



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN
DE 1,842 MWP, CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Adonis Andrés Coello Miño

Angel Eduardo Hinostroza Flores

TUTOR: Ing. Gary Ampuño PhD

Guayaquil – Ecuador

2026

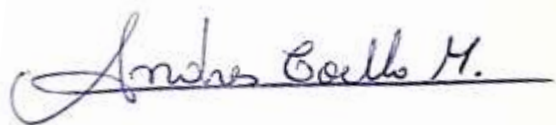
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Adonis Andrés Coello Miño con documento de identificación N° 0941585689 y
Angel Eduardo Hinostroza Flores con documento de identificación N° 0952943272;
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, 23 de enero del año 2026

Atentamente,



Adonis Andrés Coello Miño

0941585689



Angel Eduardo Hinostroza Flores

0952943272

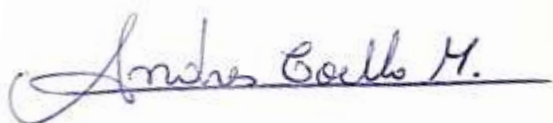
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Adonis Andrés Coello Miño *z* con documento de identificación No. 0941585689 y Angel Eduardo Hinostroza Flores con documento de identificación No. 0952943272, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN DE 1,842 MW_p, CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 23 de enero del año 2026

Atentamente,



Adonis Andrés Coello Miño *z*
0941585689



Angel Eduardo Hinostroza Flores
0952943272

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gary Omar Ampuño Aviles con documento de identificación N° 0922639752 , docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN DE 1,842 MWp, CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN” realizado por Adonis Andrés Coello Miñoiz con documento de identificación N° 0941585689 y por Angel Eduardo Hinostroza Flores con documento de identificación N° 0952943272, 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, 23 de enero del año 2026

Atentamente,



Gary Omar Ampuño Aviles
0922639752

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por sus infinitas bendiciones, por abrirme las puertas en este proceso, ya que sin su fortaleza y sabiduría no habría sido posible.

A mi esposa, mi compañera de vida, gracias por tu amor, tu apoyo constante, paciencia y sacrificio personal, fueron fundamentales para que pudiera dedicar el tiempo y esfuerzo necesarios durante este tiempo. Gracias por caminar a mi lado.

Adonis Andrés Coello Miño

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi mayor gratitud a Dios por haberme bendecido con la vida, salud, fortaleza, sabiduría, y la perseverancia para culminar esta etapa profesional.

A mi esposa, que día a día me daba las fuerzas para no rendirme, por ser ese pilar fundamental.

Al Ing. Gary Omar Ampuño Avilés PhD. por su ayuda y orientación en este proyecto y poder culminar esta etapa que será el comienzo de bendiciones mayores.

Adonis Andrés Coello Miño

DEDICATORIA

A Dios y mis padres, este trabajo va dedicado a esas dos personas que no perdieron su fe y que siempre confiaron en mis capacidades.

A mi mamá Erika de Rocio Hinostrza Flores mi fuente inagotable de fortaleza y amor en mi búsqueda de conocimientos, a mi papá William Humberto Fajardo Palma quien con rectitud y esfuerzo me enseñó que no existen límites para quien trabaja con determinación.

Angel Eduardo Hinostrza Flores

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme fortaleza también por bendecirme con salud y darme sabiduría necesaria para superar cada obstáculo en este camino.

A mis padres que fueron mi motivación e inspiración para poder concluir esta etapa de estudios, su sacrificio, amor incondicional y fe en mis capacidades, de igual manera, con profunda gratitud extiendo mi reconocimiento al Ing. Stevent zurita por su valiosa orientación y por abrirme las puertas a nuevos horizontes de conocimiento.

Angel Eduardo Hinostraza Flores

INDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
CAPÍTULO 1	1
1.1 TÍTULO	1
1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO 2	4
2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	4
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES.....	4
2.1.1 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES	4

2.1.2	ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....	4
2.1.3	ENERGÍA GEOTÉRMICA	5
2.1.4	ENERGÍA SOLAR	5
2.1.5	ENERGÍA EÓLICA.....	6
2.1.6	ENERGÍA MAREOMOTRIZ (OCEANICA O MARINA)	6
2.1.7	BIOENERGÍA	7
2.2	ESTADO DEL ARTE	8
2.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	8
2.4	RADIACIÓN SOLAR E IRRADIACIÓN	9
2.4.1	TIPO DE RADIACIÓN SOLAR	9
2.5	EFECTO FOTOVOLTAICO	9
2.6	TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	10
2.6.1	SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID	10
2.6.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID.....	11
2.6.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO	12
2.7	SOFTWARE DE PVSYST	12
2.8	NORMATIVA Y REGULACIÓN APLICABLE (NACIONAL/LOCAL).....	13
2.8.1	NORMAMATIVA DE REGULACION ECUATORIANA AECENNR 001/2021	13
2.8.2	PROCEDIMIENTO PARA LA APROBACIÓN DE PROYECTOS DE SGDA DE CONSUMIDORES REGULADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	14
2.8.3	ETAPA DE FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN	15

2.8.4	ETAPA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE HABILITACIÓN PARA UN SGDA.....	16
2.8.5	INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE UN SGDA	18
CAPÍTULO 3.....		19
3	METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL SISTEMA.....	19
3.1	PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN DE 1,842 MW _p , CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.....	19
3.2	LUGAR Y UBICACIÓN PARA EL DISEÑO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO ONGRID.	19
3.3	RECOLECCION DE DATOS Y CONSUMOS ENERGETICOS.....	20
3.4	DIMENSIONAMIENTO DEL AREA DE DISEÑO	21
3.5	DISEÑO DE PANELES SOLARES EN AUTOCAD.....	23
3.6	DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS ENVERSORES.....	24
3.7	DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES	26
3.8	DIAGRAMA UNIFILAR DE LLOS INVERSORES	27
3.9	DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN A LA RED	28
3.10	EQUIPOS RECOMENSADOS A UTILIZAR PARA EL PROYECTO	29
3.10.1	ESPECIFICACIONES DE EQUIPAMIENTO	29
3.11	CÁLCULO DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO	33
3.11.1	ANÁLISIS DE VOLTAJE DE ENTRADA (MPPT)	33
3.11.2	ANÁLISIS DE LA CORRIENTE POR MPPT	33

3.11.3	VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{sc}).....	34
3.11.4	POTENCIA Y RELACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO (DC/AC).....	34
3.12	DISEÑO EN SOFTWARE PV _{syst}	35
3.13	BALANCE DE EMISIÓN DE CO ₂	40
3.14	CONSUMOS PLANILLA ELECTRICA	41
3.15	CONSUMO SOLAR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	43
	CONCLUSION	46
	RECOMENDACION.....	48
	ENEXOS	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Energía Hidroeléctrica.....	5
Figura 2. Energía Geotérmica.	5
Figura 3. Energía Solar	6
Figura 4. Energía Eólica	6
Figura 5. Energía Mareomotriz	7
Figura 6. Bioenergía.....	7
Figura 7. Efecto Fotovoltaico.....	10
Figura 8. Sistema fotovoltaico Off-Grid	11
Figura 9. Sistema fotovoltaico On Grid	11
Figura 10. Sistema Híbrido.....	12
Figura 11. Logotipo ventana del software PVsyst	13
Figura 12. Vida Útil Energías Renovables	15
Figura 13. Ubicación del proyecto	20
Figura 14. Dimensión del área	22
Figura 15. Diseño de paneles fotovoltaico con AutoCAD.....	23
Figura 16. Diagrama unifilar de los inversores	25
Figura 17. Diagrama unifilar de protecciones	26
Figura 18. Diagrama unifilar del proyecto.....	27
Figura 19. Diagrama unifilar de conexión a la red	28
Figura 20. Panel solar de 560 W.....	29
Figura 21. Ficha técnica del panel solar	30
Figura 22. Inversor.....	31

Figura 23. Ficha técnica del inversor.....	32
Figura 24. Inicio de diseño / tipo de conexión	35
Figura 25. Nombre del proyecto	36
Figura 26. Selección de ubicación geográfica.....	36
Figura 27. Ubicación del proyecto	37
Figura 28. Radiaciones	37
Figura 29. Ingreso de parámetros	38
Figura 30. Selección de elementos.....	39
Figura 31. Resultado del diseño	39

CAPÍTULO 1

1.1 TÍTULO

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN
DE 1,842 MW_p, CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE
DISTRIBUCIÓN

1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO

El aumento del consumo energético en los centros de distribución ha generado una creciente dependencia del suministro eléctrico proveniente de la red pública, lo que se traduce en altos costos operativos y una mayor huella ambiental. En respuesta a esta problemática, se plantea la urgencia de adoptar estrategias sostenibles implementar soluciones sostenibles orientadas al aprovechamiento de recursos estratégicos renovables. Entre las cuales la energía solar se posiciona como una de las más prometedoras.

Si bien muchos establecimientos cuentan con sistemas de respaldo mediante grupos electrógenos diésel, estos presentan limitaciones significativas en cuanto a eficiencia energética, costos de operación y emisiones contaminantes. Por otra parte, el avance tecnológico y la reducción de costos de los sistemas fotovoltaicos han abierto nuevas posibilidades para diversificar la matriz energética mediante integración de fuentes renovables.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Lo que se busca con esta propuesta es presentar una alternativa técnica y ambiental sostenible para reducir la dependencia del suministro eléctrico convencional y los costos energéticos asociados a las operaciones, esto se puede lograr con la instalación e implementación de módulos fotovoltaicos (fotoeléctricos) el cual pueden mejorar la eficiencia energética del sistema, reduciendo así el consumo de la electricidad convencional.

La Actualización permitiría al centro de distribución controlar y gestionar mejor el consumo de energía, resultando en una reducción notable en los costos operativos. Con la energía eléctrica integrando una parte sustancial de los gastos operativos, reducir costos tiene un impacto directo en la rentabilidad y competitividad del centro de distribución.

La implementación de sistemas fotovoltaicos representa una estrategia eficaz para el aprovechamiento de fuentes de energías renovables, como lo es la energía fotovoltaica que reduce significativamente la huella de carbono. La transición hacia una infraestructura más ecológica no solo ayudara a cumplir con las normativas ambientales, sino que también mejorar la imagen del centro de distribución que valoran la sostenibilidad. Además, al alinearse con las tendencias globales de responsabilidad ambiental. El centro de distribución como tal puede acceder a incentivos y beneficios fiscales, con esto nos referimos a que el estado te ofrece una condonación de impuesto por 10 años para las nuevas inversiones renovables en este caso la energía solar fotovoltaica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta técnica de un sistema de generación fotovoltaica en media tensión, mediante la utilización de un software especializado, garantizando una integración segura, eficiente y conforme a la normativa vigente.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los patrones de consumo energético, mediante el uso de herramientas de monitoreo y software de simulación, para detectar oportunidades de reducción de carga y mejora en la eficiencia energética.
- Estudiar la productividad y beneficios del proyecto en donde se considera el ahorro en costos de energía eléctrica.
- Evaluar el impacto ambiental de la transición a un sistema fotovoltaico conectado a la red, mediante la medición de reducción de emisiones y optimización de recursos, para contribuir a la sostenibilidad ambiental.

CAPITULO 2

2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son fuentes obtenidas directamente de la naturaleza. Estos son recursos que se genera de manera autónoma y se regeneran a una velocidad superior del que lo consumimos, entre sus mayores ventajas es el de producir electricidad limpia e inagotable y, tienen un menor impacto ambiental al producir menor cantidad de sustancias contaminantes en comparación con las no renovables [1].

2.1.1 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Existen varias fuentes de energía renovables algunas de las fuentes habituales de energías renovables se presentan de diversas formas, cada uno con su mecanismo de recepción de energía [1].

2.1.2 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

Este tipo de energía es una fuente renovable que convierte la energía cinética del agua en electricidad por medio del movimiento, usando turbinas y generadores, comúnmente en centrales con represas como se muestran en la figura 1 que almacenan agua y la liberan para mover las turbinas. Esta es una energía limpia, flexible y fundamental para equilibrar la red eléctrica [2].



Figura 1. Energía Hidroeléctrica

2.1.3 ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica esta es un tipo de energía que aprovecha el calor natural que se genera desde el subsuelo para generar electricidad, así como se muestra en la figura 2, siendo esta una fuente de energía limpia, constante y con bajo impacto ambiental, dicha energía se obtiene mediante la extracción de vapor o agua caliente de yacimientos subterráneos a través de pozos profundos [3].



Figura 2. Energía Geotérmica.

2.1.4 ENERGÍA SOLAR

En la figura 3 se muestra una fuente de energía súper renovable e inagotable que capta la luz del sol para producir electricidad (fotovoltaica) o calor (térmica) mediante paneles solares o

colectores, siendo clave en la transición energética por ser limpia, dicha energía reduce la dependencia de combustibles fósiles y esta ofrece ahorros económicos a largo plazo [4].



Figura 3. Energía Solar

2.1.5 ENERGÍA EÓLICA

Es una fuente de energía renovable que aprovechamos del aire y es producida por los aerogeneradores o también conocidas turbinas eólicas, así como en la figura 4 impulsados por la fuerza del viento, convirtiendo la energía cinética del aire en energía eléctrica. Esta energía es considerada la más eficiente de todas las energías renovables, cuyo impacto ambiental es más bajo en comparación con las otras alternativas [5].



Figura 4. Energía Eólica

2.1.6 ENERGÍA MAREOMOTRIZ (OCEÁNICA O MARINA)

La energía oceánica o marina son fuente renovable que utilizan el movimiento del mar (ascenso y descenso del agua) para generar electricidad, en la figura 5 se está usando la fuerza

gravitatoria del sol y la luna para mover las turbinas, similar a una central hidroeléctrica. Es una fuente limpia, predecible y constante, pero esta requiere ubicaciones con grandes diferencias de mareas (más de 5 metros) y su instalación pueden ser costosas y afectar los ecosistemas marinos [6].



Figura 5. Energía Mareomotriz

2.1.7 BIOENERGÍA

Esta energía es obtenida de la biomasa (materia orgánica como plantas, residuos agrícolas) en la figura 6 podemos identificar mediante procesos como la combustión, fermentación o gasificación, para producir electricidad, calor y combustibles (bioetanol, biodiesel). Es una fuente versátil y almacenable y que contribuye a la reducción de combustibles de hidrocarburos y mitigar el CO₂, al ser un ciclo de carbono más neutro este se gestiona muy bien [7].



Figura 6. Bioenergía

2.2 ESTADO DEL ARTE

Las instalaciones y aplicación de los sistemas fotovoltaicos solares se caracterizan por su gran versatilidad permitiendo su implementación en viviendas residenciales, edificaciones, estructuras de montaje en tierra o lotes, estructuras para parqueos de automóviles, edificios estatales como escuelas y colegios, hospitales y edificios gubernamentales y por lo consiguiente pueden ser instaladas en instalaciones agrícolas y granja. Esto demuestra que los sistemas fotovoltaicos se pueden adatar a prácticamente cualquier necesidad energética [8].

2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

La energía fotovoltaica esta entre las fuentes renovables claves en la transición energética a nivel mundial. Un sistema fotovoltaico son el conjunto de elementos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El componente principal de dicho sistema son los módulos fotovoltaicos, el cual a su vez está compuesto por células fotoeléctricas capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna. Los equipos incluidos en un sistema fotovoltaico dependen en su mayoría de la aplicación a la que estará destinado el sistema fotovoltaico. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grandes grupos: conectados a la red (On-grid), autónomos (off-grid) [9].

Dentro de las energías renovables la solar fotovoltaica es la que tiene un auge más considerable, debido al encarecimiento de la energía convencional y a los aumentos de la contaminación. La energía solar fotovoltaica se subdivide en dos partes una es la fotovoltaico aislada y la otra por conexión a la red general de la compañía eléctrica [10].

2.4 RADIACIÓN SOLAR E IRRADIACIÓN

El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5500°C , en cuyo interior tiene lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar [11].

2.4.1 TIPO DE RADIACIÓN SOLAR

En función de cómo inciden los rayos en la tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar:

Directa: es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmosfera.

Difusa: es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmosfera.

Albedo: es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Aunque tres componentes están presentes en la radiación total que recibe la tierra, la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa [12].

2.5 EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico consiste en la conversión directa de la radiación a través de células fotovoltaicas que convierten la luz emitida por el sol en electricidad. Este proceso se consigue con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando

los electrones libres son capturados, se genera una corriente eléctrica que puede ser aprovechada como electricidad.

El efecto fotovoltaico consiste en la generación de una corriente eléctrica a través de un material expuesto a irradiación solar es un fenómeno físico químico basados en el efecto fotoeléctrico.

Cuando la radiación solar, o cualquier otro tipo de radiación, incide sobre la superficie de un material semiconductor, los electrones de la banda de valencia absorben energía y se excitan, saltando de la banda de conducción para ser libres. Algunos de estos electrones excitados alcanzan una zona de unión donde son acelerados por otro material debido al potencial galvánico como se observa en la figura 7. Este fenómeno genera una fuerza electromotriz, y de esta forma la energía solar se convierte en energía eléctrica [13].

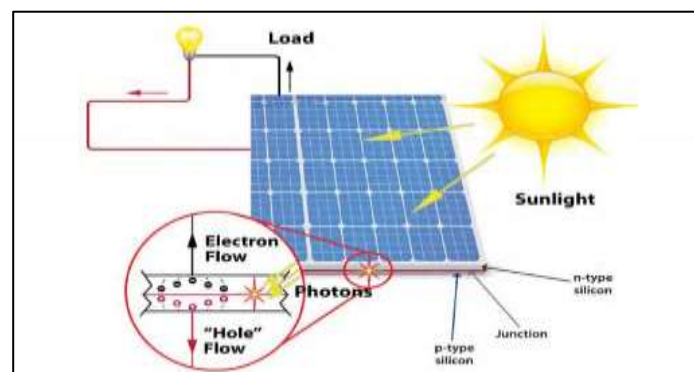


Figura 7. Efecto Fotovoltaico

2.6 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.6.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED OFF-GRID

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (off-grid) convierten la energía solar captada por células fotovoltaicas en electricidad sin requerir conexión a la red eléctrica convencional. Este tipo de sistemas fotovoltaicos satisface a las necesidades energéticas de cargas específicas y se

destacan por su simplicidad y fiabilidad. En su mayoría se utilizan en aplicaciones como sistemas residenciales e industriales como vemos en la figura 8, la iluminación pública, la señalización, en tratamiento de agua y en sistemas de bombeo, entre otros [14].

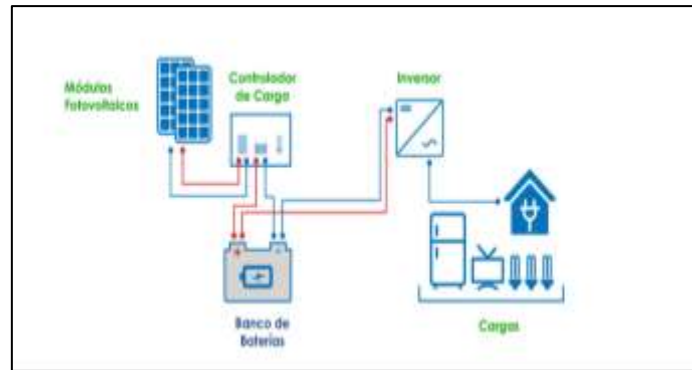


Figura 8. Sistema fotovoltaico Off-Grid

2.6.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

En la figura 9 se muestra un sistema interconectado a la red hace mención al tipo de instalación que se halla conectado a la red, facilitando así que los clientes puedan generar y consumir energía fotovoltaica, pero dependiendo de la garantía de la red eléctrica en casos de que la vivienda, empresa o industria consuma más energía de la que genera el sistema fotovoltaico. En cambio, cuando ocurre lo opuesto, el sistema On-grid permite suministrar estos excedentes a la red eléctrica [15].



Figura 9. Sistema fotovoltaico On Grid

2.6.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO

Un sistema fotovoltaico híbrido es una combinación entre un sistema conectado a la red (On-grid) y los sistemas autónomos aislados (Off-grid), dándonos la posibilidad de almacenar la energía generada en baterías para uso posterior y a su vez, inyectarla la energía almacenada a la red eléctrica pública si hay excedentes como se visualiza en la figura 10. Esta configuración optimiza el uso de la energía disponible y mejora la eficiencia del sistema [16].

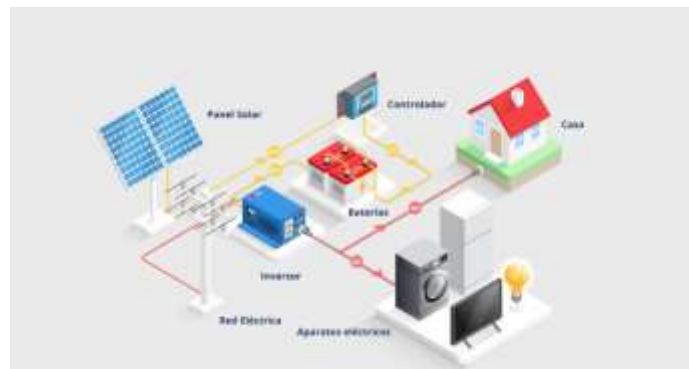


Figura 10. Sistema Híbrido.

Estos sistemas también se pueden clasificar según el tipo de bus de conexión que utilicen:

- conexión en corriente continua (DC coupling).
- conexión en corriente alterna (AC coupling).
- conexión mixta, que combina Corriente y Continua [17].

2.7 SOFTWARE DE PVSYS

En la figura 11 se visualiza el logo de PVsyst este es una herramienta que nos sirve para analizar sistemas solares fotovoltaicos, en los últimos años se ha consolidado como una gran herramienta esencial. El software de PVsyst permite a los usuarios predecir el rendimiento y la producción de energía ayudando a profesionales a crear y diseñar proyectos que contemplen energía solar fotovoltaica tanto a pequeña y como a gran escala, proporcionando características y funcionalidades técnicas como son; informe detallado, reporte de generación y consumo de

energía, rendimiento específico, diagrama de pérdidas eléctricas y entre otras características [18].

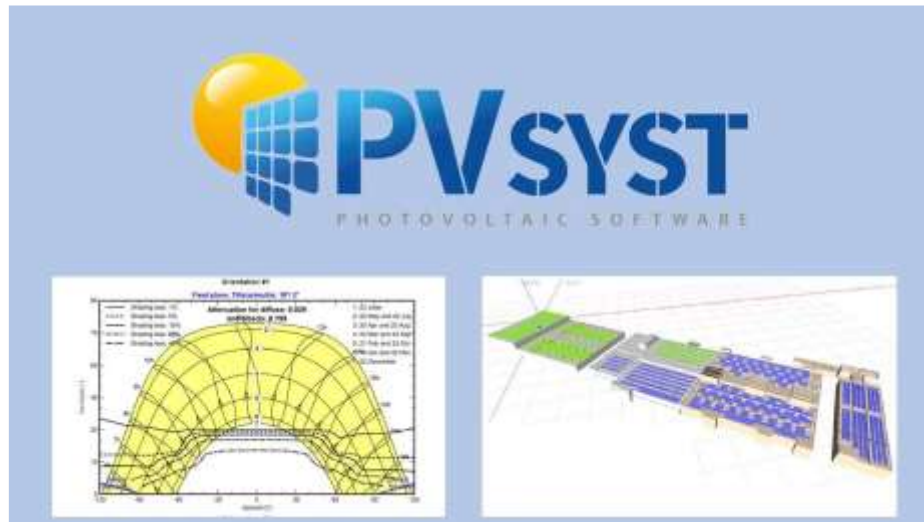


Figura 11. Logotipo ventana del software PVsyst

2.8 NORMATIVA Y REGULACIÓN APLICABLE (NACIONAL/LOCAL)

2.8.1 NORMATIVA DE REGULACION ECUATORIANA AECENNR

001/2021

La normativa ecuatoriana AECENNR 001-2021 establece un marco regulatorio integral establecidas por las autoridades ecuatorianas para supervisar algunos aspectos relacionados con la protección y gestión del medio ambiente en el país. Los objetivos y puntos principales que aborda esta regulación son [19]:

- Prevención y control de la contaminación ambiental.
- Protección de los recursos naturales.
- Gestionar correctamente los residuos.
- Orden territorial y planificación desde una perspectiva ambiental.

- Evaluación y control del ambiente.
- Fomentar la participación de la ciudadanía en temas medio ambientales.

2.8.2 PROCEDIMIENTO PARA LA APROBACIÓN DE PROYECTOS DE SGDA DE CONSUMIDORES REGULADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El objetivo principal para la regulación SGDA es, permitir homologar las actividades necesarias para la aprobación de factibilidades, certificados de habilitación y puestas en operación de los SGDA, de acuerdo a las modalidades de autoabastecimiento descritas en la regulación ARCONEL 005/24 codificada o su reemplazo [20].

De acuerdo con la normativa vigente en la regulación ARCONEL 005/24.

Los proyectos eléctricos de generación distribuida a través de fuentes de energía renovable, para su aprobación se clasifican por categorías y por modalidades:

- Los SGDA con potencia menor o igual a 100 kW serán categoría 1 y los SGDA con potencia superior a 100 kW serán categoría 2.
- Las modalidades dispuestas en la regulación ARCONEL 005/24 (codificada) serán las siguientes:
 - Modalidad 1a: autoabastecimiento individual local.
 - Modalidad 1b: autoabastecimiento múltiple local.
 - Modalidad 2a: autoabastecimiento individual remoto.
 - Modalidad 2b: autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores concentrados.

- Modalidad 2c: autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores dispersos.

Los proyectos deberán cumplir con los lineamientos técnicos establecidos por la CNEL estratégica para el diseño y construcción de proyectos eléctricos, esto incluye la estandarización de las unidades de construcción (UC), así como las especificaciones técnicas de todos los materiales y equipos para el sistema de distribución eléctrica tal como lo dictan en el ministerio rector y normativas del sector eléctrico vigente [20].

El plazo de operación del SGDA está ligado al ciclo de vida del SGDA, el cual está determinado en la tabla siguiente como se muestra en la Figura 12, registro desde la fecha de puesta en marcha del sistema. Una vez finalizado este periodo, el consumidor está obligado a desconectar su SGDA de la red de CNEL EP, condición establecida en el contrato de suministro [20].

TECNOLOGÍA	VIDA ÚTIL AÑOS
FOTOVOLTAICO	25
EÓLICA	25
BIOMASA	20
BIOGÁS	20
HIDRÁULICA	30

Figura 12. Vida Útil Energías Renovables

2.8.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

Recepción de documentación para obtener la factibilidad de conexión, categoría 1,2

El personal de clientes especiales en el término de un (1) día revisa los documentos presentados por el representante técnico mediante la plataforma informática, establecido a continuación:

- Formato FO-TEC-CTR-101 “solicitud de factibilidad de conexión para consumidores”.

- Carta de solicitud de factibilidad para un SGDA (anexo2).
- Carta de designación de representante Técnico (anexo3).
- Una copia del documento que acredite l designación del representante legal, redactada conforme a lo establecido en la ley de copropiedad y su reglamento (aplica para modalidad 1b y 2b).
- El propietario del inmueble o su representante legal debe otorgar una autorización formal para la instalación del SGDA (requisito solo para la modalidad 1b).
- Porcentaje de asignación se requiere especificar el porcentaje de la energía eléctrica producida por el SGDA que se asignara para cada consumidor regulado (aplica para modalidad 1b, 2b y 2c).
- Listado completo de todos los consumidores sujetos a regulación beneficiarios de la producción del SGDA, incluyendo razón social, domicilio números de las cuentas contrato. Todos los clientes sujetos a regulación asociados al SGDA deberán tener el mismo RUC en su cuenta contrato (aplica para modalidad 2c).
- Documento que demuestre la propiedad o posesión legítima del inmueble donde se va a instalar el SGDA; o, en su lugar el contrato de arrendamiento, comodato o anticresis notariado del inmueble donde se va a implementar el SGDA [20].

2.8.4 ETAPA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE HABILITACIÓN PARA UN SGDA

El representante técnico entrega al personal de clientes especiales a través de la plataforma informática, la siguiente información:

- Formato FO-TEC-CTR-102 “Solicitud de certificado de calificación SGDA”.
- Factibilidad de conexión que se encuentre vigente contados desde su notificación.

a) **Categoría 1:** 3 meses

b) **Categoría 2:** 6 meses

- Nombramiento del representante legal o representante técnico.
- Factura de pago por concepto de tramites, solo aplica para categoría 2.
- Documento que acredite la propiedad, posesión legítima del mueble o predio donde se va a instalar el SGDA; O, en su efecto el contrato de arrendamiento, comodato o anticresis notariado del inmueble o predio para la instalación y operación del SGDA.
- Memoria técnica-descriptiva de estudio del proyecto, respaldado por un proyectista cuyas competencias estén definidas en la ley de ejercicio profesional de la ingeniería y su reglamento. A la memoria técnica le será adjuntada en lo que fuera aplicable de acuerdo corresponda al tamaño del SGDA, los siguientes estudios e información [20].
 - a) Diagrama unifilar de la instalación.
 - b) Especificaciones generales del requerimiento.
 - c) Esquema de conexión a la red de distribución de medio, bajo o alto voltaje.
 - d) Modalidad que aplica de acuerdo a la regulación vigente.
 - e) Estudio del sistema de protecciones y equipos de seccionamiento.
 - f) Aspecto técnico complementarios respecto a las protecciones, a fin de cumplir con los estándares y requerimiento de la empresa de distribución.
 - g) Numero de potencia instalada de los inversores y paneles solares.
 - h) Ficha técnica y características que presentan los inversores.
 - i) Características del lugar de recepción y medición.
 - j) Los niveles de tensión de la red.

- k) Coordenadas UTM del punto propuesto para la conexión en los modelos de generación remota (2^a, 2b y 2c).
- l) Cronograma de ejecución del proyecto.
- m) Existencia de consumos de servicios auxiliares.
- n) Diseño de las obras y ajustes de la red distribuida que se deberán implementar para poder realizar la conexión del SGDA.

2.8.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE UN SGDA

Con la emisión del FO-TEC-CTR-103 “Certificado de habilitación para instalar y operar un sistema de generación distribuido para autoabastecimiento de un consumidor regulado”, el consumidor regulado inicia la instalación del SGDA, cumpliendo con el cronograma presentado y avalado por CNEL EP.

El profesional técnico designado mediante el sistema de gestión documental Quipux emite su pronunciamiento a través del director de distribución en veinte (20) días contados a partir de la concesión de la solicitud y descargos por parte del consumidor regulado [20].

CAPÍTULO 3.

3 METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1 PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MEDIA TENSIÓN DE 1,842 MW_p, CON CONEXION A LA RED EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.

La metodología de desarrollo para modalidad de proyecto técnico se aplicará bajo investigación y recopilación de datos históricos de consumo energético del centro de distribución. Se emplearán registros obtenidos de facturación eléctrica, sistema de gestión de energía existentes o en su defecto.

Para el desarrollo se empleará software de ingeniería especializado como son AutoCAD y PVsyst y otros según disponibilidad. Para lograr realizar el diseño y simular el comportamiento del sistema variando sus características.

3.2 LUGAR Y UBICACIÓN PARA EL DISEÑO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO ON-GRID.

Este es el punto de partida fundamental para determinar el potencial solar, donde se procederá a verificar e identificar el lugar de estudio para el diseño del proyecto técnico, con el fin de recolectar datos de ubicación geográficas y coordenadas.

Se definirán latitud y longitud exactos del proyecto estos se muestran en la figura 13. La latitud determinara el Angulo de incidencia de los rayos solares y también el ángulo de inclinación de los paneles. Así como también la altitud esta es la elevación sobre el nivel del mar ya que estos pueden influir en la irradiación y la temperatura operacional de las celdas fotovoltaicas.



Figura 13. Ubicación del proyecto

3.3 RECOLECCION DE DATOS Y CONSUMOS ENERGETICOS

Se obtienen la demanda total energética del medidor también se consideran los registros mensuales de la planilla.

Esta ubicación es representativa para el desarrollo del proyecto al no tener obstrucciones por efectos de sombra como en zonas rurales, esto hace que la captación de la luz solar sea directa y no haya pérdidas.

3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL AREA DE DISEÑO

Previamente que se identificó el lugar y el área en donde se busca diseñar la propuesta del proyecto que tiene un área de 31.09 m de ancho y 108.18 m de largo por cada tramo de cubierta ligera, en total conformarían un área de 10089.96 m².

Para realizar el cálculo del área se aplica la siguiente formula:

$$\text{Área} = \text{largo}(m) \times \text{Ancho}(m)$$

$$\text{Área} = 31.09 \times 108.18$$

$$\text{Área} = 3363.32 \text{ m}^2$$

El área calculada la multiplicamos por 3 para calcular el área total que se ha propuesto utilizar:

$$\text{Área} = 3363.32 \text{ m}^2 \times 3$$

$$\text{Área} = 10089.96 \text{ m}^2$$

Calculamos cuántos paneles que se podrían instalar en esta área destinada para el proyecto:

El área obtenida la dividimos para el área del panel en m² que se ha propuesto para este proyecto obsérvese en la figura 14.

$$\text{CANTIDAD DE PANELES SOLARES} = \frac{\text{Área proyectada}(m^2)}{\text{Área del panel}(m^2)}$$

$$\text{CANTIDAD DE PANELES SOLARES} = \frac{10089.96 \text{ m}^2}{2.58 \text{ m}^2}$$

$$\text{CANTIDAD DE PANELES SOLARES} = 3910.83 \approx 3911$$



Figura 14. Dimensión del área

En la figura 14 se muestra desde una vista aérea la cubierta en donde se tomó medidas para ubicación de los paneles fotovoltaicos.

3.5 DISEÑO DE PANELES SOLARES EN AUTOCAD

Diseño de los paneles fotovoltaicos con una visión aérea, el cual nos permite visualizar la cantidad y posición de los paneles y ubicación de los elementos de sujeción.

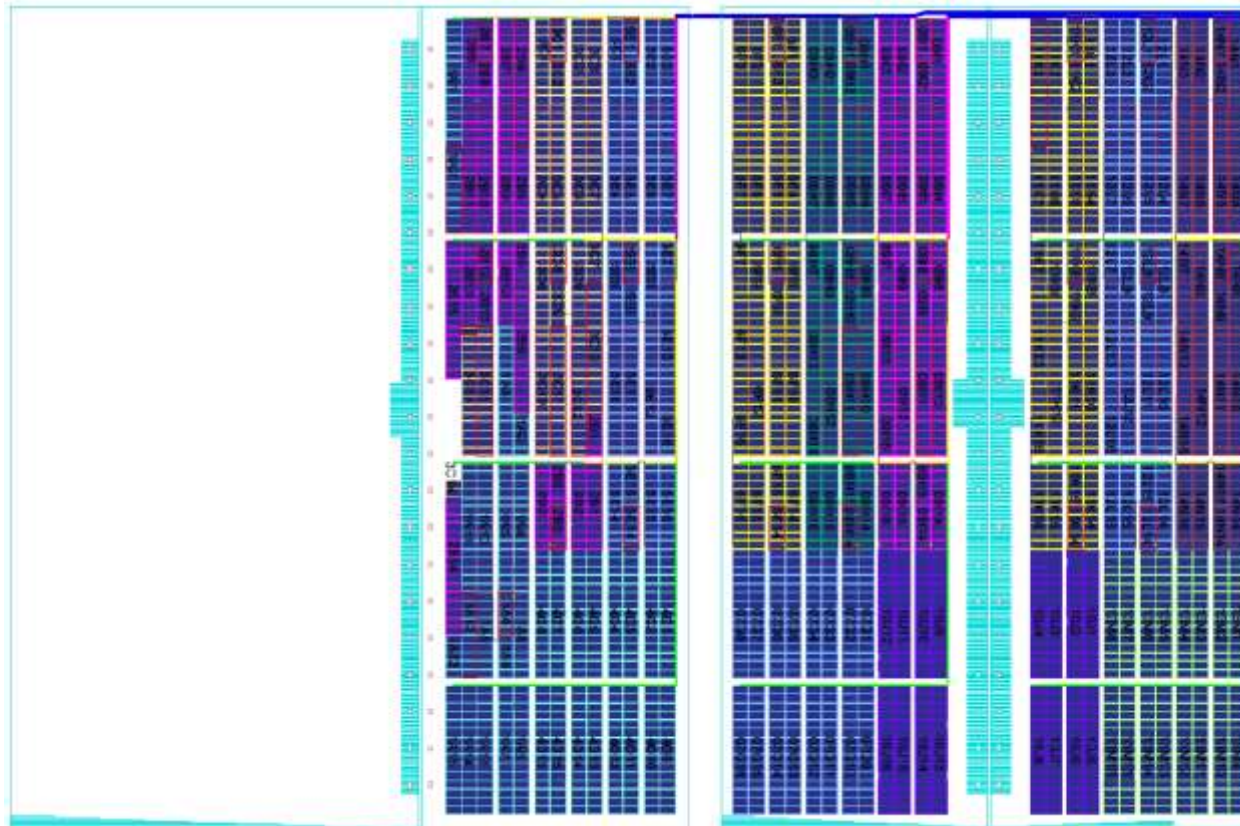
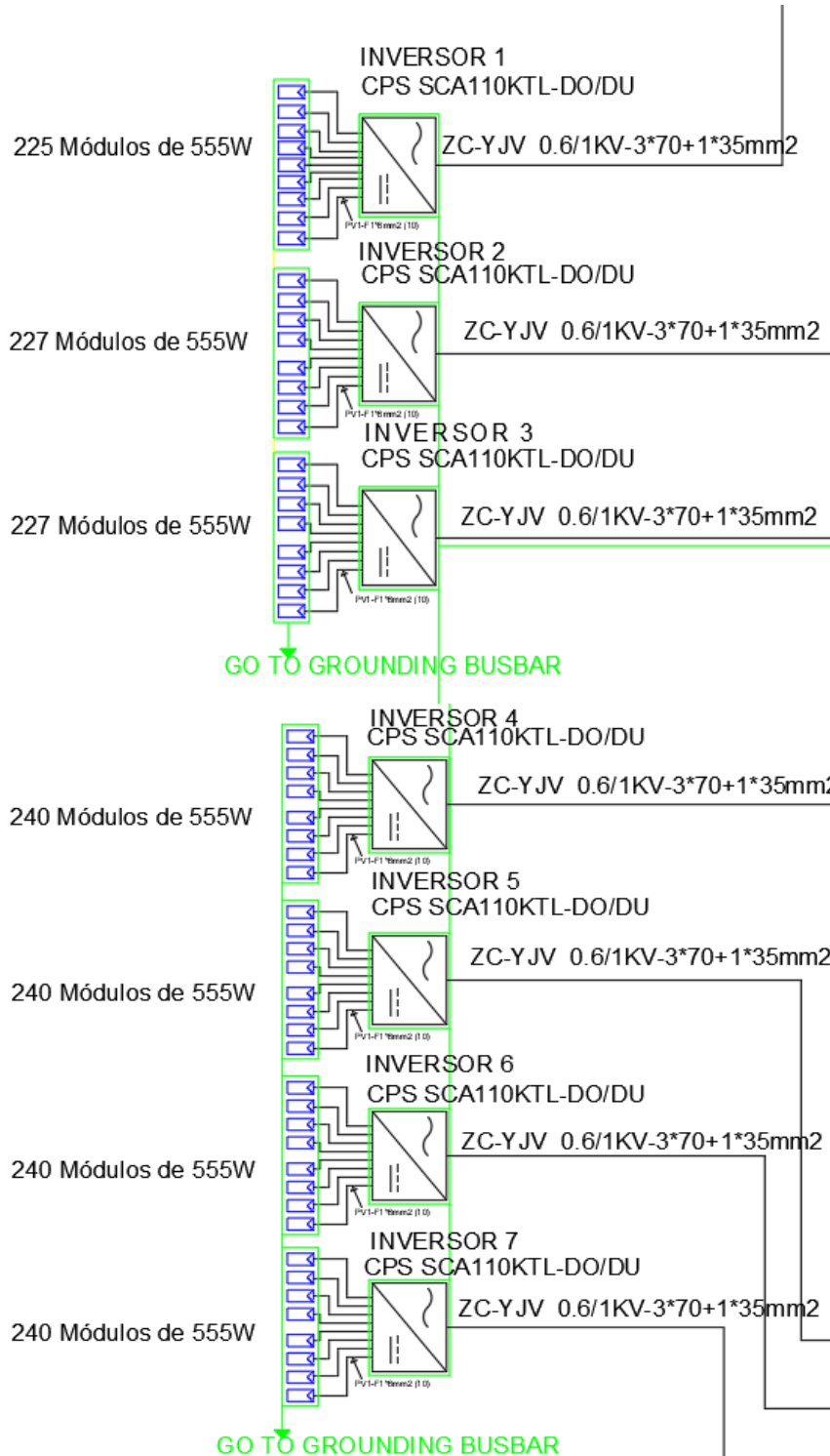


Figura 15. Diseño de paneles fotovoltaico con AutoCAD

3.6 DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS ENVERSORES

Se muestran cortes de los planos del diagrama unifilar donde se muestran los inversores con los módulos. En las imágenes se muestran los inversores cada uno con 225, 227 y 240 módulos conectados en serie cada strings.



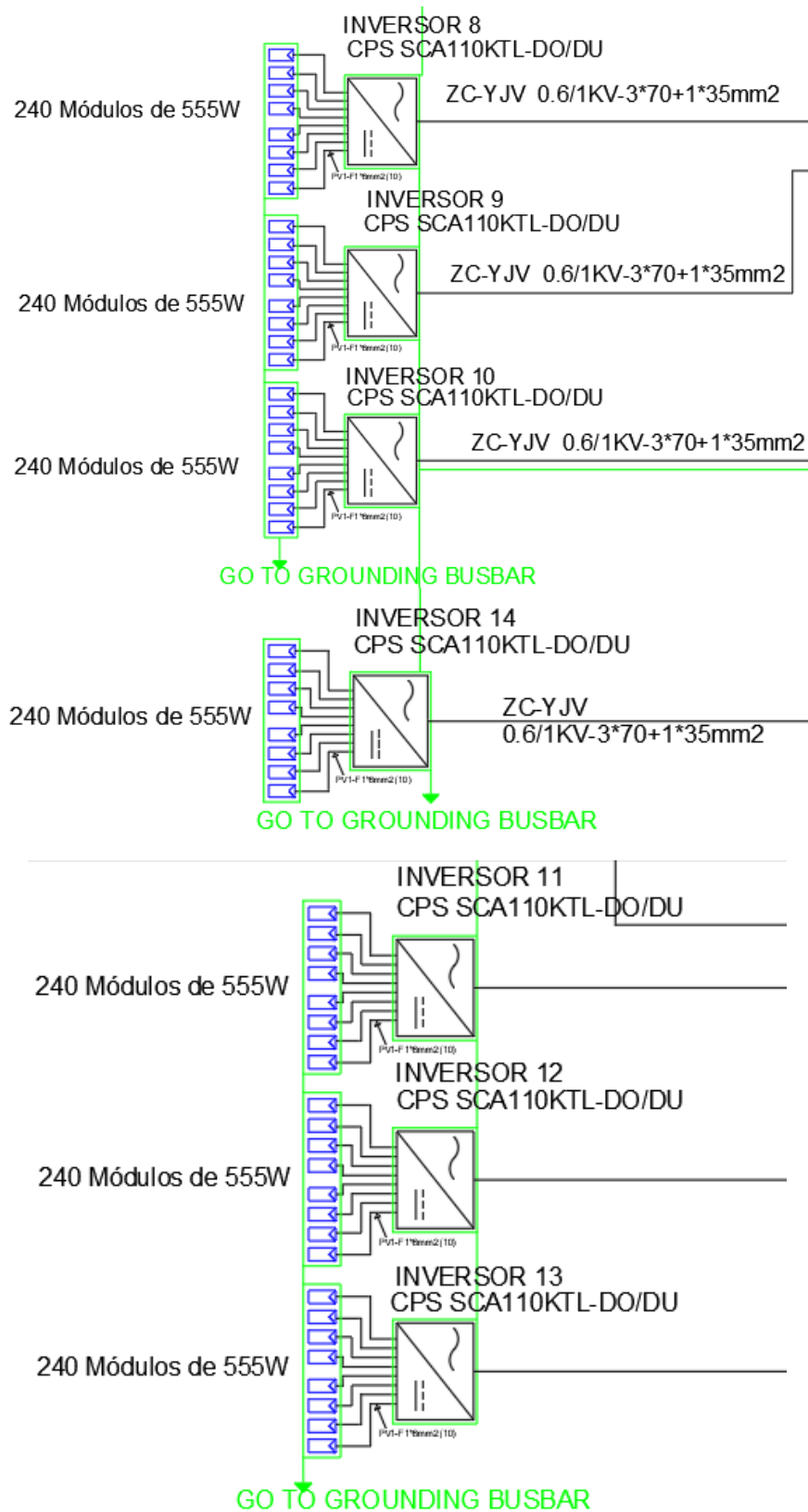


Figura 16. Diagrama unifilar de los inversores

3.7 DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCIONES

En la figura 17 se muestra el diagrama unifilar de las protecciones proyectadas para cada inversor al igual se muestra la protección de sistemas de puesta a tierra y un transformador trifásico de 3000 KVA por el cual se conectará a la red.

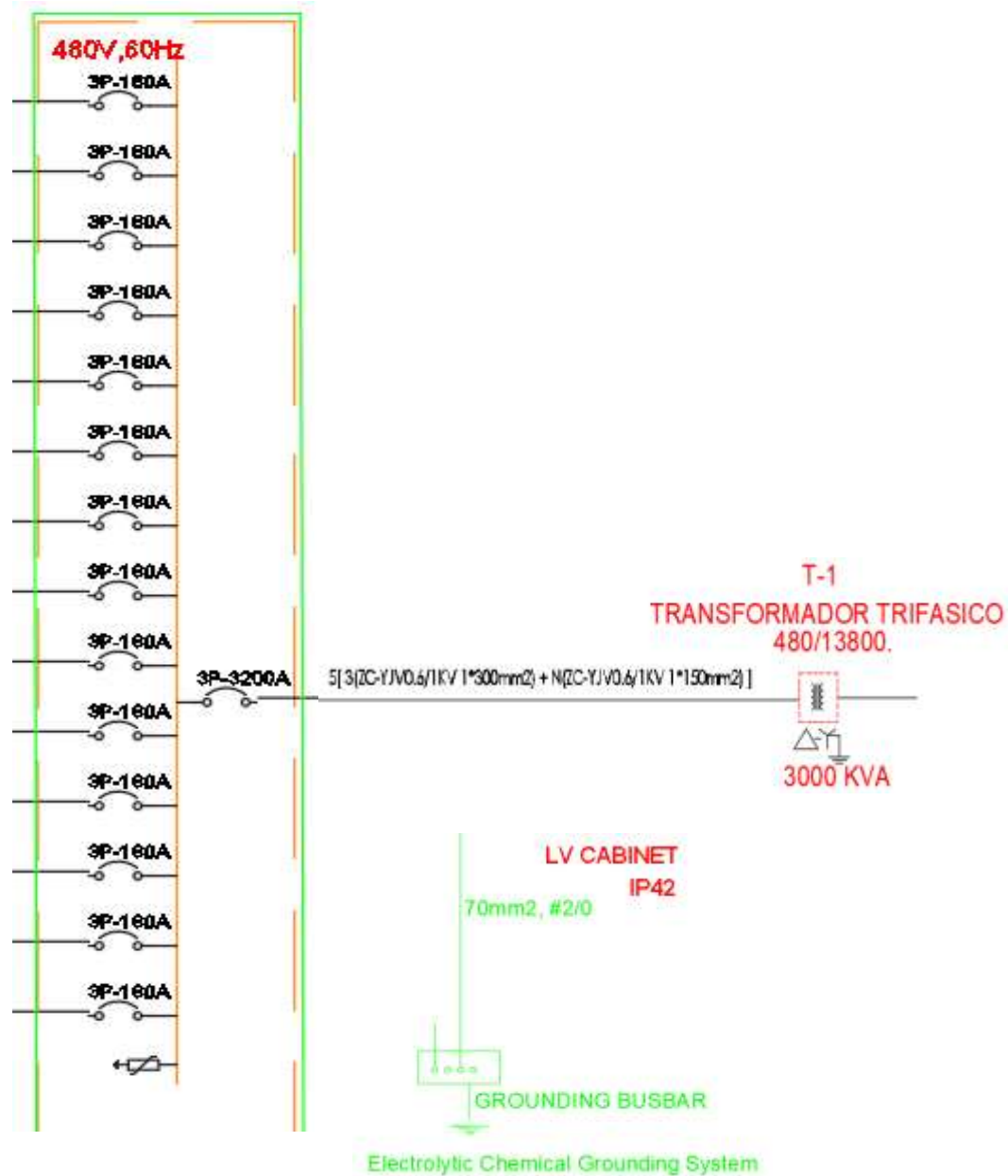


Figura 17. Diagrama unifilar de protecciones

3.8 DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS INVERSORES

Se detalla el diagrama unifilar en la figura 18 con la distribución de los strings, inversores y protecciones.

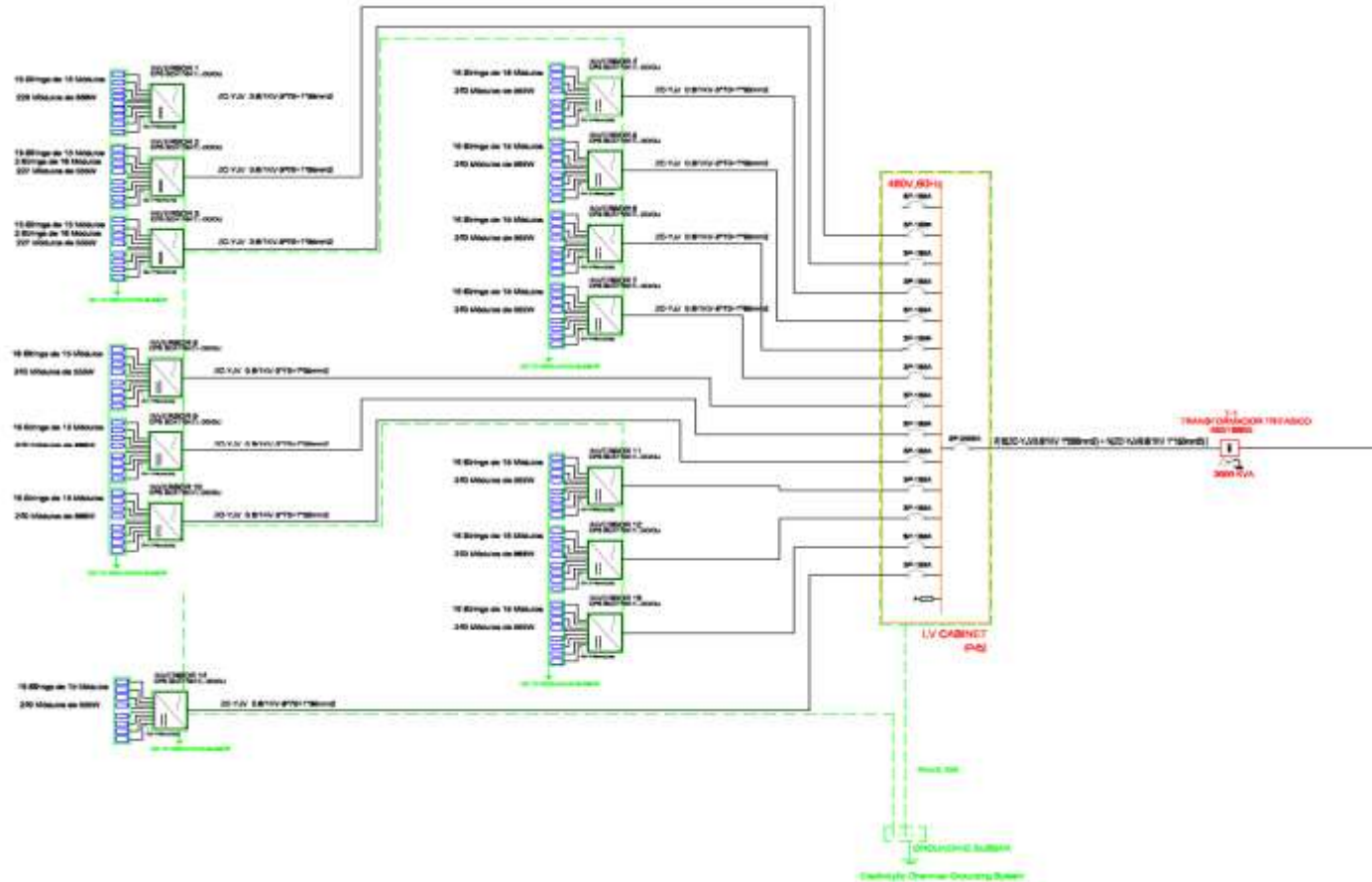


Figura 18. Diagrama unifilar del proyecto

3.9 DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN A LA RED

Diagrama de conexión a la red a través de una celda de protección para el sistema, véase en la figura 19.

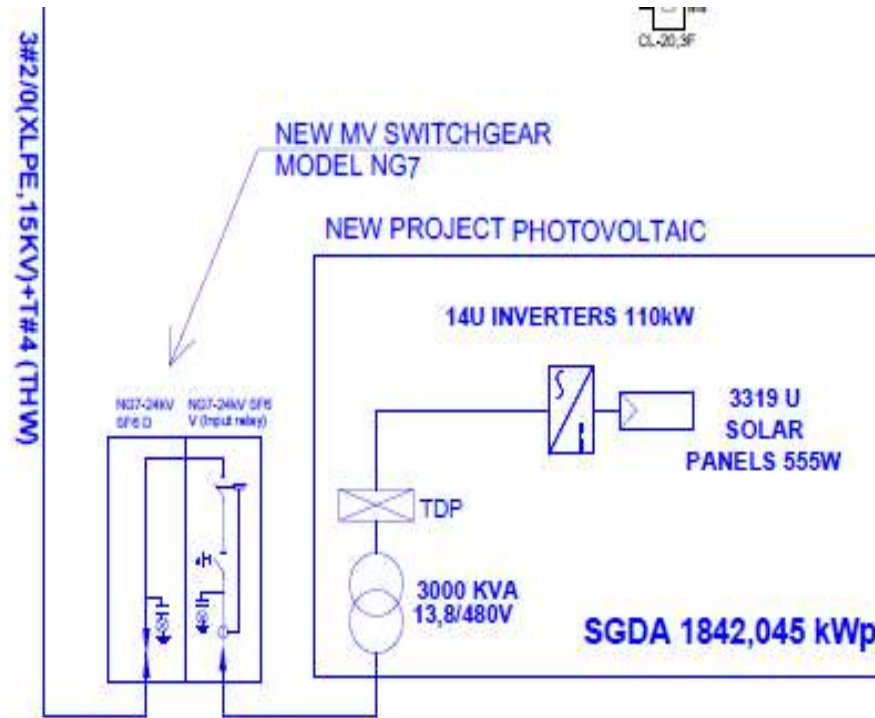


Figura 19. Diagrama unifilar de conexión a la red

3.10 EQUIPOS RECOMENSADOS A UTILIZAR PARA EL PROYECTO

3.10.1 ESPECIFICACIONES DE EQUIPAMIENTO

La proyección de la planta fotovoltaica estará conformada aproximadamente por 3319 celdas fotovoltaicas solares con un total de 14 inversores para la estimación de la planta debemos tomar el consumo mensual de la planilla, también debemos tomar los datos meteorológicos del promedio de las horas solar pico así mismo el número total de las horas en un año y adicional el factor de planta.

3.10.1.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

Para el dimensionamiento se consideró utilizar módulos solares de modelo **ASTRO 5 CHSM72M-HC** Mono facial Series de la marca **ASTROENERGY**, con una potencia individual de 555 Wp se muestra en el data sheet.

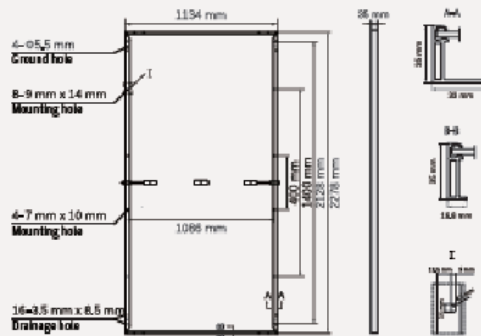


Figura 20. Panel solar de 560 W

545~560W	0~+3%	21.7%	≤ 2.0%	≤ 0.55%
POWER RANGE	POWER SORTING	MAX. MODULE EFFICIENCY	FIRST YEAR POWER DEGRADATION	YEAR 2-25 POWER DEGRADATION

Mechanical Specifications

Outer dimensions (L x W x H)	2278 x 1134 x 35 mm
Cell type	P type mono-crystal line
No. of cells	144 (6*24)
Frame technology	Aluminum, silver anodized
Front glass thickness	3.2 mm
Cable length (including connector)	Portrait: (+)350 mm, (-)250 mm; Customized length
Cable diameter (IEC/UL)	4 mm ² / 12 AWG
Maximum mechanical test load	5400 Pa (front) / 2400 Pa (back)
Connector type (IEC/UL)	MC4 (Standard) / MC4-EVO2A (Optional)
Module weight	26.9 kg
Packing unit	31 pcs / box
Weight of packing unit (for 40' HQ container)	885 kg
Modules per 40' HQ container	620 pcs (Subject to sales contract)



① Refer to Astronomy crystalline installation manual or contact technical department.
Maximum Mechanical Test Load = 1.5 × Maximum Mechanical Design Load.

Electrical Specifications

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

Rated output (Pmpp / Wp)	545	550	555	560
Rated voltage (Vmpp / V)	41.93	42.10	42.27	42.44
Rated current (Impp / A)	13.00	13.06	13.13	13.20
Open circuit voltage (Voc / V)	49.90	50.10	50.30	50.50
Short circuit current (Isc / A)	13.81	13.90	13.98	14.07
Module efficiency	21.1%	21.3%	21.5%	21.7%

NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 3m/s

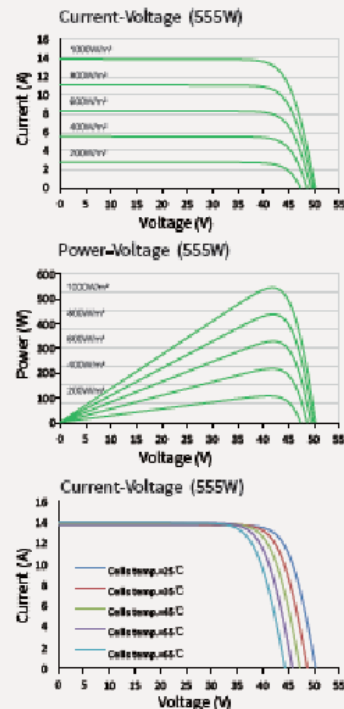
Rated output (Pmpp / Wp)	407.3	411.0	414.8	418.5
Rated voltage (Vmpp / V)	39.08	39.24	39.39	39.55
Rated current (Impp / A)	10.42	10.48	10.53	10.58
Open circuit voltage (Voc / V)	47.16	47.34	47.53	47.72
Short circuit current (Isc / A)	11.20	11.27	11.35	11.42

Temperature Ratings (STC)

Temperature coefficient (Pmpp)	-0.34%/°C	No. of diodes	3
Temperature coefficient (Isc)	+0.04%/°C	Junction box IP rating	IP 68
Temperature coefficient (Voc)	-0.25%/°C	Max. series fuse rating	25 A
Nominal module operating temperature (NMOT)	-41±2°C	Max. system voltage (IEC/UL)	1500Voc

Operating Parameters

Curve



© Chint New Energy Technology Co., Ltd. Reserves the right of final interpretation, please contact our company to use the latest version for contract.
www.chinenergy.com

200491

Figura 21. Ficha técnica del panel solar

3.10.1.2 INVERSORES

Para convertir la corriente continua **DC** en corriente alterna **AC** y obtener la potencia requerida para el proyecto, se utilizarán 14 inversores trifásicos de la marca **CHINTPOWER SYSTEM** de **110 kW** modelo: **CPS SCA 110KTL-DO/EU**.

Este inversor industrial se lo cataloga como producto de alto rendimiento, superior y confiable. Cuenta con una eficiencia máxima de 98.8% y una eficiencia **EUROPEA (CEC)** de 98.5%, cuenta también con un amplio rango operativo de tensión y temperatura, una carcasa con clasificación **NEMA 4X(IP66)** que permite a esta gama de inversores operar con un alto rendimiento. La caja de cableado estándar incluye fusibles de seguridad hasta 15 cadenas. El Flex Gateway de CPS facilita la supervisión, los controles y las actualizaciones de producto remotas.



Figura 22. Inversor

Model Name	GPS SCA110KTL-DQ1EU	GPS SCA110KTL-DQ1EU2
DC Input		
Max. DC Voltage	1100Vdc	
MPPT Operating Voltage Range	200-1000Vdc	
Start Voltage	300Vdc	
Rated DC Voltage	620V	
Number of MPPT	9	12
Number of DC Connection Sets per MPPT	2	1
Max. Input current per MPPT	25A	25A
Max. DC short-circuit current per MPPT	40A	
String Fuse	/	
DC Disconnection Type	Integrated Switch	
AC Output		
Rated AC Power	100KW	
Max. AC Power	110KVA	
Rated AC Voltage	380 / 400V	
AC Voltage Range ¹	322 - 528V	
Grid Connection Type	3ø / N / PE	
Max. AC Current	160A	
Grid Frequency	50 / 60Hz	
Grid Frequency Range ¹	47-53 / 57-63Hz	
Power Factor (cosφ)	->0.99(±0.8 adjustable)	
Current THD	< 3%	
AC Disconnection Type	/	
System Data		
Topology	Transformerless	
Max. Efficiency	98.8%	
Euro Efficiency	98.4%	
Consumption at Night	< 6W	
Protection		
DC reverse connection protection	Yes	
AC short circuit protection	Yes	
Leakage current protection	Yes	
Grid monitoring	Yes	
Ground fault monitoring	Yes	
Surge Protection	DC Type II / AC Type II	
AFCI	/	
Environment Data		
Ingress Protection	IP66	
Cooling Method	Cooling Fans	
Operating Temperature	-30°C to +60°C	
Ambient Humidity	0 - 100%	
Altitude	4000m	
Display and Communication		
Display	LED + APP(Bluetooth)	
Communication	RS485 / WiFi (Standard) & 4G (Optional)	
Mechanical Data		
Dimensions (W*H*D)	1050 * 660 * 340mm	
Weight	86kg	
DC Connection Type	MC4 (Max. 6mm ²)	
AC Connection Type	OT/DT Terminal (Max.120mm ²)	
Safety		
Certifications ²	IEC61000-6,IEC/EN 62109,IEC61727/62116/61683/60068,EN50549	

¹ "AC Voltage Range" and "Grid Frequency Range" may be differ according to specific grid codes.

² The certificates are for reference only. Please consult the local sales staff for detailed certification.

Figura 23. Ficha técnica del inversor

3.11 CÁLCULO DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO

Para prevenir fallas de sobrecarga se realiza el cálculo con datos de las fichas técnicas de los voltajes y corrientes de los inversores, comparamos con los datos dados por el software PVsyst así prevenimos fallas del proyecto.

Datos para el cálculo:

Capacidad total: 1842 kWp

Módulos : 545 Wp, $V_{mp} = 42.27 \text{ V}$, $I_{mp} = 13.06 \text{ A}$.

Inversores: 14 unidades de 110 kW \approx 1540 kW

Configuración para los inversores: 227 y 240 módulos repartidos en strings de 15 módulos.

3.11.1 ANÁLISIS DE VOLTAJE DE ENTRADA (MPPT)

El voltaje de los strings debe estar dentro del rango para su correcta operación.

Con 15 módulos en serie:

$$V_{string} = 15 \times V_{mp}$$

$$V_{string} = 15 \times 42.27 \text{ V}$$

$$V_{string} = 634.05 \text{ Vdc}$$

3.11.2 ANÁLISIS DE LA CORRIENTE POR MPPT

La corriente de corto circuito debe operar debajo de la corriente máxima permitida para asegurar el funcionamiento seguro del sistema.

$$I_{total} = I_{strings\ 1} + I_{strings\ 2}$$

$$I_{total} = 13.06 \text{ A} + 13.06 \text{ A}$$

$$I_{total} = 26.12 \text{ A}$$

3.11.3 VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{sc})

Cada panel tiene una (I_{sc}) corriente de cortocircuito de **13.98 A**

$$I_{sc_{total}} = 13.98 A + 13.98 A$$

$$I_{sc_{total}} = 27.96 A$$

3.11.4 POTENCIA Y RELACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO (DC/AC)

El software PVsyst optimiza el sistema fotovoltaico para usar 14 inversores de 110 kW para el cual se calcula el porcentaje de la relación de sobrecarga del 19% (1.19), la cual es ideal para compensar las pérdidas por temperatura y degradación durante la vida útil del proyecto.

$$Potencia = \# Inversores + Potencia inversores$$

$$Potencia = 14 \times 110 kW$$

$$Potencia = 1540 kW$$

$$Relacion (DC - AC) = \frac{1842}{1540}$$

$$Relacion (DC - AC) = 1.19 \approx 19\%$$

El cálculo confirma que el diseño cumple con los parámetros eléctricos seguros de voltajes y corrientes, y el reporte de PVsyst valida los cálculos generales y presenta una configuración optimizada y más eficiente para el sitio específico del proyecto.

3.12 DISEÑO EN SOFTWARE PVsyst

Con la ayuda del software especializado empezamos a desarrollar y simular el proyecto técnico sistema fotovoltaico una vez establecidos los equipos se empiezan a determinar los valores.

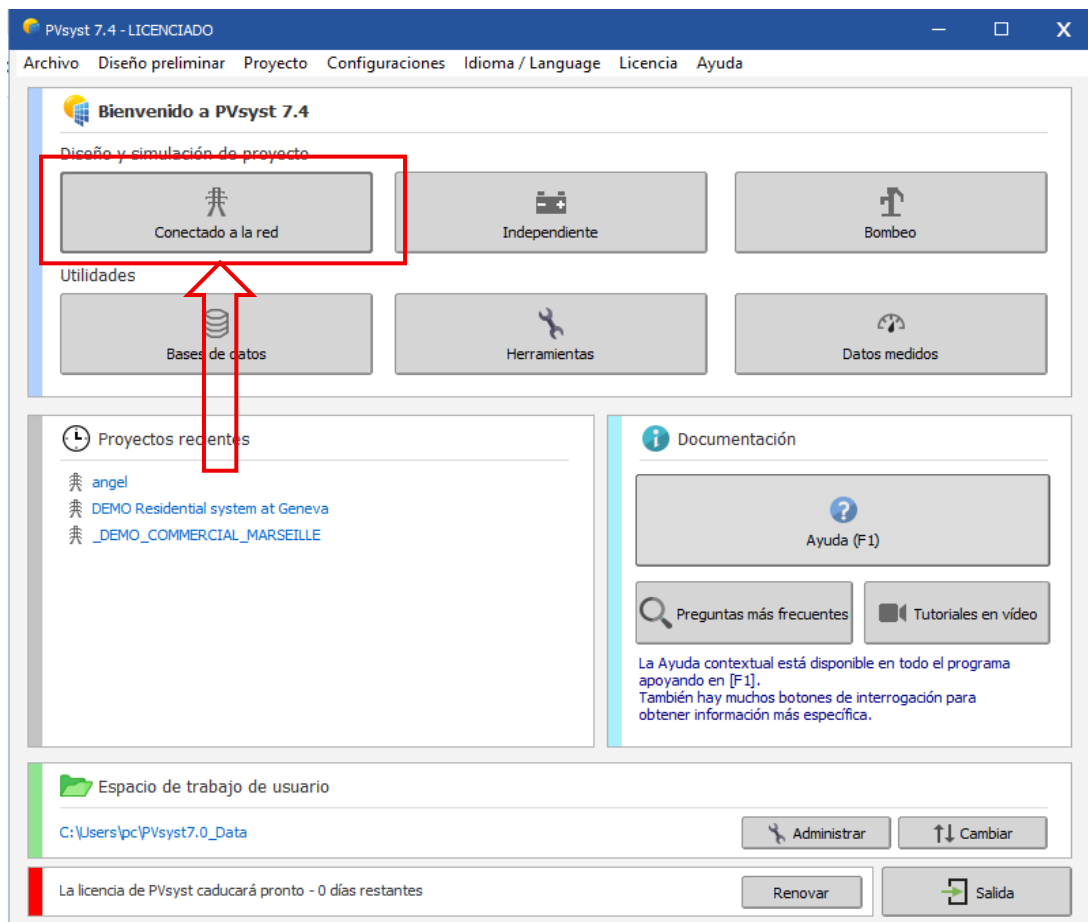


Figura 24. Inicio de diseño / tipo de conexión

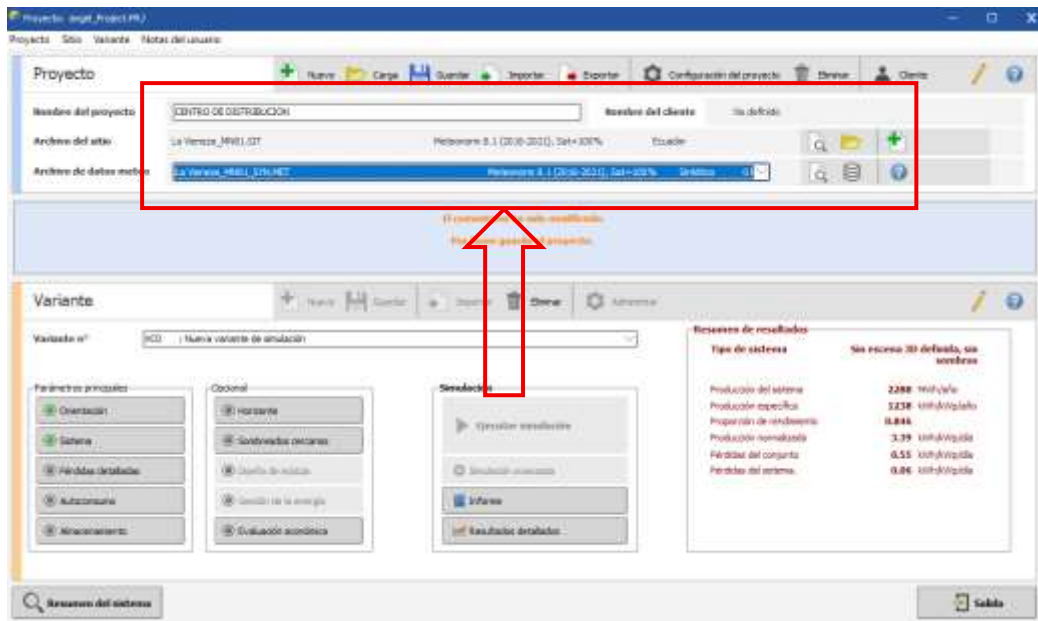


Figura 25. Nombre del proyecto

Se empieza colocando el nombre del proyecto y estableciendo archivos del sitio y archivo de datos meteorológico como se muestra en la imagen.

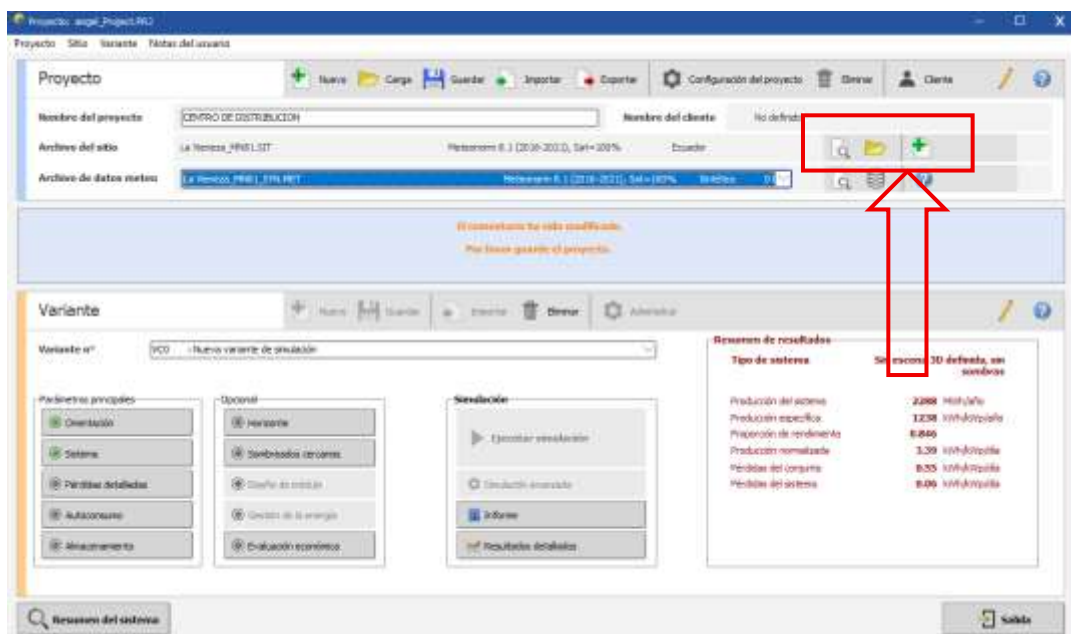


Figura 26. Selección de ubicación geográfica

Elegimos el lugar en donde se pretende realizar el proyecto marcamos la ubicación y automáticamente nos arroja los datos meteorológicos como las coordenadas: latitud, altitud longitud tal como se muestran en la imagen.

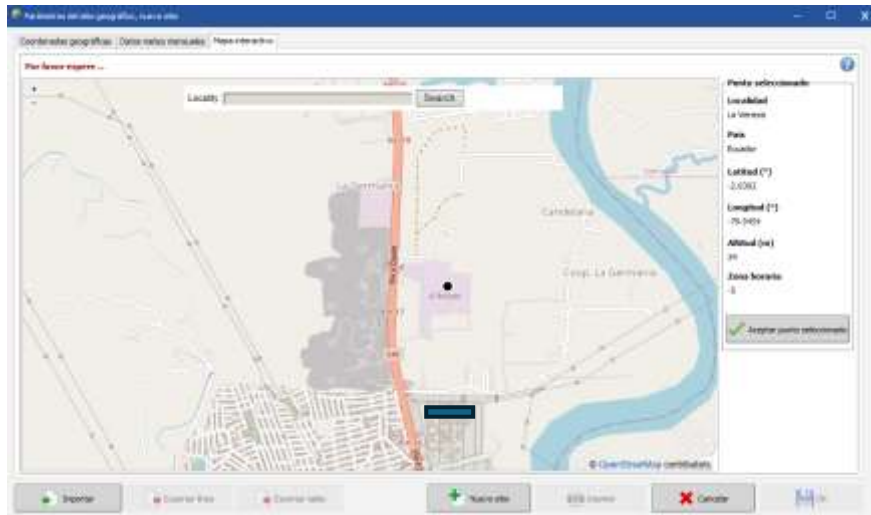


Figura 27. Ubicación del proyecto

En la siguiente imagen se muestra el promedio de irradiación anual, así como los datos de irradiación mensual: velocidad del viento, temperatura, humedad, etc.

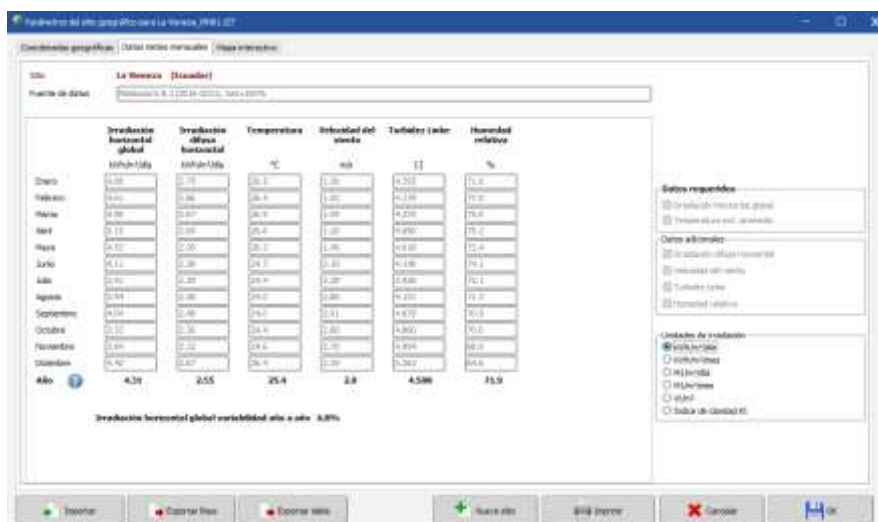


Figura 28. Radiaciones

En esta sección que se muestra en la imagen se ingresaran datos como orientación, datos del sistema, horizonte, perdidas detalladas, sombreados cercanos, etc.

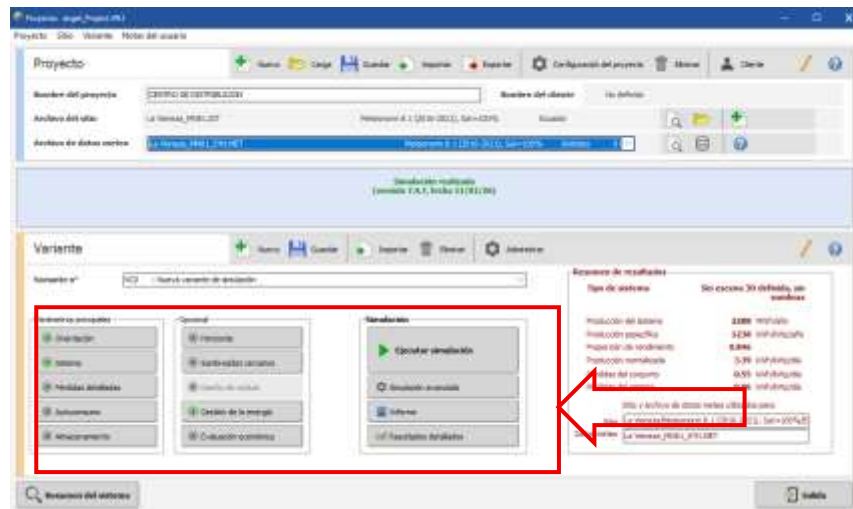


Figura 29. Ingreso de parámetros

Esta imagen de detallan los equipos que se utilizaran para diseñar el proyecto:

- 1 seleccionamos modelo y marca de paneles fotovoltaicos a utilizar
- 2 seleccionamos modelo y marca de inversores a utilizar
- 3 seleccionamos la cantidad de inversores
- 4 seleccionamos la cantidad de paneles fotovoltaicos
- 5 seleccionamos las cantidades o número de strings o grupo que estarán en serie
- 6 revisamos que todos los datos estén correctamente ingresados
- 7 presionamos el recuadro OK

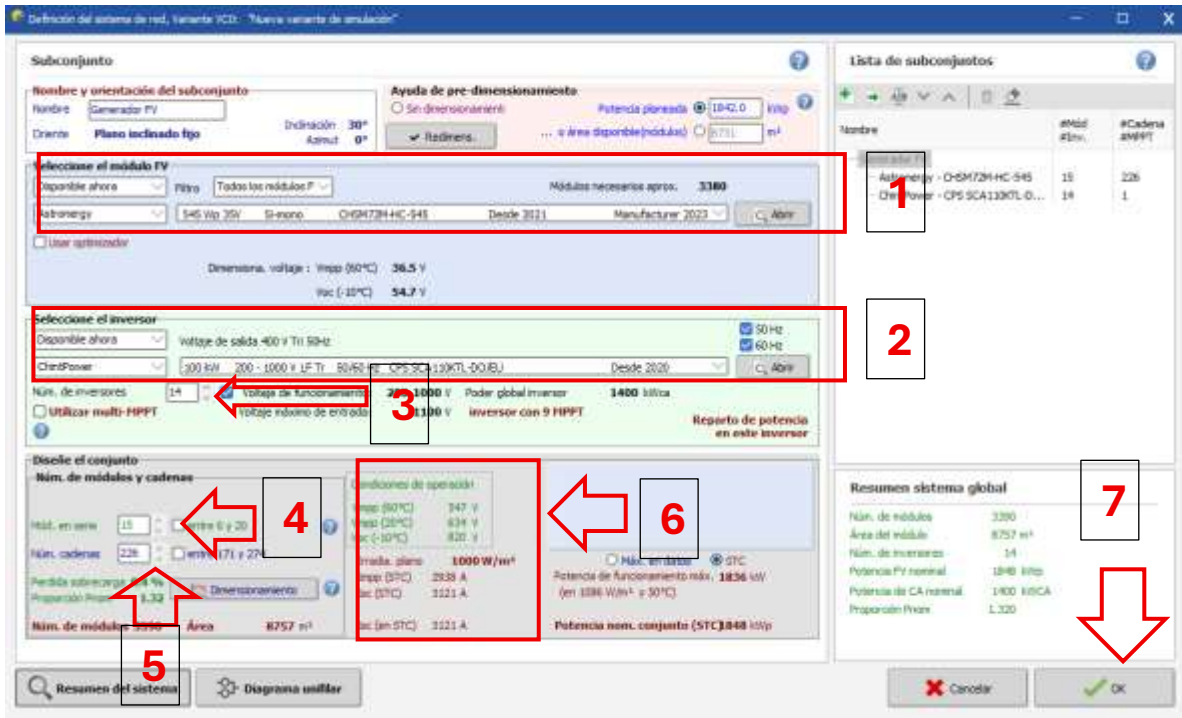


Figura 30. Selección de elementos

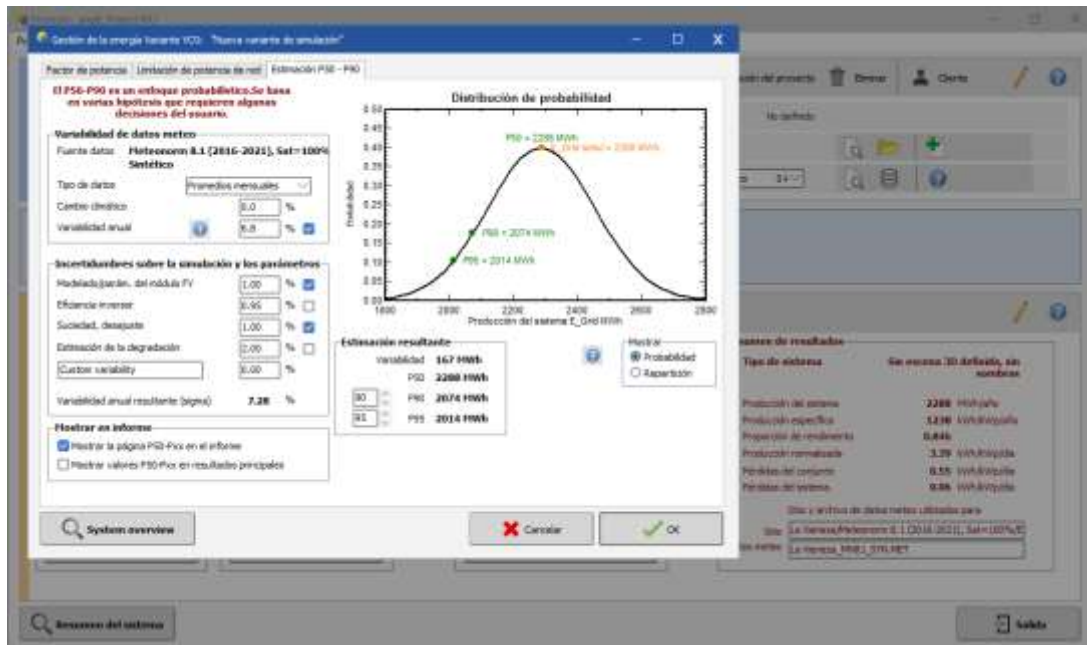


Figura 31. Resultado del diseño

3.13 BALANCE DE EMISIÓN DE CO2

La proyección de degradación anual es del 1.0% este porcentaje permite establecer proyecciones medioambientales confiables a largo plazo con esto aseguramos los beneficios necesarios para la sostenibilidad del proyecto y se mantengan a largo plazo por los próximos 30 años.

Así como se muestra en las gráficas de (EMISIÓN vs TIEMPO) mostrada en el ANEXO confirma la contribución del sistema fotovoltaico a la mitigación sostenible del cambio climático, el mismo que alcanza un punto de equilibrio a los 5 años esto representa una generación de benéficos ambientales significativos.

La proyección del sistema en cuestiones medioambientales, así como lo proyecta el software es un éxito para este proyecto en un centro de distribución, se recomienda realizar estudios en instalaciones de diferentes proyectos o centro de distribución.

3.14 CONSUMOS PLANILLA ELECTRICA

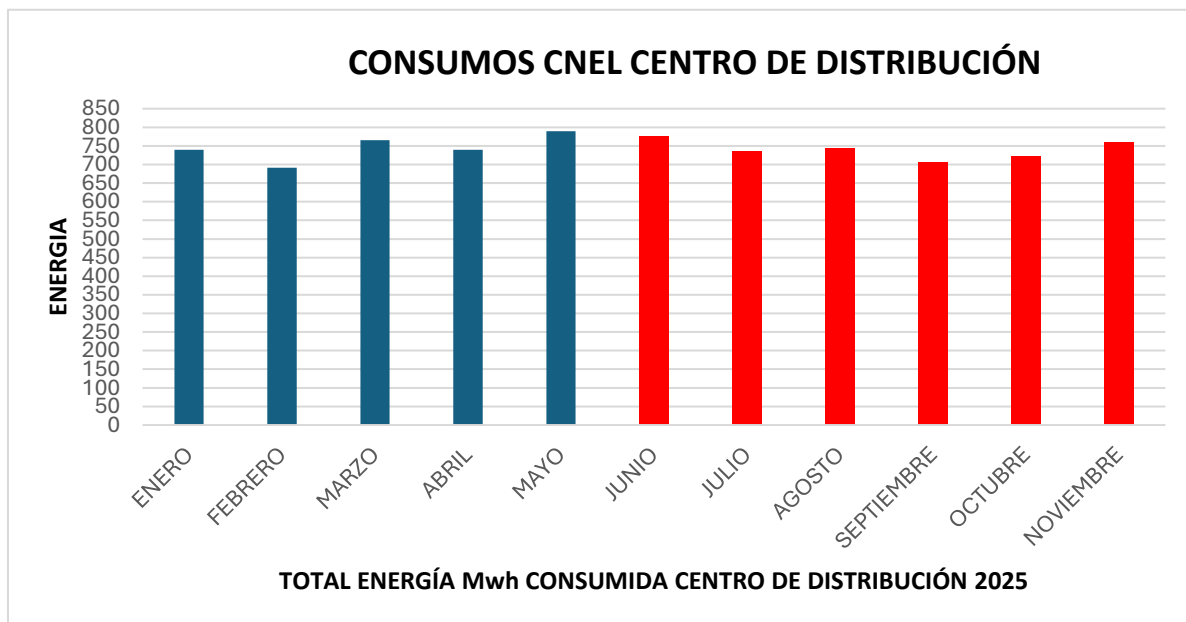
Registro de consumo de energía eléctrica mensual de planillas.

CONSUMOS CNEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN		
2025	kWh	Mwh
ENERO	739900	739.9
FEBRERO	691600	691.6
MARZO	765100	765.1
ABRIL	739900	739.9
MAYO	789600	789.6
JUNIO	775250	775.25
JULIO	735000	735.0
AGOSTO	743400	743.4
SEPTIEMBRE	704550	704.55
OCTUBRE	722400	722.4
NOVIEMBRE	760200	760.2
TOTAL, Kwh	8166900	8166.9

AÑO	ENERGÍA CONSUMIDA INVIERNO [Mwh]	ENERGÍA CONSUMIDA VERANO [Mwh]
2025	745.22	740

INVIERNO	DICIEMBRE - MAYO
VERANO	JUNIO - NOVIEMBRE

Consumo de energía eléctrica de planillas



Desde	Hasta	Dias	Dias L-V	Sáb	Dom	PT (kWh)	kWh/día L-V	kWh/día Sábado	kWh/día Domingo	kW Promedio L-V	kW Promedio Sábado	kW Promedio Domingo
26/12/2024	25/1/2025	30	22	4	4	739900	26807.97	21446.38	16084.78	1117.00	893.60	670.20
25/1/2025	22/2/2025	28	20	4	4	691600	27015.63	21612.50	16209.38	1125.65	900.52	675.39
22/2/2025	25/3/2025	31	21	5	5	765100	27325.00	21860.00	16395.00	1138.54	910.83	683.13
25/3/2025	24/4/2025	30	22	4	4	739900	26807.97	21446.38	16084.78	1117.00	893.60	670.20
24/4/2025	26/5/2025	32	22	5	5	789600	27227.59	21782.07	16336.55	1134.48	907.59	680.69
26/5/2025	26/6/2025	31	23	4	4	775250	27106.64	21685.31	16263.99	1129.44	903.55	677.67
26/6/2025	24/7/2025	28	20	4	4	735000	28710.94	22968.75	17226.56	1196.29	957.03	717.77
24/7/2025	25/8/2025	32	22	5	5	743400	25634.48	20507.59	15380.69	1068.10	854.48	640.86
25/8/2025	24/9/2025	30	22	4	4	704550	25527.17	20421.74	15316.30	1063.63	850.91	638.18
24/9/2025	24/10/2025	30	22	4	4	722400	26173.91	20939.13	15704.35	1090.58	872.46	654.35
24/10/2025	24/11/2025	31	21	5	5	760200	27150.00	21720.00	16290.00	1131.25	905.00	678.75

En esta tabla se muestra el consumo promedio por mes en kW de lunes a viernes, sábados y domingos.

3.15 CONSUMO SOLAR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

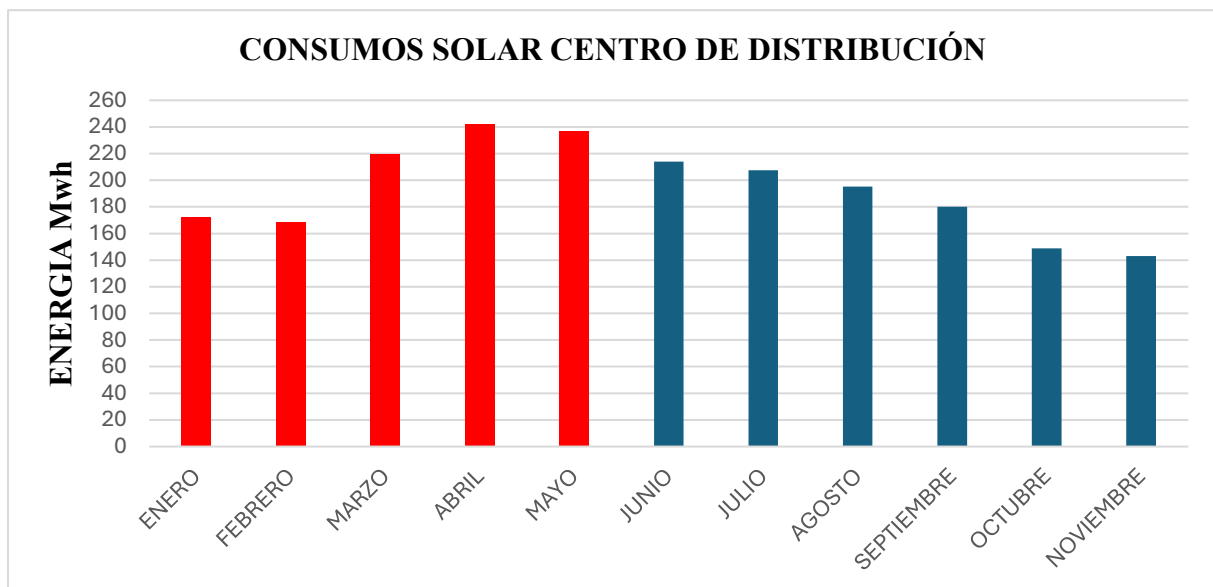
Registro mensual de energía solar generada

CONSUMOS SOLAR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN			
2025	kWh	MWh	USD
ENERO	172089	172.089	\$ 14008.04
FEBRERO	168399	168.399	\$ 13707.68
MARZO	219521	219.521	\$ 17869.01
ABRIL	241972	241.972	\$ 19696.52
MAYO	236689	236.689	\$ 19266.48
JUNIO	214030	214.03	\$ 17422.04
JULIO	207504	207.50	\$ 16890.83
AGOSTO	195130	195.13	\$ 15883.58
SEPTIEMBRE	180046	180.046	\$ 14655.74
OCTUBRE	148715	148.715	\$ 12105.40
NOVIEMBRE	143094	143.094	\$ 11647.85
TOTAL	2127189	2127.189	\$ 173153.18

COSTO DEL kWh GENERADO
\$ 0.0814

AÑO	ENERGÍA CONSUMIDA INVIERNO [MWH]	ENERGÍA CONSUMIDA VERANO [MWH]
2025	207.734	181.42
INVIERNO	DICIEMBRE - MAYO	
VERANO	JUNIO - NOVIEMBRE	

Gráfico de energía solar consumida



Desde	Hasta	Dias	Dias L-V	Sab	Dom	Pt (Wh)	PT (Kwh)	kWh/día L-V	kWh/día Sábado	kWh/día Domingo	Kw Promedio L-V	Kw Promedio Sábado	Kw Promedio Domingo
26/12/2024	25/1/2025	30	22	4	4	172089000	172089	6235.11	4988.09	3741.07	259.80	207.84	155.88
25/1/2025	22/2/2025	28	20	4	4	168399000	168399	6578.09	5262.47	3946.85	274.09	219.27	164.45
22/2/2025	25/3/2025	31	21	5	5	219521000	219521	7840.04	6272.03	4704.02	326.67	261.33	196.00
25/3/2025	24/4/2025	30	22	4	4	241972000	241972	8767.10	7013.68	5260.26	365.30	292.24	219.18
24/4/2025	26/5/2025	32	22	5	5	236687000	236687	8161.62	6529.30	4896.97	340.07	272.05	204.04
26/5/2025	26/6/2025	31	23	4	4	214030000	214030	7483.57	5986.85	4490.14	311.82	249.45	187.09
26/6/2025	24/7/2025	28	20	4	4	207504000	207504	8105.63	6484.50	4863.38	337.73	270.19	202.64
24/7/2025	25/8/2025	32	22	5	5	195130000	195130	6728.62	5382.90	4037.17	280.36	224.29	168.22
25/8/2025	24/9/2025	30	22	4	4	180046000	180046	6523.41	5218.72	3914.04	271.81	217.45	163.09
24/9/2025	24/10/2025	30	22	4	4	148715000	148715	5388.22	4310.58	3232.93	224.51	179.61	134.71
24/10/2025	24/11/2025	31	21	5	5	143094000	143094	5110.50	4088.40	3066.30	212.94	170.35	127.76

DIA	FACTOR
LUNES - VIERNES	1
SABADO	0.8
DOMINGO	0.6

CONCLUSION

Se ha determinado que el proyecto fotovoltaico de 1842kWp para el centro de distribución es técnicamente viable y eficiente, con una producción de energía anual proyectada el software con una producción anual (P50) de 2288 MWp/año. Para lograr esto, se analizaron los patrones de consumo y la demanda total del medidor mediante la recopilación de datos históricos y el uso del software PVsyst. Este análisis permitió identificar oportunidades para reducir la independencia del suministro eléctrico convencional y mejorar la eficiencia energética del centro de distribución, respondiendo así al problema de estudio planteado. Finalmente, el software PVsyst facilitó la simulación detallada del rendimiento, permitiendo identificar una reducción en la carga proyectada y optimizando la selección del sistema fotovoltaico y su capacidad de generar electricidad de manera segura y autónoma.

Se estudiaron la productividad y los beneficios del proyecto, determinando una reducción en los costos operativos asociados al consumo de los 3319 paneles solares de 555 Wp y los inversores de 110 kW (con una potencia total de 1,842MWp), lo cual permitió establecer una alternativa técnica y económicamente sostenible para el centro de distribución. Al realizar el análisis de costos y rentabilidad, los resultados mostraron un ahorro favorable en costos de energía, confirmando que la inversión realizada se recupera en un periodo de 10 años, lo que valida la viabilidad de la implementación del proyecto. En cuanto al rendimiento, este tiene un promedio para el primer año de 78.3%, un valor eficiente que indica un buen desempeño del sistema, incluso considerando las pérdidas por contaminación del polvo, temperatura e ineficiencia de equipos.

En cumplimiento con el análisis del impacto ambiental propuesto, se determinó que la transición a un sistema fotovoltaico conectado a la red reduce significativamente la huella de carbono de la instalación. Mediante el análisis del balance de emisiones de CO₂ realizado con el software PVsyst, se demostró que el proyecto no solo contribuye directamente a la disminución de gases de efecto invernadero derivados de combustibles fósiles, sino que también se alinea con las tendencias globales de sostenibilidad. Finalmente, la viabilidad de la inversión se ve fortalecida por el acceso a incentivos fiscales, como la condonación de impuestos por 10 años, y la generación de un ahorro considerable en costos operativos de electricidad para la instalación.

RECOMENDACION

Para mantener un buen rendimiento y mitigar pérdidas por contaminación de polvo se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de los equipos cada 6 meses y realizar un plan de limpieza de los paneles así optimizamos la producción de energía.

Al ser un sistema de conexión a la red de gran potencia se recomienda realizar una coordinación de protecciones para evitar paros innecesarios por mala coordinación y selección de protecciones.

Se recomienda realizar monitoreos continuos de los inversores y paneles solares así identificaremos en un corto periodo de tiempo disminuciones en el rendimiento.

Aunque la ubicación del proyecto técnico está en un sector en donde no hay sombras por algún tipo de edificaciones o arboles se recomienda realizar un estudio de sombras.

Aunque el sistema ayuda directamente a reducir la emisión de CO₂ desde la perspectiva ambiental se debe realizar una gestión final de vida útil, un programa de reciclaje como parte integral del centro de distribución esto demostrara el compromiso con el medio ambiente y el cierre del ciclo sostenible del proyecto técnico.

ENEXOS



Version 7.4.7

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 1848 kWp

La Vieneza - Ecuador

| Author



Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
La Vienesza		Latitude	-2.04 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitude	-79.95 °W		
		Altitude	24 m		
		Time zone	UTC-5		
Weather data					
La Vienesza					
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		30 / 0 °			
System information					
PV Array					
Nb. of modules	3390 units	Inverters		14 units	
Pnom total	1848 kWp	Nb. of units		1400 kWac	
		Pnom total		1.320	
		Pnom ratio			

Results summary

Produced Energy	2288031 kWh/year	Specific production	1238 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.66 %
-----------------	------------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

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
P50 - P90 evaluation	12
Single-line diagram	13
CO ₂ Emission Balance	14



Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

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, Meteorom
Tilt/Azimuth 30 / 0 °		Circumsolar separate
Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module	Astronergy	Inverter	ChintPower
Manufacturer	Astronergy	Manufacturer	ChintPower
Model	CHSM72M-HC-545	Model	CPS SCA110KTL-DO/EU
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	545 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	3390 units	Number of inverters	14 units
Nominal (STC)	1848 kWp	Total power	1400 kWac
Modules	226 string x 15 in series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.32
Pmpp	1691 kWp	Power sharing within this inverter	
U mpp	568 V		
I mpp	2976 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	1848 kWp	Total power	1400 kWac
Total	3390 modules	Number of inverters	14 units
Module area	8757 m ²	Pnom ratio	1.32

Array losses

Thermal Loss factor	DC wiring losses	Module Quality Loss						
Module temperature according to irradiance	Global array res. 3.1 mΩ	Loss Fraction -0.8 %						
Uc (const) 20.0 W/m ² K	Loss Fraction 1.5 % at STC							
Uv (wind) 0.0 W/m ² K/m/s								
Module mismatch losses	Strings Mismatch loss							
Loss Fraction 2.0 % at MPP	Loss Fraction 0.1 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

Main results

System Production

Produced Energy

2288031 kWh/year

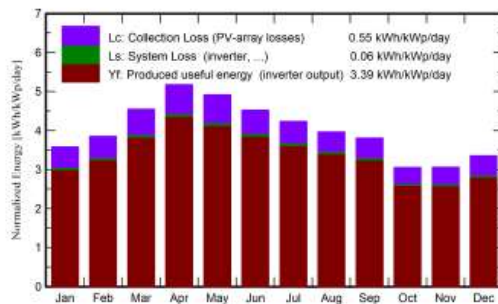
Specific production

1238 kWh/kWp/year

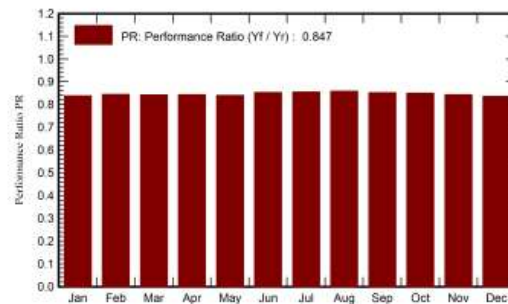
Perf. Ratio PR

84.66 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



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	145.0	85.31	26.51	111.1	105.0	175284	172089	0.838
February	129.2	79.96	26.35	107.9	103.1	171476	168399	0.845
March	154.4	88.89	26.90	141.0	136.2	223415	219521	0.843
April	154.5	80.85	26.58	155.3	151.1	246318	241972	0.843
May	140.4	71.43	26.31	152.5	149.0	241085	236687	0.840
June	123.4	71.52	24.70	135.8	132.7	217890	214030	0.853
July	121.3	71.10	24.38	131.3	128.3	211316	207504	0.855
August	122.1	80.07	24.01	123.0	119.6	198692	195130	0.859
September	121.2	74.45	24.04	114.3	110.3	183464	180046	0.853
October	109.5	73.21	24.40	94.7	90.8	151743	148715	0.850
November	115.3	69.47	24.58	91.8	87.2	146023	143094	0.844
December	137.2	82.91	26.44	104.1	98.1	163926	160845	0.836
Year	1573.5	929.17	25.43	1462.9	1411.4	2330634	2288031	0.847

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		

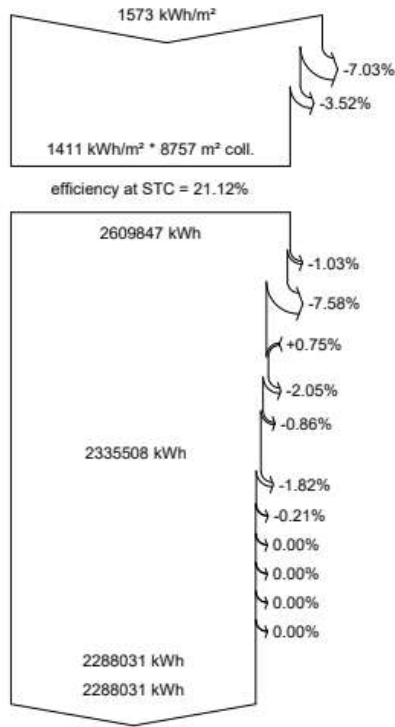


Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7
 VC0, Simulation date:
 15/01/26 11:53
 with V7.4.7

Loss diagram



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

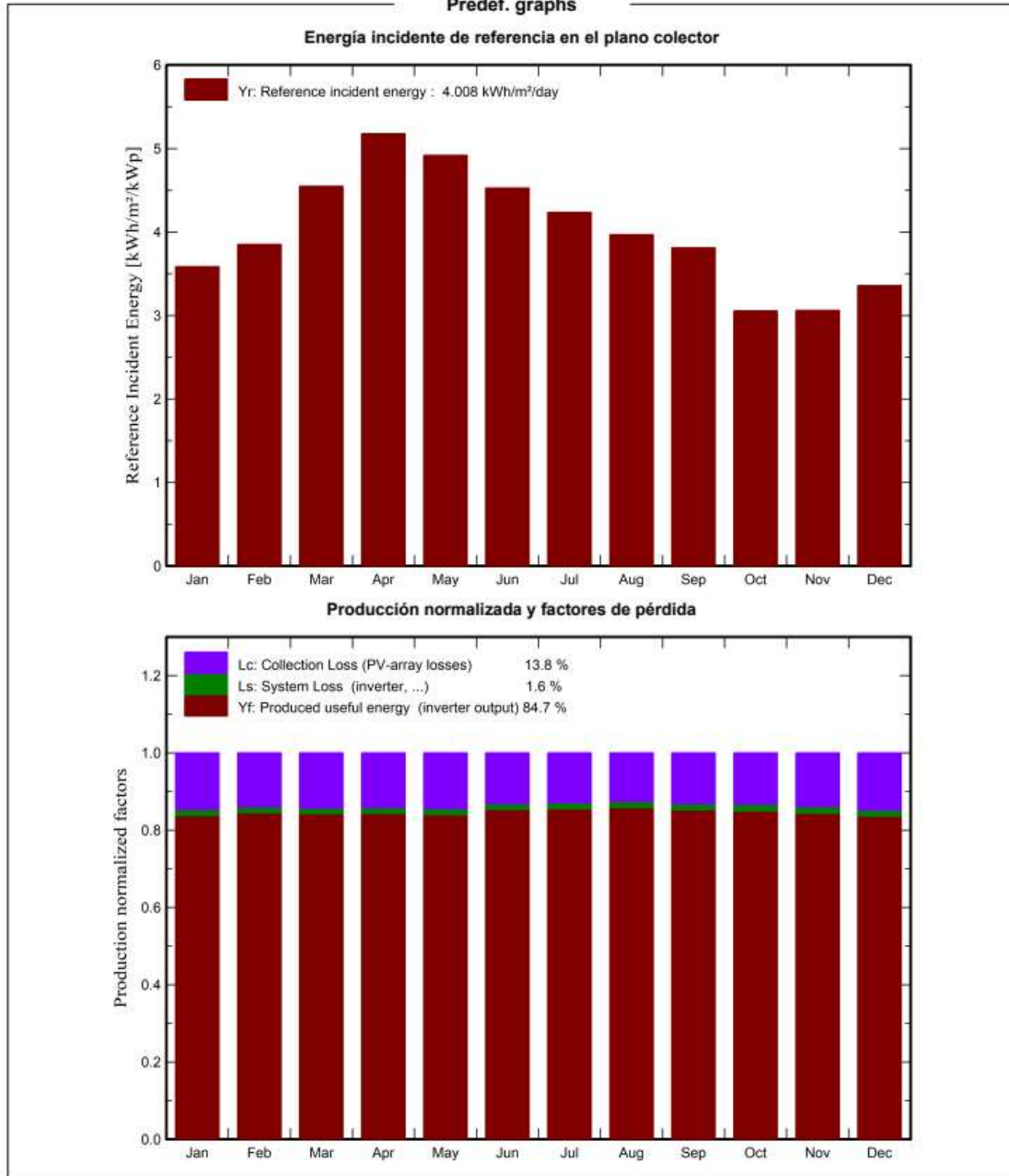


Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7
 VC0, Simulation date:
 15/01/26 11:53
 with V7.4.7

Predef. graphs





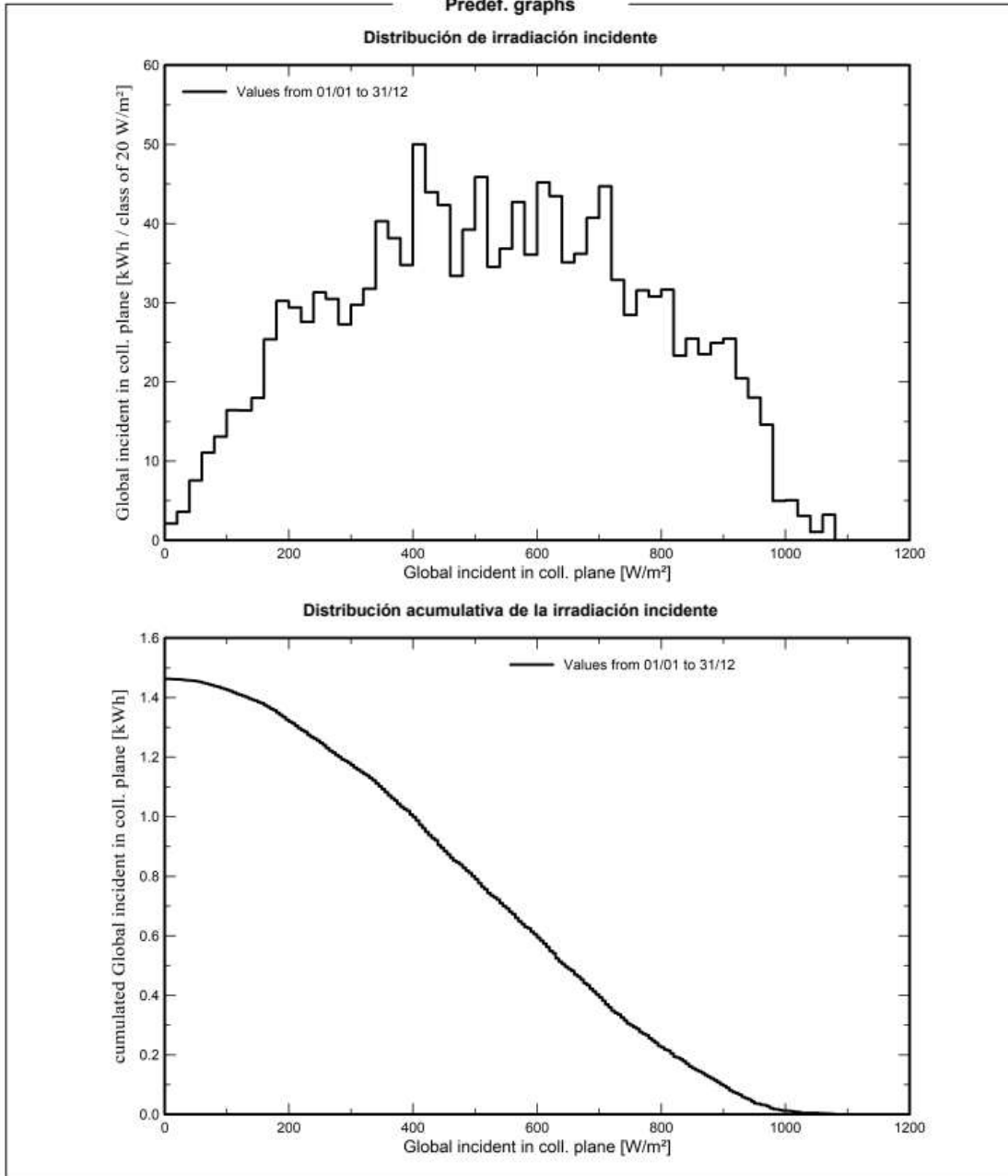
PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

Predef. graphs



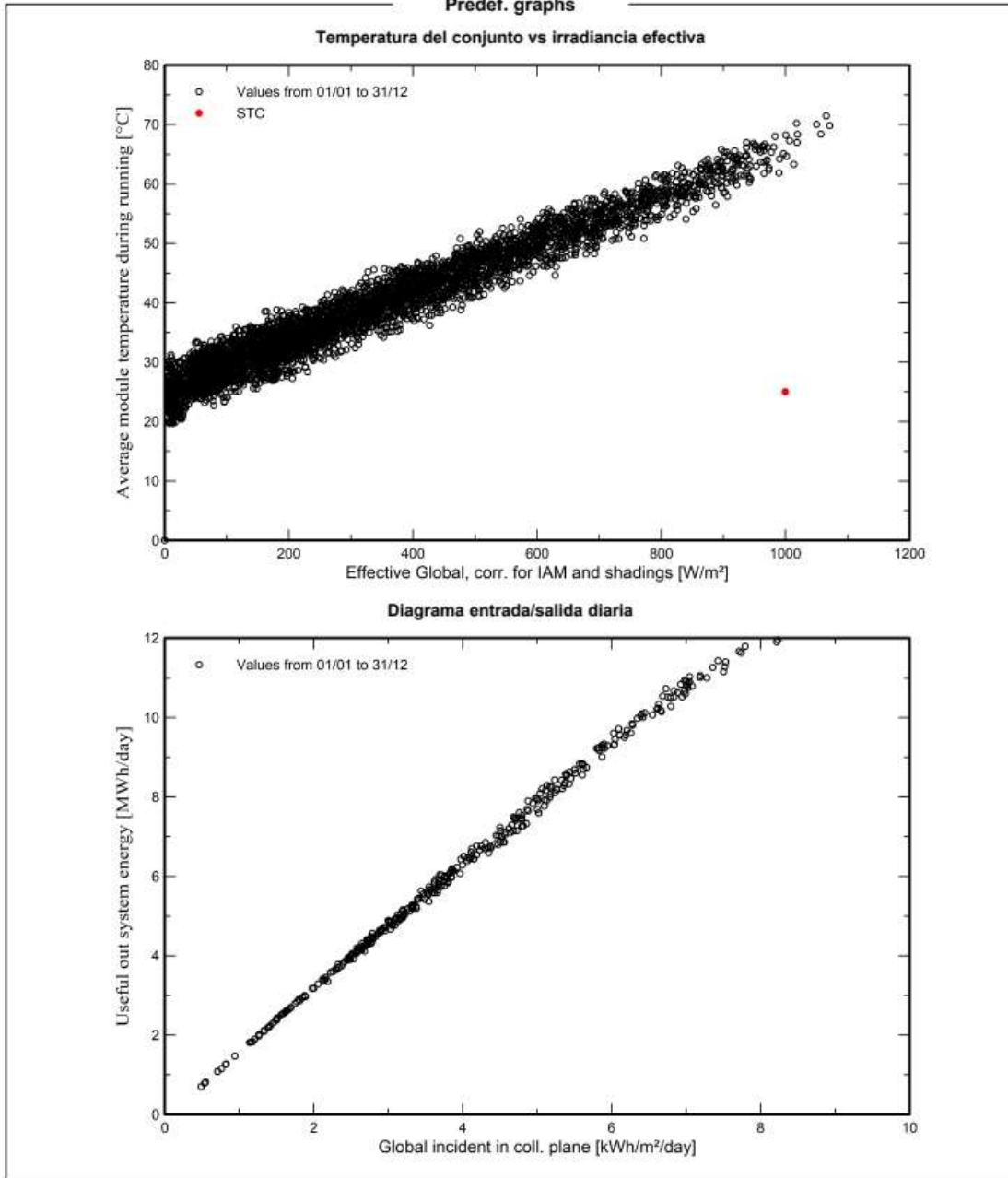


PVsyst V7.4.7
VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

Predef. graphs



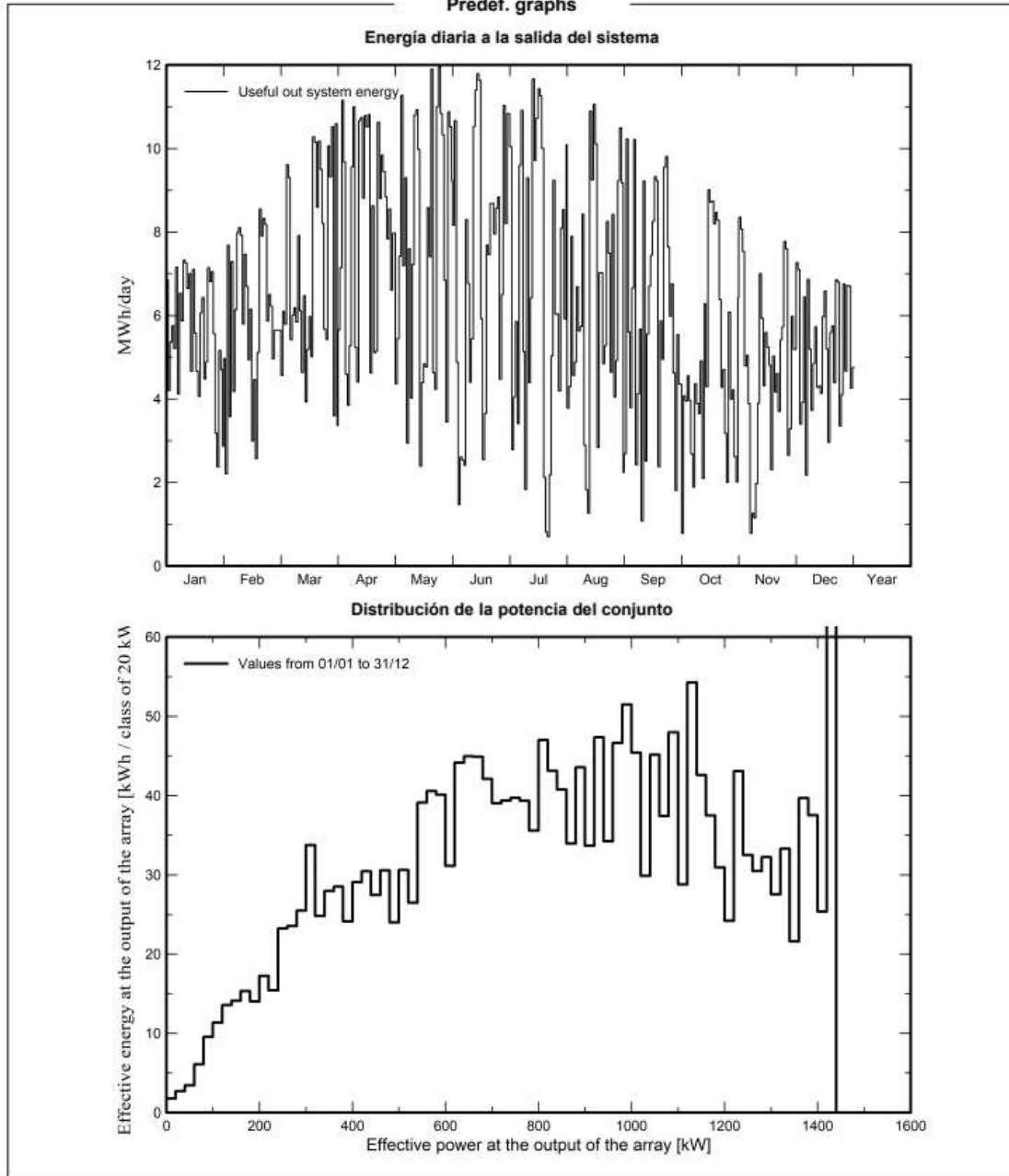


Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7
 VC0, Simulation date:
 15/01/26 11:53
 with V7.4.7

Predef. graphs



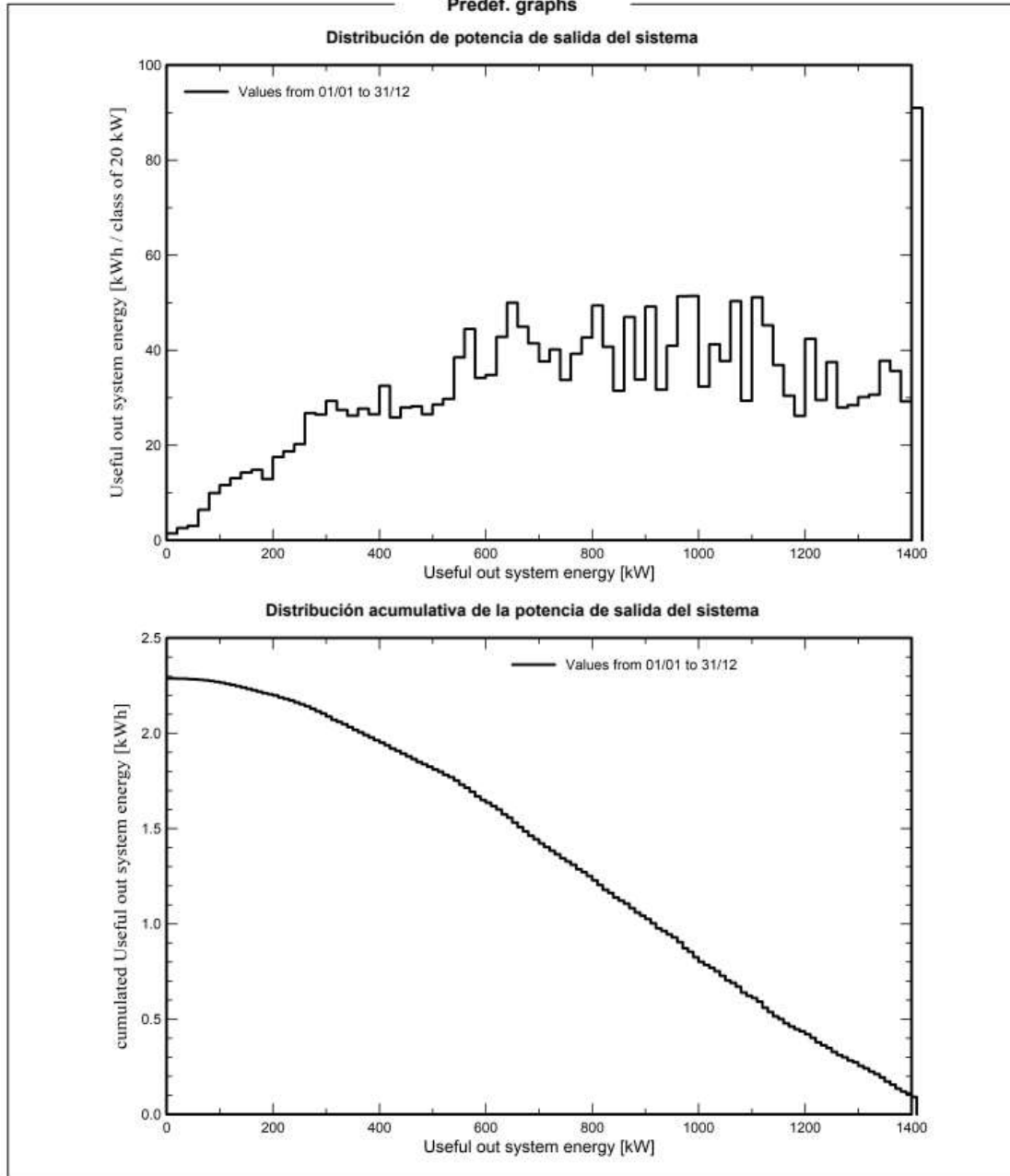


PVsyst V7.4.7
 VC0, Simulation date:
 15/01/26 11:53
 with V7.4.7

Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

Predef. graphs



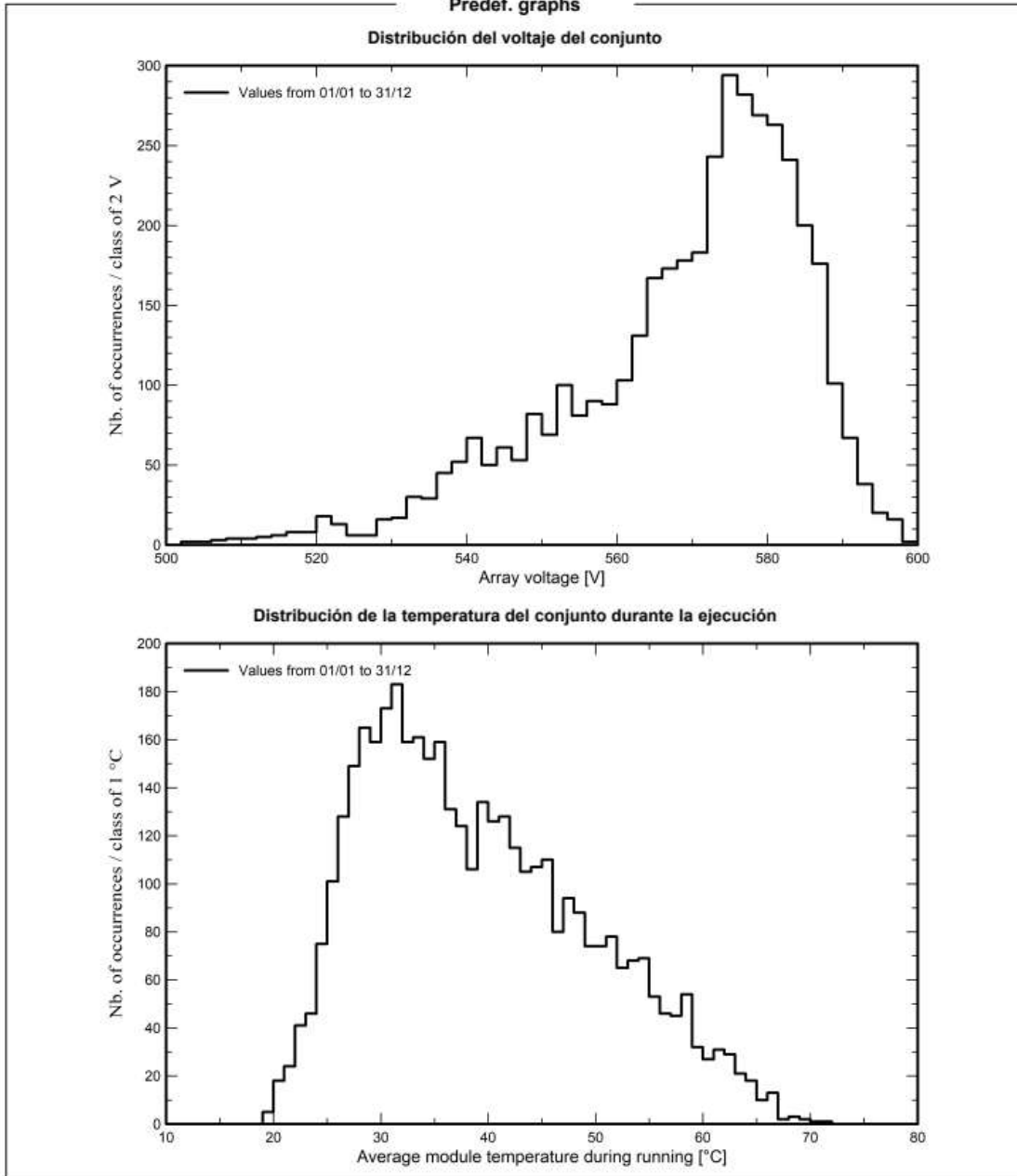


PVsyst V7.4.7
 VC0, Simulation date:
 15/01/26 11:53
 with V7.4.7

Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

Predef. graphs





Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

P50 - P90 evaluation

Weather data

Source Meteororm 8.1 (2016-2021), Sat=100%
Kind Monthly averages
Sintético - Multi-year average
Year-to-year variability(Variance) 6.8 %

Specified Deviation

Climate change 0.0 %

Global variability (weather data + system)

Variability (Quadratic sum) 7.3 %

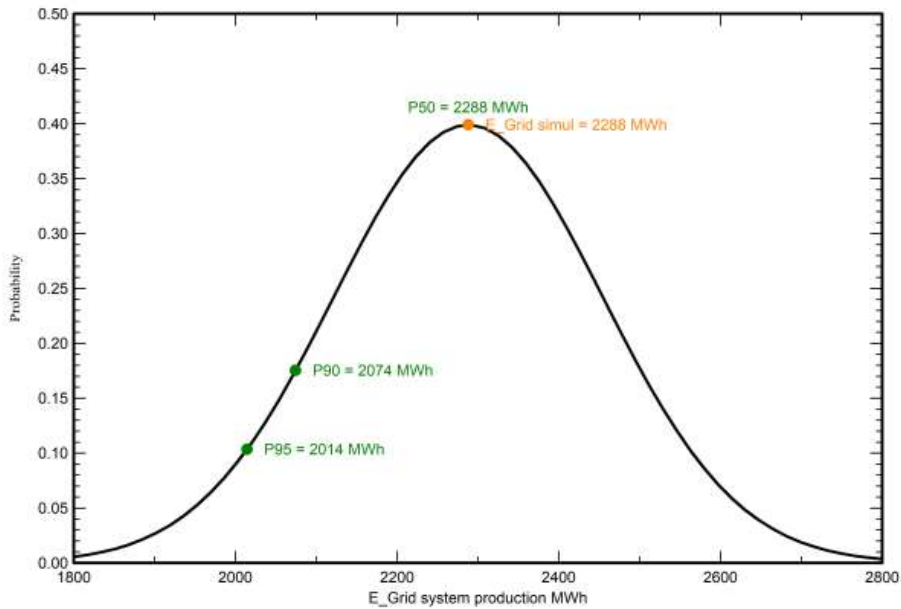
Simulation and parameters uncertainties

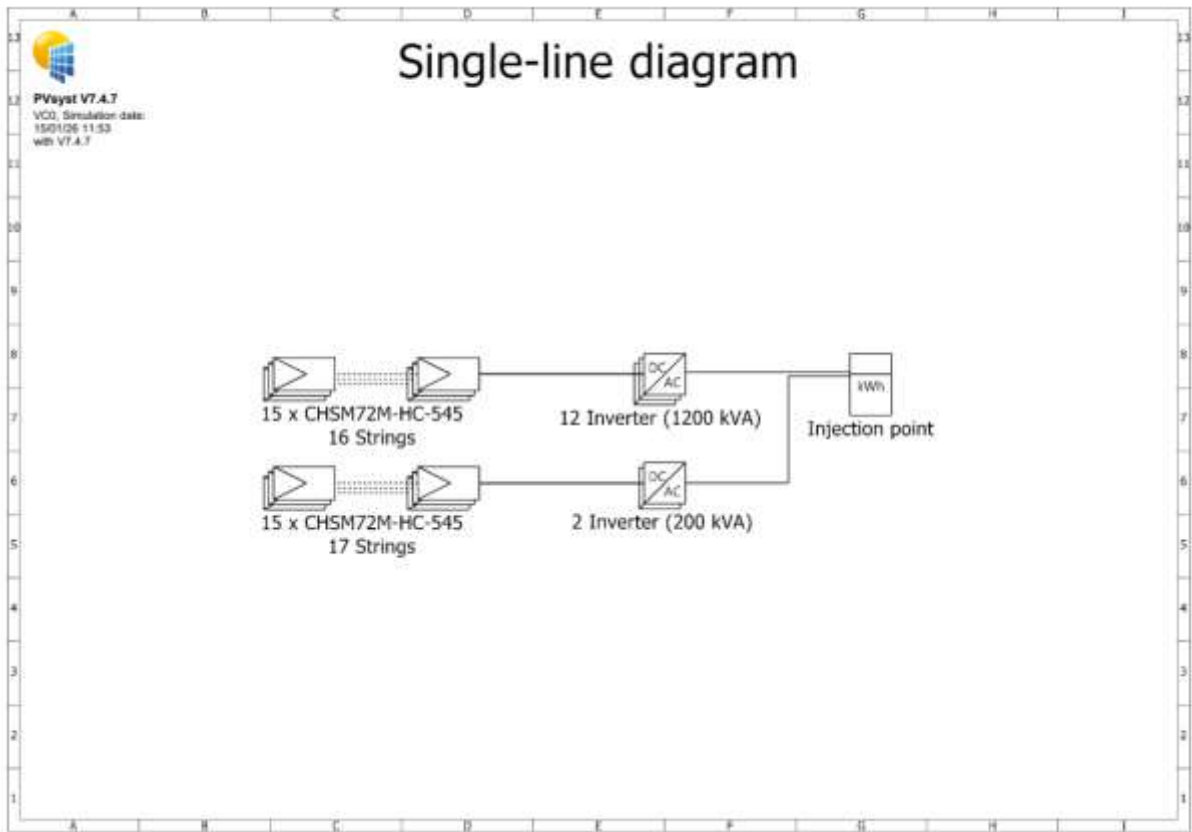
PV module modelling/parameters 1.0 %
Inverter efficiency uncertainty 1.0 %
Soiling and mismatch uncertainties 1.0 %
Degradation uncertainty 2.0 %

Annual production probability

Variability 167 MWh
P50 2288 MWh
P90 2074 MWh
P95 2014 MWh

Probability distribution







Project: CENTRO DE DISTRIBUCION

Variant: Nueva variante de simulación

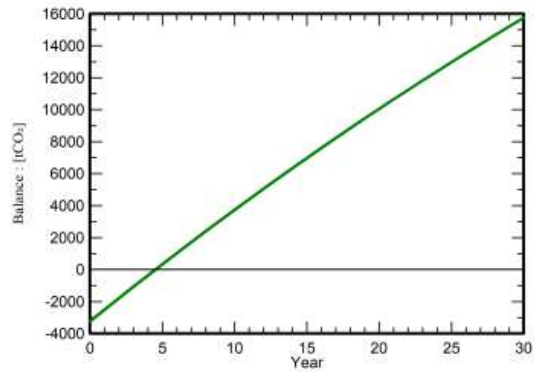
PVsyst V7.4.7

VC0, Simulation date:
15/01/26 11:53
with V7.4.7

CO₂ Emission Balance

Total: 15759.4 tCO₂
Generated emissions
 Total: 3239.42 tCO₂
 Source: Detailed calculation from table below
Replaced Emissions
 Total: 21896.5 tCO₂
 System production: 2288.03 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	1848 kWp	3164336
Supports	2.13 kgCO ₂ /kg	33900 kg	72130
Inverters	211 kgCO ₂ /	14.0	2951

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. C. Schallenberg Rodríguez *et al.*, *Energías renovables y eficiencia energética*, 1a ed. Canarias, España: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.(ITC), 2008. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cienciacanaria.es/files/libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- [2] Línea verde catrillón, “Energías renovables vs Energías no renovables”, 2014. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: [www.lineaverdecastrillon](http://www.lineaverdecastrillon.com)
- [3] Biomass Users Network (BUR-CA), *Energía Solar Fotovoltaica*, 1a ed., vol. 1º edición. San José, Costa Rica, 2002. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://www.bun-ca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf>
- [4] Línea verde catrillón, “Energía eólica: qué es, tipos, ventajas y desventajas”, 2014. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: www.lineaverdecastrillon.es
- [5] A. Becerra y en Física, “Energía solar: estado del g arte y perspectivas”. [En línea]. Disponible en: www.fisica.ru
- [6] Jordan Vinicio Castillas-Lamar y Yoandrys Morales-Tamayo, “Dialnet-RevisionDelEstadoDelArteOportunidadesYDesafiosEnLa-9282028”, *Polo del conocimiento*, núm. 1, pp. 77–92, ene. 2024, doi: 10.23857/pc.v9i1.6369.
- [7] O. P. Lamigueiro, “ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica”, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- [8] “SOLAR ENERGÍA FOTOVOLTAICA”.
- [9] J. R. . Craig, D. J. . Vaughan, y B. J. . Skinner, *Recursos de la tierra : origen, uso e impacto ambiental*. Pearson, Prentice Hall, 2007.
- [10] Agustin Castejón Oliva y Germán Santamaría Herranz, “LIBRO-Instalaciones-Solares-Fotovoltaicas Agustin Castejon”, 2010.
- [11] Borja Pérez, *PARA DUMMIES TODO LO QUE NECESITAS SABER SOBRE*, V3.1. Borja Pérez & @bySolarEnergy Academy, 2020. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com>
- [12] S. Sumathi, L. Ashok Kumar, y P. Surekha, *Green Energy and Technology*. cham, suiza: Springer, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-14941-7.
- [13] Permacity, “SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMESTICOS CONECTADOS A LA RED. Ejemplo: Sistema TIPO 1”, 2008.

- [14] F. De La Cruz y C. Avila, “Ronaldo Andrés Mejía Otero”, *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 9, núm. 2, p. 7461726, 7461, doi: 10.5281/zenodo.7461726.
- [15] A. Javier, Y. Flores, J. Peter, F. Macías, y I. J. Silva, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO CONSIDERANDO LA REGULACIÓN ECUATORIANA Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico”.
- [16] R. Del, E. Gobierno, D. Encuentro, y J. Lo Logramos, “Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables ‘Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica’”.
- [17] Agencia de Regulación y control de Energia y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), “EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES”, abr. 2021. Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec>
- [18] Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), “Aprobación de proyectos de generación distribuida para autoabastecimiento de clientes regulados”, 2013, Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://www.cnelep.gob.ec>
- [19] Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), “Aprobación de proyectos de generación distribuida para autoabastecimiento de clientes regulados”, Consultado: el 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://www.cnelep.gob.ec>