- La inversión en el sistema de energía solar también debe ser monitoreada de vez en cuando en términos de ahorro por carga de energía. Esto permitirá que el sistema siga siendo una fuente viable y confiable de inversión para su mayor desarrollo o actualización.
- Dado que el sistema funcionará durante muchos años, es probable que algunas partes requieran reemplazo. Por lo tanto, es crucial reservar un fondo para cubrir estos costos de reemplazo, garantizando así un funcionamiento continuo del sistema sin enfrentar gastos imprevistos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. López Mas, M. Oliva-Cruz, W. Gosgot Angeles, and F. I. Espinoza Canaza, “Rendimiento energético de un sistema fotovoltaico autónomo con seguidor solar bajo las condiciones climáticas de Chachapoyas,” *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.25127/aps.20221.858.
- [2] J. A. Pelayo López, A. Luna Soto, F. Bernabe Ramos, and B. Guzmán Flores, “Comparativa de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y un sistema fotovoltaico fijo / Comparison between a photovoltaic solar tracker efficiency and a fixed photovoltaic system,” *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, vol. 7, no. 13, 2018, doi: 10.23913/ciba.v7i13.76.
- [3] Y. Salas Reyes, H. I. Gómez Blanco, M. Vanegas Chamorro, G. Valencia Ochoa, and E. Villicaña Ortiz, “Technical and economic design of a photovoltaic solar test bank for power generation off-grid/Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada,” *Prospectiva*, vol. 16, no. 2, 2018, doi: 10.15665/rp.v16i2.1653.
- [4] E. N. Abello Mendoza and W. F. Bernal Suarez, “Prototipo para la orientación automática de paneles solares,” *Publicaciones e Investigación*, vol. 11, no. 1, 2017, doi: 10.22490/25394088.2254.
- [5] “Vista de Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica.” Accessed: Jul. 16, 2024. [Online]. Available: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/81/80>
- [6] A. Escobar Mejia, C. A. Torres, and R. A. Hincapie Isaza, “CONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A LA RED ELÉCTRICA,” *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 44, Apr. 2010.
- [7] E. Caamaño Martín, “EDIFICIOS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA: CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS,” Madrid, Mar. 1998.
- [8] J. Carlos and L. García, *UNIVERSIDAD DE JAÉN ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JÁEN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA TESIS DOCTORAL MEJORAS AL DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE SISTEMAS HÍBRIDOS CON ENERGÍAS RENOVABLES PRESENTADA POR.*
- [9] P. Potes, X. Proaño, P. Potes, and X. Proaño, “Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi,” *Revista*

- Técnica energía*, vol. 16, no. 2, pp. 148–157, Jan. 2020, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V16.N2.2020.362.
- [10] G. Ampuño, J. Lata-García, and F. Jurado, “Evaluation of energy efficiency and the reduction of atmospheric emissions by generating electricity from a solar thermal power generation plant,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 3, 2020, doi: 10.3390/en13030645.
- [11] R. A. Naranjo Vargas, “Guía para el diseño de sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento de unidades habitacionales: guía para el diseño de sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento de unidades habitacionales.” 2022, Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23258>
- [12] G. D. Valdés-González *et al.*, “Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile,” *Información tecnológica*, vol. 31, no. 3, pp. 249–256, Jun. 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000300249.
- [13] E. Effio Velasco, “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo en zona de estacionamiento de empresa cementera,” 2023.
- [14] V. Rurales, C. De Vehículos, E. Basado, E. Un, E. Multipropósito, and J. G. Villarreal, “Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado En Un Enfoque Multipropósito,” *Revista Técnica energía*, vol. 20, no. 2, pp. 47–57, Jan. 2024, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V20.N2.2024.614.
- [15] “¿Qué es un sistema fotovoltaico y cómo funciona? | Enel X.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work>
- [16] “Sistemas fotovoltaicos: que son, componentes, dimensiones, tipos e instalación | SunFields.” Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/sistema-fotovoltaico-funciona-aplicaciones/>
- [17] “Qué es y cómo funciona un inversor de corriente - Blog de energía solar.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://solarplak.es/energia/que-es-y-como-funciona-un-inversor-de-corriente/>
- [18] “¿Qué es un inversor de corriente y cómo funciona?” Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://blog.ecoflow.com/es/inversor-que-es/>
- [19] “¿Para qué sirve un inversor? | factorenergia.” Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/para-que-sirve-un-inversor/>
- [20] “Inversor de Corriente de 12V a 110V - 750W Truper - Electrimundo D&D.” Accessed:

- Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.electrimundodyd.com/producto/inversor-de-corriente-de-12v-a-110v-750w-truper/>
- [21] “¿Qué son los paneles solares, cómo funcionan y cuál es su futuro?” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-paneles-solares-como-funcionan-y-cual-es-su-futuro/>
- [22] “¿Qué es un panel solar? | Descúbrelo en AutoSolar.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://autosolar.es/energia-solar/que-es-un-panel-solar>
- [23] “El espacio necesario para instalar paneles solares en un hogar.” Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://todoingenierias.com/el-espacio-necesario-para-instalar-paneles-solares-en-un-hogar/>
- [24] J. Lata-García, K. Vera-Onofre, and L. Flores-Bastidas, “Evaluación de la Viabilidad Tecno-Económico y el Rendimiento de un sistema Híbrido aislado PV/Eólica/Diesel/Hidrogeno/Baterías.”
- [25] “Protecciones DC para Bancos de Baterías y Paneles Solares.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.solarstore.cl/categoria/protecciones-dc/>
- [26] “¿Qué es una microgrid o isla de energía? - E4e Soluciones.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/microgrid-isla-energia>
- [27] “What is a Microgrid? | Solar Us Shop.” Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://solar-us-shop.com/blogs/solar-blog/what-is-a-microgrid-solar-us-shop>
- [28] “Smart grid: Red de distribución inteligente.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-grid>
- [29] “¿Cómo funciona el medidor bidireccional de CFE? - CCEEA.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://cceeaa.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/como-funciona-el-medidor-bidireccional-de-cfe>
- [30] F. C. Hidalgo Escudero, “LA NEC 11 Y SU IMPACTO EN LOS INVENTARIOS DE LA DISTRIBUIDORA ECUAHIERRO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PERIODO 2017,” 2019.
- [31] “¿Qué es una granja solar? - Distribuidor Solar.” Accessed: Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://distribuidorsolar.mx/que-es-una-granja-solar/>
- [32] “Se instala la primera mini-granja solar que genera energía para la red en la costa colombiana - Marcas Sostenibles | Revista P&M.” Accessed: Aug. 15, 2024. [Online].

Available: <https://www.revistapym.com.co/articulos/marcas-sostenibles/60475/se-instala-la-primer-mini-granja-solar-que-genera-energia-para-la-red-en-la-costa-colombiana>

- [33] “Krannich Solar México: Elección de conductores eléctricos y protecciones en CA.” Accessed: Aug. 09, 2024. [Online]. Available: <https://krannich-solar.com/mx-es/blog/eleccion-de-conductores-electricos-y-protecciones-en-ca/>
- [34] “La importancia de la caída de tensión - PLC Madrid.” Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.plcmadrid.es/la-importancia-de-la-caida-de-tension/>
- [35] “Conductividad Eléctrica - Concepto y tipos de conductividad.” Accessed: Aug. 09, 2024. [Online]. Available: <https://concepto.de/conductividad-electrica/#que-es-la-conductividad-electrica>
- [36] Gobierno del Ecuador, “LISTA PRELIMINAR DE BENEFICIARIOS DE LA PRODUCCIÓN DEL SGDA”.
- [37] Gobierno del Ecuador, “DETALLES DE LOS CONSUMOS DISPERSOS DEL PROPIETARIO DEL SGDA”.

ANEXOS

ANEXO 1.. Reporte de simulación en PVSyst



Version 7.4.7

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 51.8 kWp

Centenario - Ecuador

| Author



Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VCO. Simulation date:
18/08/24 22:26
with V7.4.7

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Centenario	Latitude -2.22 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitude -79.89 °W	
	Altitude 10 m	
	Time zone UTC-5	
Weather data		
Centenario		
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	Near Shadings	User's needs
Fixed plane	No Shadings	Unlimited load (grid)
Tilt/Azimuth 15 / 80.6 °		
System information		
PV Array	Inverters	
Nb. of modules 108 units	Nb. of units 3 units	
Pnom total 51.8 kWp	Pnom total 45.0 kWac	
	Pnom ratio 1.152	

Results summary

Produced Energy 68118 kWh/year	Specific production 1314 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 84.96 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7
Cost of the system	8
CO ₂ Emission Balance	9



PVsyst V7.4.7

VCO, Simulation date:
18/08/24 22:26
with V7.4.7

Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

General parameters		
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	Sheds configuration	Models used
Orientation	No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane		Diffuse Perez, Meteonom
Tilt/Azimuth 15 / 80.8 °		Circumsolar separate
Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JKM-445N-54HL4R	Model	Symo Advanced 15.0-3 480
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	480 Wp	Unit Nom. Power	15.0 kWac
Number of PV modules	108 units	Number of inverters	6 * MPPT 50% 3 units
Nominal (STC)	51.8 kWp	Total power	45.0 kWac
Modules	6 string x 18 in series	Operating voltage	200-800 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.15
Pmpp	48.1 kWp	No power sharing between MPPTs	
U mpp	588 V	Total inverter power	
I mpp	82 A	Total power	45 kWac
Total PV power		Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	52 kWp	Pnom ratio	1.15
Total	108 modules		
Module area	233 m²		

Array losses								
Thermal Loss factor	DC wiring losses	Module Quality Loss						
Module temperature according to irradiance	Global array res. 117 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %					
Uc (const) 20.0 W/m²K	Loss Fraction 1.5 % at STC							
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s								
Module mismatch losses								
Loss Fraction 2.0 % at MPP								
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VCO, Simulation date:
18/06/24 22:26
with V7.4.7

Main results

System Production

Produced Energy

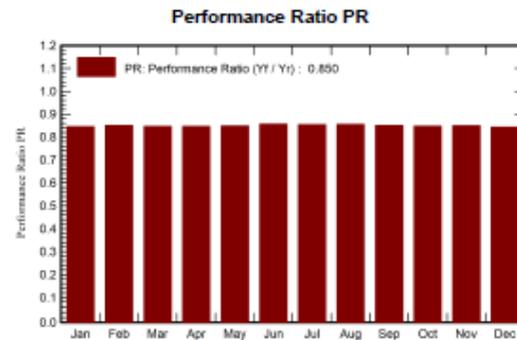
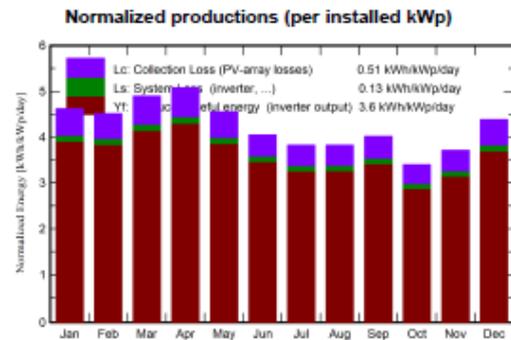
68118 kWh/year

Specific production

1314 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR

84.96 %



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	148.5	78.24	26.60	143.3	139.8	6502	6284	0.846
February	130.7	82.16	26.45	126.4	123.3	5771	5578	0.851
March	155.6	87.77	27.00	151.8	148.4	6889	6663	0.847
April	155.3	81.62	26.68	152.4	148.8	6919	6692	0.847
May	140.0	72.15	26.40	141.1	137.6	6425	6208	0.849
June	122.5	74.51	24.80	121.5	118.2	5589	5397	0.857
July	119.2	70.39	24.46	118.5	115.4	5437	5248	0.854
August	119.4	72.69	24.13	118.5	115.5	5442	5251	0.855
September	120.3	71.52	24.14	120.5	117.6	5510	5317	0.851
October	106.9	67.76	24.51	105.4	102.6	4810	4631	0.847
November	115.2	75.87	24.67	111.3	108.0	5081	4899	0.849
December	140.8	78.34	26.54	136.0	132.3	6161	5949	0.844
Year	1574.2	913.04	25.53	1546.7	1507.5	70535	68118	0.850

Legends

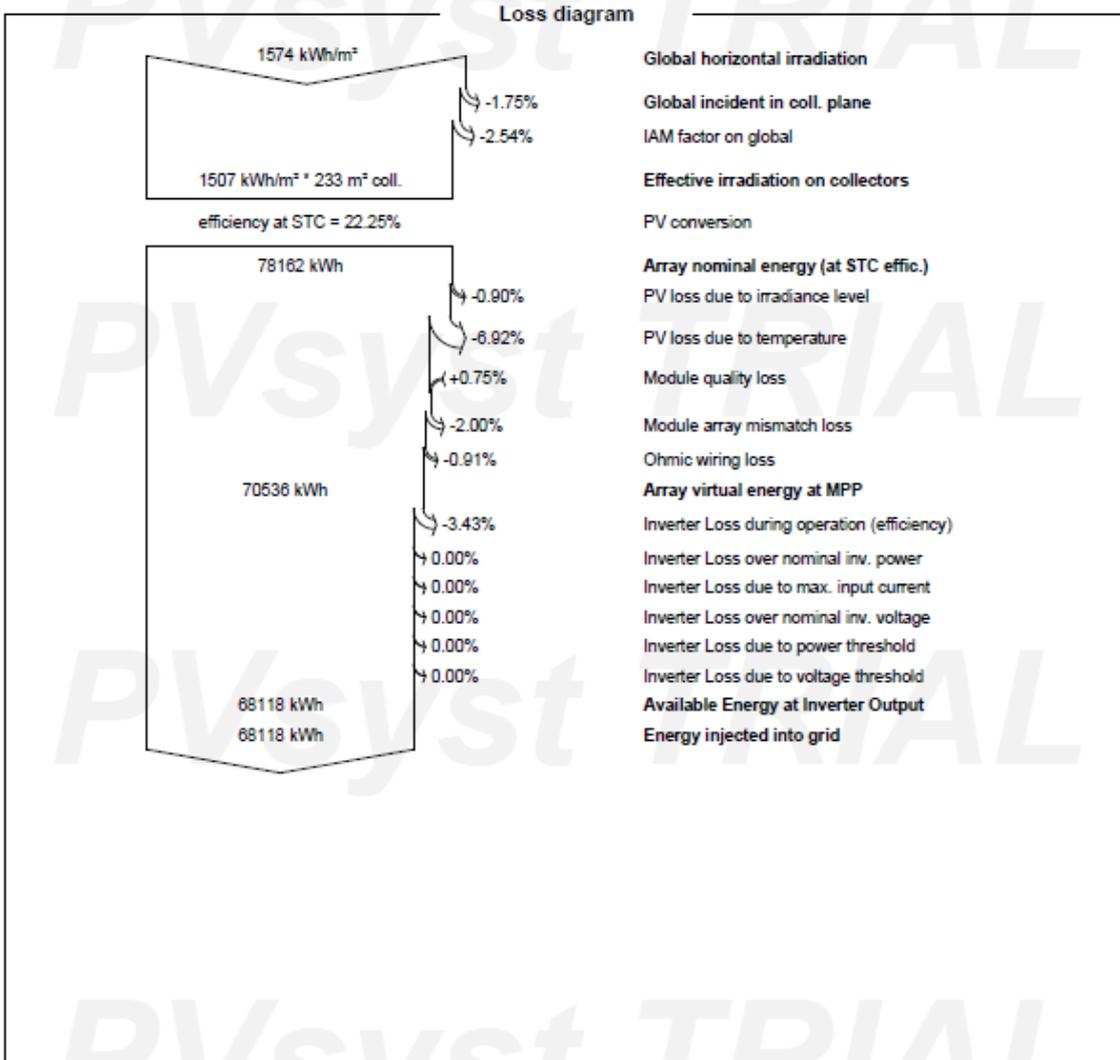
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7
 VCO, Simulation date:
 18/06/24 22:28
 with V7.4.7





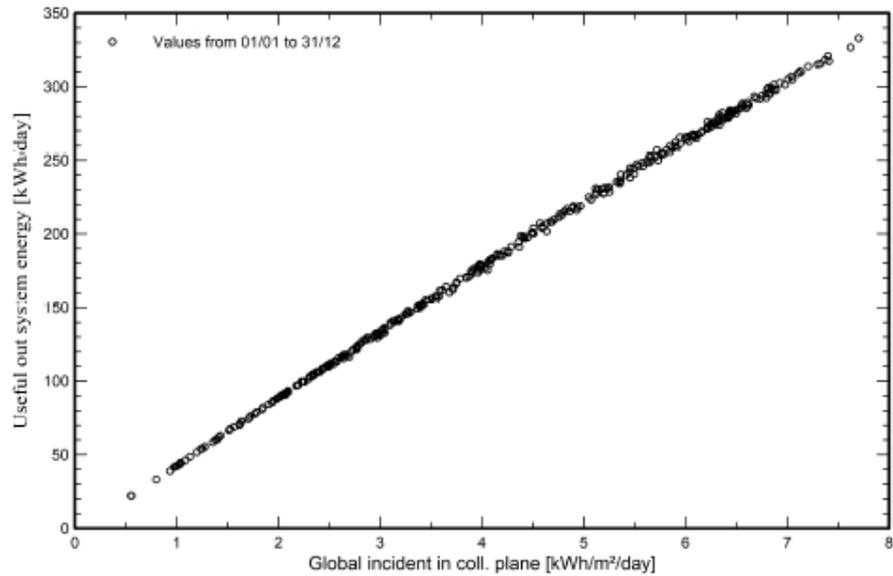
PVsyst V7.4.7
 VCO, Simulation date:
 18/06/24 22:28
 with V7.4.7

Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
 GUAYAQUIL

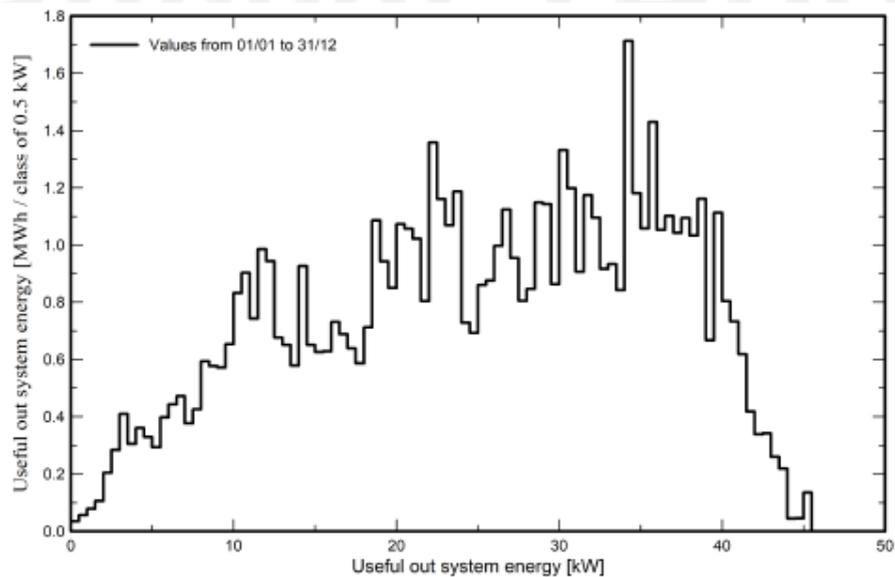
Variant: Nueva variante de simulación

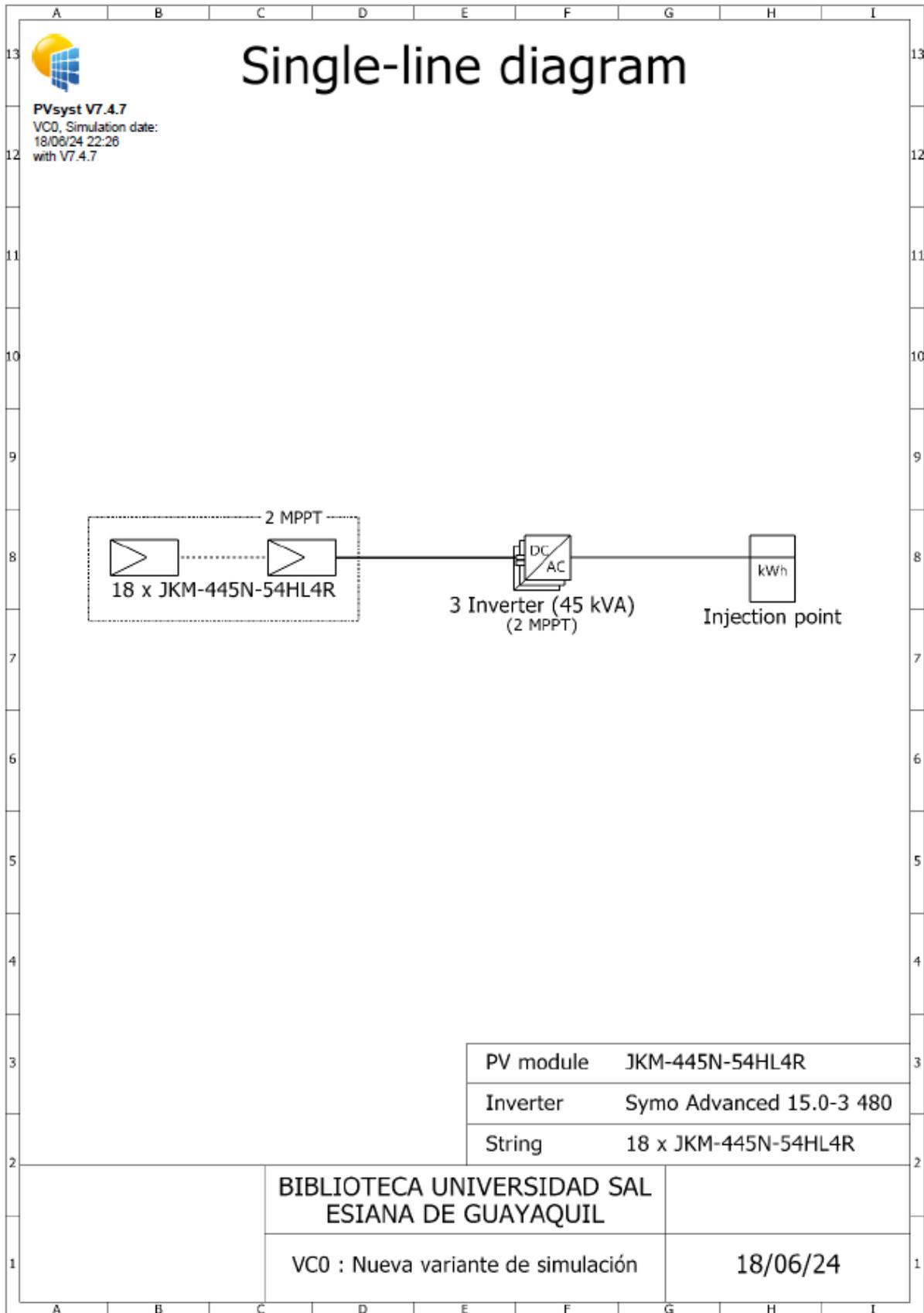
Predef. graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema







PVsyst V7.4.7

VCO, Simulation date:
18/06/24 22:28
with V7.4.7

Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

Cost of the system

Installation costs			
Item	Quantity units	Cost USD	Total USD
		Total	0.00
		Depreciable asset	0.00
Operating costs			
Item			Total
			USD/year
Total (OPEX)			0.00
System summary			
Total installation cost			0.00 USD
Operating costs			0.00 USD/year
Produced Energy			88.1 MWh/year
Cost of produced energy (LCOE)			0.0000 USD/kWh



Project: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SALESIANA DE
GUAYAQUIL

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VCO. Simulation date:
18/06/24 22:26
with V7.4.7

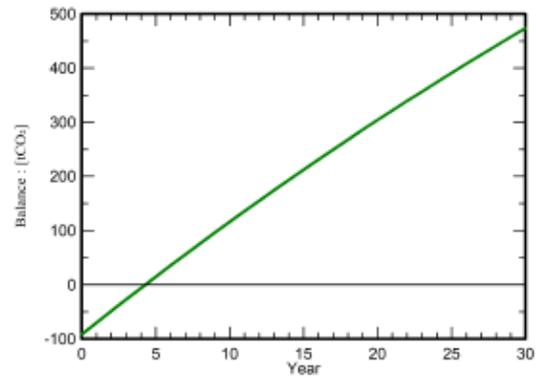
CO₂ Emission Balance

Total: 473.9 tCO₂
Generated emissions
Total: 91.72 tCO₂
Source: Detailed calculation from table below

Replaced Emissions

Total: 651.9 tCO₂
System production: 68.12 MWh/yr
Grid Lifecycle Emissions: 319 gCO₂/kWh
Source: IEA List
Country: Ecuador
Lifetime: 30 years
Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	51.8 kWp	88787
Supports	2.13 kgCO ₂ /kg	1080 kg	2298
Inverters	211 kgCO ₂ /	3.00	632

ANEXO 2.. Módulo mono-facial

www.jinkosolar.com

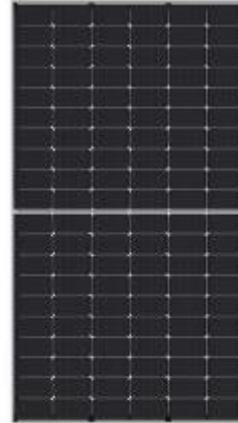


Tiger Neo N-type 60HL4-(V) 460-480 Watt MONO-FACIAL MODULE

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)
ISO9001:2015: Quality Management System
ISO14001:2015: Environment Management System
ISO45001:2018 Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

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

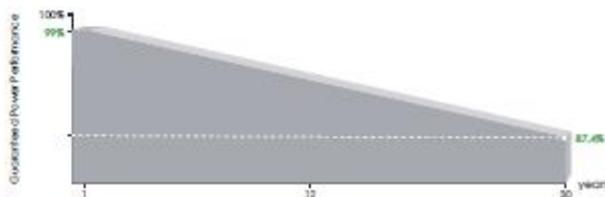


Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

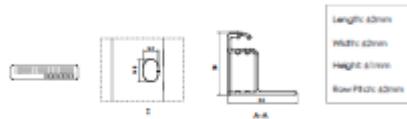
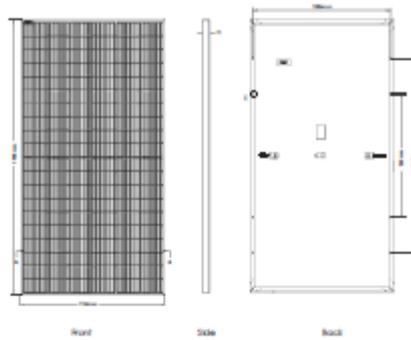


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

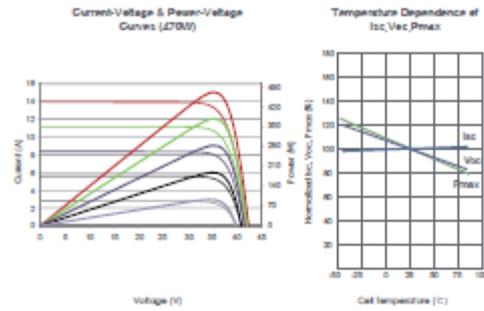


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallet, 72pcs/stack, 864pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	120 (6×20)
Dimensions	1903×1134×30mm (74.92×44.65×1.18 inch)
Weight	24.2 kg (53.35 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

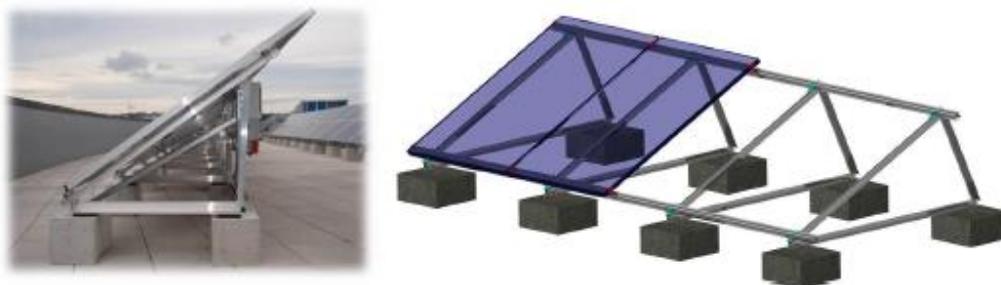
Module Type	JKM460N-60HL4		JKM465N-60HL4		JKM470N-60HL4		JKM475N-60HL4		JKM480N-60HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	460Wp	346Wp	465Wp	350Wp	470Wp	353Wp	475Wp	357Wp	480Wp	361Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.72V	32.60V	34.89V	32.77V	35.05V	32.94V	35.21V	33.10V	35.38V	33.27V
Maximum Power Current (Imp)	13.25A	10.61A	13.33A	10.67A	13.41A	10.73A	13.49A	10.79A	13.57A	10.85A
Open-circuit Voltage (Voc)	42.05V	39.94V	42.22V	40.10V	42.38V	40.25V	42.54V	40.41V	42.71V	40.57V
Short-circuit Current (Isc)	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A	14.31A	11.55A
Module Efficiency STC (%)	21.32%		21.55%		21.78%		22.01%		22.24%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+65°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

ANEXO 3.. Hoja de especificaciones de estructura para suelo horizontal



ESTRUCTURA PARA SUELO O SUPERFICIE HORIZONTAL



Estructura completa y de fácil instalación, para diferente grosor de módulo (35-40-45 y 50 mm). Diseñada para instalarse en superficie plana (Suelo o tejado plano). Puede llevar desde 1 a 20 módulos de diferentes medidas. La disposición del módulo solar es vertical.

Triángulos premontados de fábrica, para una rápida instalación. Solo requiere montar un tornillo para armar el triángulo completo.

**Material de la estructura.****Aluminio EN AW-6005A-T6.**

La estructura está construida en *aluminio Aleación EN AW-6005A-T6 (Aleación estructural)*, cumpliendo así todas las normativas requeridas por dicho documento para la Unión Europea (Normativa Código técnico de la edificación y Eurocódigo 9). La tornillería de la estructura es de *Acero Inoxidable AISI 304 (A2-70)*.

Sistema de fijación de módulos FV.

El módulo se sujeta al perfil mediante grapas omega, intermedias y finales, de manera que cada pieza omega sujetará como máximo a dos módulos FV en las zonas homologadas por el fabricante de módulos FV. La tornillería es desmontable y con sistema autoblocante mecánico y con arandela de presión.

Garantía

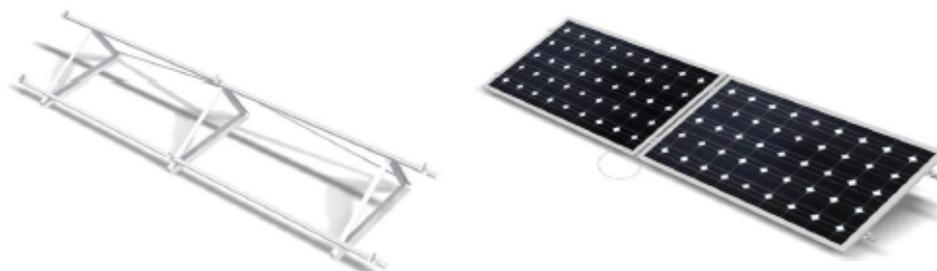
10 años.

- Con la estructura, se adjuntan instrucciones de montaje.
- No incluye tornillo de fijación a la zapata
- Fabricada en España

ANEXO 4.. Hoja de especificaciones de estructura triángulo módulo horizontal



**ESTRUCTURA TRIANGULO Módulo en Horizontal
PARA SUELO o tejado PLANO**



Estructura completa y de fácil instalación, para diferente grosor de módulo (35-40-45 y 50 mm). Diseñada para instalarse en superficie plana (Suelo o tejado plano). Puede llevar desde 1 a 3 módulos de diferentes medidas. La disposición del módulo solar es horizontal (apaisado).

Material de la estructura.

Aluminio EN AW-6005A-T6.

La estructura está construida en *aluminio Aleación EN AW-600 5.T6 (Aleación estructural)*, cumpliendo así todas las normativas requeridas por dicho documento para la Unión Europea (Normativa Código técnico de la edificación y Eurocódigo 9). La tornillería de la estructura es de *Acero Inoxidable AISI 304 (A2-70)*.

Los triángulos se entregan premontado de fábrica, solo se necesita montar un tornillo para armarlo.

Sistema de fijación de módulos FV.

El módulo se sujeta al perfil mediante grapas omega, intermedias y finales (polivalente para grosor de 35 a 50 mm), de manera que cada pieza omega sujetará como máximo a dos módulos FV en las zonas homologadas por el fabricante de módulos FV. La tornillería es desmontable y con sistema autoblocante mecánico y con arandela de presión.

Hasta 25 años de garantía.



Triángulo premontado

- Con la estructura, se adjuntan instrucciones de montaje.
- No incluye tornillo de fijación a la zapata
- Fabricada en España

ANEXO 5.. Datos técnicos Fronius Symo

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO ADVANCED

Energizando proyectos trifásicos - ahora con PLC SunSpec integrado

/ Proceso de
reemplazo e tarjetas/ Tecnología de
montaje
SnapInverter/ Comunicación
de datos
Integrados/ Diseño
Superflex/ Preparado para
redes inteligentes
Smart Grid/ Certificado
SunSpec y Fronius
Rapid Shutdown

Con diez modelos de potencia desde 10kW a 24kW, Fronius Symo Advanced es el inversor ideal para aplicaciones comerciales. Fronius Symo Advanced combina los beneficios de Fronius Symo con un valor adicional para lugares con requisitos de Module Level Shutdown. Fronius Symo Advanced está integrado con un transmisor PLC que cumple el estándar de comunicación SunSpec Rapid Shutdown que a su vez cumple con la norma NEC pre-2014, 2014 y 2017, montaje de inclinación cero, peso ligero y accesibilidad de servicio en el campo.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (VERSIONES 208-240V)

DATOS GENERALES		SYMO 10.0-3 208-240	SYMO 12.0-3 208-240
Potencia FV recomendada (kWp)		8.0 - 13.0	9.5 - 15.5
Máxima corriente de entrada nominal (MPPT1/MPPT 2)			25.0 A / 16.5 A
Máxima corriente (MPPT 1 + MPPT 2)			41.5 A
Máxima corriente de entrada de corto circuito admisible (MPPT1/MPPT2)			37.5 A / 24.8 A
Tensión nominal de entrada	208 V	350 V	350 V
	240 V	370 V	370 V
	480 V	N/A	N/A
Operating voltage range			200-600 V
Tensión de arranque en CD			200 V
Rango de tensión MPP			300-500 V
Tensión máxima en CD			600 V
Máximo conductor admisible en CD		6 AWG cobre, 6 AWG aluminio, 2 AWG cobre o aluminio con peinetas de distribución	
Portafusibles Integrados en CD		NA	
Corriente máxima de entrada de corto circuito por terminal		33A	
Número de MPPT		2	

DATOS DE SALIDA		SYMO 10.0-3 208-240	SYMO 12.0-3 208-240
Potencia máxima de salida	208 V	9995 VA	11995 VA
	240 V	9995 VA	11995 VA
	480 V	NA	NA
Configuración de salida		208/240 V	
Rango de frecuencia (ajustable)		45-65 Hz	
Frecuencia nominal de operación		60 Hz	
Tamaño de conductor de CA admisible		AWG 14-AWG 6	
Distorsión armónica total		-1.5 %	-1.75 %
Factor de potencia (cos phi)		Ajustable (0.85 ind./0.85 cap.)	
Máxima corriente de salida	208 V	27.7 A	33.3 A
	240 V	24.0 A	28.9 A
	480 V	NA	NA
OCPD / Interruptor CA recomendado	208 V	35 A	45 A
	240 V	30 A	40 A
	480 V	NA	NA
Máxima Eficiencia		97.0 %	
Eficiencia CEC 208 V	208 V	96.5 %	96.5 %
	240 V	96.5 %	96.5 %
	480 V	NA	NA

DATOS TÉCNICOS DE FRONIUS SYMO (VERSIONES DE 208-240V)

DATOS GENERALES	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS SYMO
Dimensiones (ancho x alto x largo)	51.1 x 72.4 x 22.6 cm
Grado de protección	NEMA 4X
Consumo nocturno	< 1 W
Tecnología del inversor	Sin transformador
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable
Instalación	Interior y exterior, inclinación desde 0° a 90°
Temperatura ambiente admisible	-40 a +60 °C
Humedad relativa admisible	0 - 100 % (sin condensación)
Máxima altura sobre nivel del mar	1000 VCD a 2000 m / 850 VCD a 3400 m
Terminales de conexión CD	6x DC+ y 6x DC- terminales de tornillo para cobre
Terminales de conexión CA	Terminales de tornillo 14-6 AWG
Certificaciones y cumplimiento de estándares	UL 1741-2010 Segunda Edición (incl. UL1741 Supplement SA 2016-09 for California Rule 21 and Hawaiian Electric Code Rule 14H), UL1998 (para funciones: AFCI, RCMU y monitorización de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547a-2014, IEEE 1547I-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC 2017 Artículo 690, C22. 2 No. 1071-16, UL1699B Issue 2 -2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3 208-240	SYMO 12.0-3 208-240
PESO		41.7 KG

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	DISPONIBLE CON TODOS LOS MODELOS FRONIUS SYMO
Polaridad Inversa CD	Sí
Anti Isla	Interna, de acuerdo con UL 1741-2010, IEEE 1547-2003 y NEC
Sobretensión	Reducción de potencia de salida / enfriamiento activo
AFCI	Sí
Cumplimiento de Rapid Shutdown	Sí
Interrupción de falla a tierra por monitorización de aislamiento	Sí
Desconexión de CD	Sí

INTERFACES	DISPONIBLE CON TODOS LOS MODELOS FRONIUS SYMO
USB (Socket tipo A)	Registro de datos y actualizaciones de firmware vía USB
2x RS422 (RJ45 socket)	Fronius Solar Net, protocolo de interfaz
DISPONIBLE CON LA TARJETA FRONIUS DATAMANAGER 2.0 (SOLO SE NECESITA UNA TARJETA PARA HASTA 100 INVERSORES)	
Wi-Fi/Ethernet /Serie / Datalogger and servidor web	Estándar inalámbrico 802.11 b/g/n / Fronius Solarweb, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU
6 E/S digitales configurables + 4 entradas digitales	Gestión de cargas eléctricas; encendido de señales, E/S multipropósito
Comunicación mediante línea de potencia (PLC)	Sí - Comunicación estándar SunSpec Rapid Shutdown
Compatibilidad con electrónica de nivel modular	Tipo TS4-F basado en SunSpec PLC (prueba pendiente)

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (VERSIONES 480V)

DATOS DE ENTRADA CD	SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia FV Recomendada (kWp)	12.0 - 19.5	16.0 - 26.0	18.0 - 29.5	19.0 - 31.0
Máxima corriente de entrada nominal (MPPT1/MPPT2)		33.0 A / 25.0 A		
Máxima corriente (MPPT 1 + MPPT 2)		51 A		
Máxima corriente de entrada de corto circuito admisible (MPPT 1/MPPT 2)		49.5 A / 37.5 A		
Tensión nominal de entrada 480 V	685 V	710 V	720 V	
Rango de tensión de operación	200-1000 V			
Tensión de puesta en marcha	200 V			
Rango de tensión MPP	350-800 V	450-800 V	500-800 V	
Tensión máxima de entrada	1000 V			
Máximo conductor admisible en CD	6 AWG cobre, 6 AWG aluminio, 2 AWG cobre o aluminio con peñeta de distribución			
Portafusibles Integrados en CD	NA		6- y 6+	
Corriente máxima de entrada de corto circuito por terminal	33A		15A	
Número de MPPT				2

* Se requiere Fronius Shade Cover para montaje en ángulo menor a 15° en exterior.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (VERSIONES 480)

DATOS DE SALIDA CA		SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia Máxima de salida	480 V	14995 VA	19995 VA	22727 VA	23995 VA
Configuración de salida		480 V Delta +N**			
Rango de frecuencia (ajustable)		45-65 Hz			
Frecuencia nominal de operación		60 Hz			
Tamaño de conductor de CA admisible		AWG 14-AWG 6			
Distorsión armónica total		+1.5 %	+1.0 %	+1.25 %	+1.0 %
Factor de potencia (cos phi)		Ajustable (0.85 ind./0.85 cap.)			
Máxima corriente de salida	480 V	18.0 A	24.0 A	27.3 A	28.9 A
OCPD / Interruptor CA recomendado	480 V	25 A	30 A	35 A	40 A
Máxima eficiencia		98.0 %			
Eficiencia CEC	480 V	97.0 %	97.5 %	97.5 %	97.5 %

DATOS GENERALES	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO				
Dimensiones (ancho x alto x largo)	51.1 x 72.4 x 22.6 cm				
Envoltorio	NEMA 4X				
Consumo nocturno	+ 1 W				
Tecnología del Inversor	Sin Transformador				
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable				
Instalación	Interior y exterior, inclinación desde 0 a 90 grados *				
Temperatura ambiente admisible	-40 - +60 °C				
Humedad relativa admisible	0 - 100 % (sin condensación)				
Elevación	2000m con máximo voltaje de entrada de 1000 V / 3400 m con máximo voltaje de entrada de 850 V				
Terminales de conexión CD	6x CD+ y 6x CD- terminales de tornillo para cobre				
Terminales de conexión CA	Terminales de tornillo 14-6 AWG				
Certificaciones y cumplimiento de estándares	UL 1741-2010 Segunda Edición (incl. UL1741 Supplement SA 2016-09 for California Rule 21 and Hawaiian Electric Code Rule 14H), UL1998 (para funciones: AFCI, RCMU y monitorización de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547a-2014, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC 2017 Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-16, UL1699B Issue 2 -2013, CSA T11 M-07 Issue 1 -2013				

DATOS GENERALES	SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Peso	43.4 kg			

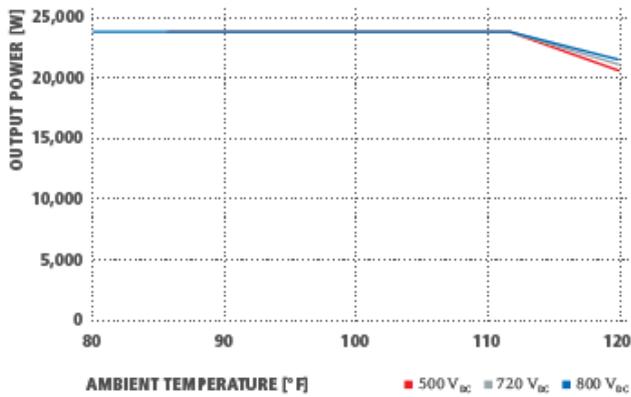
DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO				
Polaridad Inversa CD	SI				
Anti isla	Interna, de acuerdo con UL 1741-2010, IEEE 1547-2003 y NEC				
Sobretensión	Reducción de potencia de salida / enfriamiento activo				
AFCI	SI				
Cumplimiento de Rapid Shutdown	SI				
Interrupción de falla a tierra por monitorización de aislamiento	SI				
Desconexión de CD	SI				

INTERFACES	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO				
USB (Socket TIPO A)	Registro de datos y actualización de firmware vía USB				
2x RS422 (RJ45 socket)	Fronius Solar.Net; protocolo de interfaz				
DISPONIBLE CON LA TARJETA DATAMANAGER 2.0 (SOLO SE NECESITA UNA TARJETA PARA HASTA 100 INVERSORES)					
Wi-Fi* / Ethernet / Serial / Datalogger y servidor web	Estándar inalámbrico 802.11 b/g/n Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU				
6 ES digitales configurables + 4 entradas digitales	Gestión de cargas eléctricas; encendido de señales, E/S multipropósito				
Comunicación mediante línea de potencia (PLC)	SI - Comunicación estándar SunSpec Rapid Shutdown				
Compatibilidad con electrónica de nivel modular	Tipo TS4-F basado en SunSpec PLC (prueba pendiente)				

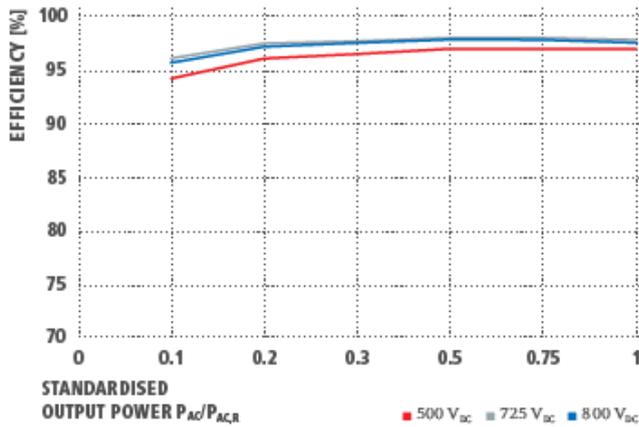
** + N para líneas de detección - sin conductor de corriente.

* Se requiere Fronius Shade Cover para montaje en ángulo menor a 15° en exterior.

FRONIUS SYMO 24.0-3 480 CURVA DE REDUCCIÓN DE POTENCIA DE TEMPERATURA



FRONIUS SYMO 24.0-3 480 CEC CURVA DE EFICIENCIA



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com v09 July 2018 ES



Fronius México S.A. de C.V.
Carretera Monterrey Saltillo 3279 E
Parque Landus Business Park
Santa Catarina, NL, 66367, México
pv-sales-mexico@fronius.com
www.fronius.com.mx

Fronius do Brasil Comércio, Indústria e
Serviços Ltda
CL Imigrantes, Bairro Battistini
Avenida Venâncio Tomás de Aquino No. 240
São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil
sao@fronius.com
www.fronius.com.br

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Todos e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.
No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición, declinamos por ello cualquier resp.

LATAM V10/2019

ANEXO 6..





