



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADO EN UNA
EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Kenny Sebastián Yagual Poveda

Luis Andrés García Maquilon

TUTOR: Ing. Juan Carlos Lata García, PhD.

Guayaquil – Ecuador

2025

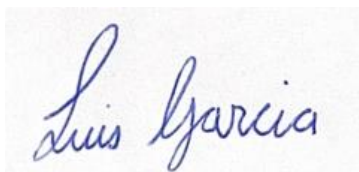
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Andrés García Maquilon con documento de identificación N° 0944053339 y Kenny Sebastián Yagual Poveda con documento de identificación N° 0954528816 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.

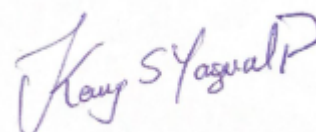
Guayaquil, 24 de enero del año 2025

Atentamente;



Luis Andrés García Maquilon

0944053339



Kenny Sebastián Yagual Poveda

0954528816

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

Nosotros, Luis Andrés García Maquilon con número de identificación N° 0944053339 y Kenny Sebastián Yagual Poveda con número de identificación N° 0954528816 , 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: “ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS”, 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.

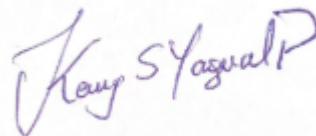
Guayaquil, 24 de enero del año 2025

Atentamente,



Luis Andrés García Maquilon

0944053339



Kenny Sebastián Yagual Poveda

0954528816

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Carlos Lata García con documento de identificación N° 0301791893 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS” realizado por Luis Andrés García Maquilon con número de identificación N° 0944053339 y Kenny Sebastián Yagual Poveda con número de identificación N° 0954528816, 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, 24 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Lata García, PhD
0301791893

DEDICATORIA

Dedico primeramente este trabajo a Dios quien permitió que mis padres Luis García y Marjorie Maquilon hayan sido mi apoyo en esta etapa de mi vida para cumplir mi propósito de ser Ingeniero en Electricidad, me han dado todo lo que soy como persona, sin ustedes nada de esto sería posible. A mi abuela Zoila González mi fuente de sabiduría. Aunque ya no estes físicamente conmigo, tu amor me guía en cada pasó que doy.

A mi amada esposa Luisa, tu apoyo incondicional y amor son un regalo invaluable de este gran logro en equipo.

A mis compañeros con quienes he recorrido esta etapa universitaria, durante estos cuatro años.

Luis Andrés García Maquilon

En primer lugar dedico este proyecto a Jehová Dios por el impulso, y mantenerme en el sostén de su manto para alcanzar un logro personal y profesional por darle vida a mis padres que también se los dedico como lo son Carlos Yagual y Wendy Poveda quiénes son mis mayores motivaciones a diario para mantenerme en el equilibrio de la vida y motivación necesaria para seguir luchando y alcanzando lo propuesto, porque han sido mis pilares fundamentales para mantenerme firme y no desmoronarme ante situaciones y errores sucedidos.

Le dedico a parte de mi familia, como lo son a mi abuelita Patricia Medina y a mi tía Yazmín Poveda, quiénes han sido parte fundamental a lo largo de mi vida han sido también motivaciones para lograr y cumplir lo deseado donde su incentivo, su ayuda me han permitido fortalecerme donde también mis hermanos Valentina Yagual Emiliano Macias, y Ema Yagual que conforman ese amor.

También le dedico a mi primo Jorge Cuadrado quien ha sido un apoyo incondicional en diferentes momentos de mi vida y también a mi tío Carlos Aguilera y primo Carlos Aguilera, abuelita María Villamar quiénes son parte de mi familia y su convivencia me motiva.

Por último, dedicarles este logro a amistades, compañeros de diferentes ámbitos personales, bien sea de barrio, colegio, universidad, lugares de trabajo por siempre haber mantenido la confianza en mí y a motivarme a no desfallecer en busca de mis metas.

Kenny Sebastián Yagual Poveda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su amor y apoyo en este gran camino, a mi esposa por animarme a seguir esforzándome siempre, a mi abuela y a mi familia por estar felices de mis logros personales y profesionales, también me agradezco por seguir adelante y no dejarme vencer.

Gracias a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme titularme como Ingeniero en Electricidad.

Gracias a mis profesores por impartirme sus conocimientos durante esta etapa universitaria.

A mis queridos amigos y compañeros gracias por todo.

Luis Andrés García Maquilon

Agradezco primera a Jehová Dios por permitirme lograr este gran avance para mi carrera personal y profesional. Le agradezco a mis padres Carlos Yagual y Wendy Poveda, gracias a ellos tengo la convicción necesaria para lograr y alcanzar metas establecidas, por haberme aconsejado a lo largo de mi vida para tomar decisiones, por apoyarme en todo momento, porque han sido mi mayor motivación al igual que mis hermanos Valentina Yagual y Emiliano Macias.

Le agradezco a mi familia, sobre todo a mi abuelita Patricia Medina y mi tía Yazmín Poveda quienes en su momento me han ayudado, me han motivado, me han dado consejos para seguir adelante en busca de metas personales.

Agradezco a todo ese conjunto de amigos y compañeros de diferentes trabajos, colegio, universidad, que han depositado su confianza y apoyo en mí, por aquellos que no dudaron.

Kenny Sebastián Yagual Poveda

Índice

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CESIÓN DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
AGRADECIMIENTO	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
Acrónimos	xiv
Capítulo I	1
1.1. Título	1
1.2. Introducción	1
1.3. Planteamiento del problema	2
1.4. Justificación	4
1.5. Delimitación del problema	5
1.6. Beneficiarios de la propuesta	5
1.7. Objetivos	5
1.7.1. Objetivo general	5
1.7.2. Objetivos específicos	5
1.7.3. Metodología y medios	6
Capítulo II	8
2.1. Fundamentación teórica	8
2.2. Paneles solares	9
2.3. Convertidores DC/DC	10
2.4. Algoritmos MPPT	11
2.5. Inversores	11
2.6. Generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos	12
2.7. Viabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos	12
2.8. Viabilidad económica del uso de sistemas fotovoltaicos	13
2.9. Beneficios del uso de sistemas fotovoltaicos	13
2.10. Controladores de Carga	14
2.11. Inversores AC/DC	15
2.12. Inversor Híbrido o a la Red	16

2.13.	Estructuras	17
2.14.	Cableado	18
2.15.	Protecciones	19
2.16.	Pararrayos	20
2.17.	Descargadores de Sobretensión	21
2.18.	Irradiancia solar	22
2.19.	Regulación Arconel 005/24	23
Capitulo III		25
3.1.	Desarrollo del funcionamiento	25
3.2.	Simulación mediante programas	27
Capitulo IV		52
4.1.	Analisis de resultados	52
4.2.	Cronograma	67
4.3.	Viabilidad técnica y económica	70
4.4	Presupuesto	74
Conclusiones		75
Recomendaciones		76
Bibliografía		77

Índice de tablas

Tabla 1	Características técnicas del módulo FV seleccionado.....	49
Tabla 2	Característica técnica de inversor seleccionado	50
Tabla 3	Cronograma de instalación del sistema fotovoltaico.....	68

Índice de figuras

Figura 1 Paneles solares	10
Figura 2 Convertidores DC/DC.....	11
Figura 3 Inversores	12
Figura 4 Controladores de carga.....	14
Figura 5 Inversores AC/DC.....	15
Figura 6 Inversor hibrido.....	17
Figura 7 Cableado de paneles solares.....	18
Figura 8 Pararrayos	20
Figura 9 Descargadores de sobretensión	21
Figura 10 Software PVsyst.....	28
Figura 11 Ventana principal software PVsyst	29
Figura 12 Ventana de simulación de proyecto y sus parametrizaciones	30
Figura 13 Gráfica de localización de proyecto.....	30
Figura 14 Ventana de importación de datos de meteo con “Meteonorm 8.2”	31
Figura 15 Datos de meteo diario con unidad kWh / m ² / día.....	32
Figura 16 Datos de meteo mensual con unidad kWh / m ² / mes	32
Figura 17 Ventana de base de datos del sitio y sus condiciones del sistema	33
Figura 18 Gráfica datos meteo de irradiación horizontal global y difusa horizontal	34
Figura 19 Ventana base de datos del sitio con condición plano inclinado global.....	35
Figura 20 Ventana de orientación de plano de la base de sitio	36
Figura 21 Gráfica de datos meteo nivel diario mes enero	36
Figura 22 Ventana de variante con parámetros principales del proyecto.....	37
Figura 23 Gráfica con parámetro de orientación.....	38
Figura 24 Datos de inclinación del plano	38
Figura 25 Gráfica de datos de inclinación del plano	39
Figura 26 Gráfica del sistema de módulo seleccionado	40
Figura 27 Modelo y especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado .	40
Figura 28 Dimensiones del módulo fotovoltaico seleccionado.....	41
Figura 29 Parámetros del módulo fotovoltaico seleccionado.....	42
Figura 30 Tipo de curvas del módulo fotovoltaico seleccionado.....	43
Figura 31 Gráfica curva de I/V con la irradiancia del módulo seleccionado	44
Figura 32 Gráfica del inversor seleccionado	44
Figura 33 Características del inversor seleccionado	45

Figura 34	Curva de eficiencia del inversor seleccionado.....	46
Figura 35	Gráficas de dimensionamiento del sistema.....	47
Figura 36	Sistema fotovoltaico.....	48
Figura 37	Diagrama de entrada/salida.....	52
Figura 38	Valores económicos de los principales componentes de la propuesta.....	54
Figura 39	Valores económicos de los otros componentes de la propuesta	55
Figura 40	Resumen de valores económicos de la propuesta	55
Figura 41	Parámetros general del rendimiento del sistema fotovoltaico	56
Figura 42	Normalización de la producción del sistema fotovoltaico.....	58
Figura 43	Indicadores mensuales del rendimiento del sistema fotovoltaico.....	60
Figura 44	Balances y principales resultados del sistema fotovoltaico	61
Figura 45	Diagrama de perdida	63
Figura 46	Diagrama de entrada/salida diaria.....	65

Resumen

El presente estudio tuvo como objeto de estudio a una empresa de productos alimenticios, la cual actualmente atraviesa por un gasto excesivo en lo que respecta al pago de luz, tomando en cuenta incluso el contexto de crisis energética del Ecuador donde se llegó a tener hasta catorce horas de cortes de luz por día, siendo así, se estableció como objetivo general de investigación determinar la viabilidad técnica y económica de la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicados en una empresa de productos alimenticios de la ciudad de Guayaquil para la reducción de costos energéticos. Con la finalidad de dar cumplimiento al mencionado objetivo, se llevó a cabo una simulación del sistema fotovoltaico donde se emplearon módulos fotovoltaicos con una potencia de 150 Wp y un total de 60 módulos, lo que da como resultado una potencia total de 9000 Wp o 9 kWp., otro aspecto importante fue el cálculo de la tensión de trabajo del sistema que dependió de la cantidad de módulos fotovoltaicos unidos en serie, con una fórmula correcta da un voltaje de operación de 532.20 V al conjuntar 30 módulos en serie con un voltaje principal de 17.74 V por módulo. Este valor es bueno ya que el inversor que se eligió tiene un rango entre 200 V y 700 V, lo que hace que el sistema será compatible con el inversor escogido sin sobrepasar los límites del voltaje para su tarea. En conclusión, a la viabilidad económica, el análisis de los costos de instalación, que ascienden a \$23.000, muestra que la inversión inicial se puede amortizar en un período razonable, con un retorno de inversión estimado en 22 años. Además, los beneficios de la generación de energía solar contribuyen a la sostenibilidad, lo que representa una ventaja tanto a nivel económico como ambiental.

Keywords

Viabilidad, Estudio técnico, estudio económico, paneles solares, sistema fotovoltaico.

Abstract

The object of this study was a food products company, which is currently experiencing excessive spending in terms of paying for electricity, even taking into account the context of the energy crisis in Ecuador where there were up to fourteen hours of power outages per day, thus, the general research objective was established to determine the technical and economic feasibility of electricity generation through photovoltaic systems applied in a food products company in the city of Guayaquil to reduce energy costs. In order to fulfill the aforementioned objective, a simulation of the photovoltaic system was carried out where photovoltaic modules with a power of 150 Wp and a total of 60 modules were used, which results in a total power of 9000 Wp or 9 kWp., another important aspect was the calculation of the working voltage of the system, which depended on the number of photovoltaic modules joined in series, with a correct formula giving an operating voltage of 532.20 V by combining 30 modules in series with a main voltage of 17.74 V per module. This value is good since the inverter that was chosen has a range between 200 V and 700 V, which means that the system will be compatible with the chosen inverter without exceeding the voltage limits for its task. In conclusion to the economic viability, the analysis of the installation costs, which amount to \$23.000, shows that the initial investment can be amortized in a reasonable period, with an estimated return on investment in 22 years. In addition, the benefits of solar energy generation contribute to sustainability, which represents an advantage both economically and environmentally.

Keywords

Feasibility, technical study, economic study, solar panels, photovoltaic system.

Acrónimos

AVTGE - Análisis de Viabilidad Técnica y Generación Eléctrica

EVT - Estudio de Viabilidad Técnica

EVEE - Estudio de Viabilidad Económica de Energía

SFE - Sistemas Fotovoltaicos para Empresas

GEP - Generación Eléctrica Fotovoltaica

AESE - Análisis Económico de Sistemas Eléctricos

CSE - Costos de Sistema Eléctrico

SAFE - Sistema de Ahorro Fotovoltaico para Empresas

SFA - Sistema Fotovoltaico para Alimentos

VTE - Viabilidad Técnica de Energía

Capítulo I

1.1. Título

Análisis de viabilidad técnica y económica de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicado en una empresa de productos alimenticios

1.2. Introducción

El calentamiento global y la necesidad de energías renovables han sido dos de los mayores temas de preocupación para los gobiernos y las sociedades durante los últimos años. El Protocolo de Kioto fue adoptado en 1997 y pasó por el proceso de ratificación, entrando en vigor en 2005; durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se exigió a los países industrializados tomar medidas para mantener un control o reducir el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero dentro de sus territorios y formular e implementar programas nacionales para la reducción o eliminación de contaminantes en la atmósfera e informar de todo ello a la Conferencia de las Partes.

Varios líderes mundiales habían dado la bienvenida a un nuevo conjunto de objetivos globales con propósitos proactivos en la erradicación de la pobreza, la protección del planeta y garantizar la prosperidad para sus habitantes en el marco de las Naciones Unidas en septiembre de 2015 como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible donde cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años 17 objetivos específicos.

La búsqueda constante de fuentes de energía renovables hace de la energía fotovoltaica una alternativa viable como una de las principales fuentes de este tipo de energía; La energía fotovoltaica convierte los rayos solares directamente en electricidad a través de paneles fotovoltaicos, o paneles solares, de modo que se puede aprovechar un recurso totalmente renovable, ilimitado, gratuito y limpio.

La primera célula solar se fabricó en los años 50, iniciando una transición en la búsqueda de energías alternativas. De hecho, no fue hasta 1985, sobre todo después de la crisis del petróleo, cuando se empezó a buscar fuentes de energía no ligadas a los fósiles. La estabilidad del petróleo se alcanzó en 1986, perdiendo así el interés por la búsqueda de fuentes de energía renovables, que quedaron en un segundo plano; a partir del año 2000 se fomenta el uso de energías renovables, donde la fotovoltaica y la eólica toman protagonismo.

Ecuador es uno de los países más ricos en energía renovable y, sin embargo, desafortunadamente, todo esto debe aprovecharse mediante tecnología avanzada en lugar de depender únicamente de plantas hidroeléctricas para satisfacer su consumo de electricidad [1]. El marco energético del país se mueve hacia un cambio en la matriz energética en donde se desarrollan fuentes de energías alternativas y renovables que certifiquen: sostenibilidad, innovación y menor impacto ambiental en su planificación, puesta en marcha y posterior control y seguimiento adecuado [2]. Uno de los grandes pilares que hoy se debe defender son los recursos naturales ya que antes empresas extranjeras los explotaban y obtenían ganancias desproporcionadas sin preocuparse por el poco beneficio y el impacto ambiental que dejaban en el país [3]

Asimismo, el Ecuador se identifica por la producción de energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas, las cuales son el sustento del Sistema Interconectado Nacional que brinda energía eléctrica a los habitantes del país, por lo que la implementación y obtención de energía limpia es trascendental, asociando así la explotación correcta y responsable de los recursos naturales no renovables como el petróleo, y cambiándolo por el uso de fuentes de energía renovables autosustentables a partir de procesos productivos no invasivos que generen un mínimo impacto al medio ambiente y la geografía del país [4].

Por otra parte, la empresa objeto de estudio de este trabajo, está dedicada a la producción y comercialización de productos alimenticios inició actividades en Ecuador en 1995, básicamente se dedicaba a la importación y comercialización de productos lácteos. En 2003 desde la fábrica se inició la producción en el país de yogures, bebidas a base de yogurt, lácteos bebibles, grasas y postres. La producción fue complementada en 2009 convirtiéndose en líder nacional de quesos por la capacidad y mercado.

1.3. Planteamiento del problema

Los módulos fotovoltaicos son simplemente una disposición de células fotovoltaicas repartidas sobre una superficie plana y se encargan de convertir la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico cuando la luz del sol incide sobre ellas. Las tecnologías fotovoltaicas más utilizadas son: Los paneles monocristalinos, que fueron los primeros en desarrollarse a partir de cristales de silicio. Estos son aplicables en condiciones de clima nublado y tormentoso con una temperatura no muy elevada [5].

Fabricados a partir de silicio, los paneles policristalinos son de menor pureza que los monocristalinos, lo que se traduce en una ligera caída en el rendimiento de los paneles. Los paneles solares amorfos o de película delgada comprenden una combinación de cobre, indio, selenio, galio, cadmio y telurio. Se trata de paneles de mucha menor eficiencia en comparación con los paneles de vidrio, pero vienen con la ventaja añadida de ser bastante económicos en precio. Los más utilizados en vivienda debido a su precio y amplia variedad de presentaciones paneles transparentes, semitransparentes, entre otros [6].

Por otra parte, todos los procesos que la empresa realiza en sus fábricas y almacenes se realizan utilizando energía eléctrica convencional, que es no renovable, sucia y costosa. Según el análisis realizado hasta la fecha, esto impacta el 12% de los costos de fabricación y el 6% del costo total (costo de conversión), uno de los costos más representativos de la operación diaria; Debido al alto uso y aumento de la tarifa energética por kW/h, el costo de este concepto ha ido aumentando paulatinamente, viéndose un impacto financiero para toda la empresa además de los enormes costos de mantenimiento que requiere el sistema de suministro de energía de la empresa para sus operaciones diarias; ya que no pudieron comprar los repuestos que los harían funcionar nuevamente y se quedaron sin disponibilidad, lo que provocó que los altos precios de la mano de obra se vieran afectados.

Por lo tanto, la dependencia directa excesiva de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) para obtener energía tiene implicaciones tanto en términos de disponibilidad de esta entidad y cuando ocurre una falla externa, las repercusiones para la empresa son grandes paros inamistosos en la producción no planificados y escasez de productos para el mercado; otro problema que se deriva de esto es tener solo una fuente de energía para las operaciones diarias.

El mayor problema ambiental creado por la aplicación de la energía eléctrica convencional se liberan gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, entre algunos de los problemas ambientales más desastrosos del mundo como el aumento de las temperaturas medias y la destrucción de los ecosistemas naturales simplemente para establecerlo y alimentarlo; aparte De los recursos limitados, se alimenta y luego los utiliza para hacer funcionar la planta.

1.4. Justificación

Dado que actualmente todas las operaciones de producción, logística, comercio y administración de la empresa se realizan con energía eléctrica, esta se convirtió en un costo importante y una preocupación operativa para el negocio. Por esta razón, es inevitable que la estrategia y el desarrollo de la empresa cambien la fuente de energía; por lo tanto, se recomendó utilizar la energía fotovoltaica como estrategia de suministro de energía. Un objetivo y parte de la planificación de iniciativas de mejora continua es planificar y estudiar la planta ubicada en la ciudad de Guayaquil porque en promedio contribuye con el 66% de las ventas totales de la empresa.

La energía fotovoltaica generalmente se considera energía renovable porque su fuente de energía es esencialmente energía solar directa. Al no producir ningún tipo de gases de efecto invernadero, este tipo de energía contribuye a la reducción del calentamiento global. Además, esta fuente de energía es abundante ya que lo principal que se requiere para ella ocurre durante las diversas estaciones o épocas del año y los diferentes tipos de clima que ocurren en el planeta. Los ahorros por optimización de costos de producción y energía en las industrias con energía fotovoltaica son bastante largos en términos generales, hasta 25 años con la tecnología en particular; además se incluyen beneficios fiscales, como la depreciación del 100% de todas las inversiones relacionadas con mecanismos de producción más limpios, lo que representa efectivamente un descuento del 50% en el precio del sistema.

De la misma manera, los costos de mantenimiento se reducirán en gran medida y se fijarán con la provisión de nuevos sistemas de suministro y conducción de energía, por lo que se cubrirán mejor los gastos asociados proyectados. Habrá doble suministro por los sistemas de energía fotovoltaica, se dejará de depender del sistema energético de CNEL EP.

La presente investigación pretende inyectar una fracción de la demanda eléctrica del sector industrial y/o comercial del país con la instalación de un panel fotovoltaico generador de energía. Los mecanismos de conversión de energía son poco aplicados en el Ecuador a nivel industrial/comercial debido a la mínima preocupación e involucramiento de los diferentes sectores en la implementación de los mismos, aunque podrían contribuir a grandes reducciones en el consumo eléctrico dentro de los sectores productivos mediante medidas adecuadas de eficiencia energética.

1.5. Delimitación del problema

El trabajo de investigación propuesto estará listo para su ejecución en el año 2024, considerando que su aplicación será para sectores de Guayaquil, que se encuentran regidos por la unidad de negocio CNEL EP Guayaquil y su estándar de vida es de clase media. Cabe recordar que los datos de los abonados de la red para el cálculo y dimensionamiento de las redes deberán estar basados en la importación de la empresa en estudio y la comercialización de productos lácteos.

1.6. Beneficiarios de la propuesta

Dentro de los beneficiarios del trabajo investigativo planteado estarán:

- Los autores, consolidarán y fortalecerán sus conocimientos para posteriormente recibir título de Ingeniero en electricidad
- La Universidad Politécnica Salesiana, sumara un proyecto de investigación más para su destacada trayectoria, así como el mérito por graduar excelentes profesionales
- La empresa objeto de estudio que tendrá la oportunidad de abastecerse con un sistema de energía eléctrica confiable, moderna y de alta calidad.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad técnica y económica de la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicados en una empresa de productos alimenticios de la ciudad de Guayaquil para la reducción de costos energéticos.

1.7.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte sobre generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos que sustente el desarrollo del presente proyecto de investigación.
- Desarrollar un estudio técnico para la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicados en una empresa de productos alimenticios de la ciudad de Guayaquil para la reducción de costos energéticos.
- Realizar un estudio financiero para la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicados en una empresa de productos alimenticios de la ciudad de Guayaquil que defina la viabilidad económica de la inversión.

1.7.3. Metodología y medios

El estudio entonces tomará un enfoque de investigación inductiva para observar y registrar sensibilidades y variables de factores de rentabilidad de las empresas desde lo micro hasta lo macro en el estudio para generalización. Por otro lado, la investigación será cualitativa por lo que su diseño se basará en este enfoque. De acuerdo con el trabajo [7], el enfoque cualitativo se selecciona cuando se busca comprender la perspectiva de los participantes (individuos o pequeños grupos de personas a investigar) sobre los fenómenos que los rodean, para ahondar en sus experiencias, perspectivas, opiniones y significados, es decir, la forma en que los participantes perciben subjetivamente su realidad.

Esta investigación documental permitirá examinar la información del problema para aprehender los aportes científicos pasados y establecer relaciones, varianzas o estado actual del conocimiento respecto del problema de estudio; a través del examen de documentos como libros, revistas científicas, tesis de grado, entre otros, disponibles con la ayuda de Internet, y que utilizaremos en nuestra investigación.

La investigación es del tipo mixta. Por un lado, es descriptivo ya que intenta identificar y observar cómo se manifiesta el problema de investigación en torno al uso de paneles solares fotovoltaicos en Nigeria. Por otro lado, también es explicativo porque busca explicar la rentabilidad con referencia al uso en el sector empresarial, por tanto parcialmente explicativo al responder al diagnóstico de las causas de dicho impacto hasta llegar a su situación actual.

Los datos primarios se recogen a partir de la identificación directa de los sujetos en estudio, y se pueden identificar las siguientes tres fuentes: (a) Observación directa, (b) Entrevista y (c) Experimentación. La información se proporcionará de forma confidencial y solo para el estudio de caso. Las fuentes secundarias para ser más precisos serán referencias, libros, publicaciones periódicas, revistas en línea, bases de datos electrónicas sobre el tema del problema de investigación que armarán este trabajo con bagaje teórico.

Los métodos a aplicar serán la entrevista, la observación y/o la experimentación, mediante los cuales se desprenderán los procedimientos que se formularán en el transcurso del trabajo de grado. El documento incluirá una guía informativa que incluya consideraciones cruciales sobre este aspecto durante la realización del estudio. Debe hacer referencia a

qué actividad se está realizando, los medios aplicados, la persona que realiza o recibe el servicio, el tiempo necesario para que se complete el servicio, el lugar donde se lleva a cabo y el propósito de la actividad.

La entrevista en esa dirección puede diseñarse de manera directa y lógica para la comprensión de quienes serán entrevistados, dirigida a la gerencia general, la gerencia financiera y la estructura de gestión operativa de la empresa. Por otra parte, el proceso de análisis de viabilidad técnica y económica de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicado en una empresa de productos alimenticios consta de los siguientes pasos:

1. Los elementos que se utilizarían para construir la Planta de Generación Distribuida comienzan con paneles solares, los cuales son de fácil montaje.
2. Se busca que estos paneles no pesen más de 40 kg, de manera que no se requiera maquinaria pesada para su instalación y mantenimiento.
3. Cuando se tiene la información para el panel solar, se definen las características técnicas del inversor.
4. El inversor se elige considerando una potencia nominal de 100 [kW], que correspondería al 10% de la producción que se tendrá en una planta fotovoltaica de 1 [MW].
5. Para el análisis técnico/económico de la construcción de la planta de 1 [MW], se considera a qué precio de venta de kW/h estaría dispuesta a negociar la empresa.

Capítulo II

2.1. Fundamentación teórica

En este apartado se ha realizado un estudio de referencia tomando como referencia trabajos de investigación que justifican y prueban la viabilidad de la energía fotovoltaica en emprendimientos de diferente naturaleza. Cabe destacar que este tipo de energía en países desarrollados tiene gran implantación y en Latinoamérica, especialmente en Ecuador, de donde proviene. Los trabajos son referentes teóricos y prácticos, algunos de ellos se presentan a continuación:

De acuerdo con [8] en su estudio titulado “Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del catón Santa Lucía, provincia del Guayas”. El plan propuesto es un plan de negocio para la creación de una empresa dedicada a la venta de paneles fotovoltaicos dirigidos a las fincas agrícolas del cantón Santa Lucía en la provincia de Guayas, cantón que no cuentan con el servicio eléctrico prestado por las respectivas empresas eléctricas. , tornando nula su asistencia y acceso. Los resultados obtenidos son favorables para la implementación del plan de negocio y para el beneficio directo de la comunidad de Santa Lucía.

Por otra parte, [9] en su trabajo titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca” indican que la generación de energía convencional, conocida también como energía eléctrica, genera impactos negativos en el ecosistema, haciendo hincapié en cuánto costoso es generarlo; motivo por el cual se toma la decisión de diseñar un sistema fotovoltaico que abastece energía eléctrica a la Universidad Tecnológica de Salamanca ya en ese momento presentaban escasez y falta del servicio de energía eléctrica para el funcionamiento en el edificio administrativo y de enseñanza, el sistema es Diseñado para ser montado en la estructura del estacionamiento del cuerpo administrativo de la Universidad Tecnológica de Salamanca, los resultados adquiridos son de gran beneficio a esta entidad validando la eficiencia y efectividad de este modelo energético.

De similar forma [10] en su investigación titulada “Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas” estudian la implementación de un sistema de energía solar en la comuna de Puerto Roma en la provincia del Guayas debido a que no cuenta con servicios básicos para la población, por lo que se planteó la necesidad de energía eléctrica “convencional” mediante un sistema de energía renovable provisto por paneles

solares para producir y distribuir energía en las comunas antes mencionadas, proceso que resultó efectivo y de gran beneficio para toda la comunidad de Puerto Roma.

Por su parte [11] en su estudio titulado: “Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos” evalúan la competitividad económica a medio y largo plazo de la energía solar fotovoltaica en España y en el mundo y analizan el nivel de evolución necesario del proceso de producción energética hasta que el sector sea competitivo tanto con otras energías tradicionales como con las emergentes en crecimiento.

El físico francés A. E. Bequerel (1820-1891) lo descubrió en 1839, cuando observó que una celda electrolítica que utilizaba registraba un aumento de la luz con la electricidad que producía. Su primer dispositivo fotovoltaico nació en 1876 y se siguió utilizando hasta 1956, cuando se empezó a utilizar la microelectrónica [12]

La primera campaña de energía solar se inició en 1984 con el aporte del Instituto Nacional de Energía para promover el avance tecnológico requerido para aprovechar la energía solar en Ecuador. Desde diciembre de 1996, se incentiva el uso y desarrollo de energías no convencionales en Ecuador. El 4 de abril de 2011, el Estado resolvió cambiar la matriz energética del país e impulsar la generación de energía renovable. Además, la posición geográfica de Ecuador permite aprovechar al máximo la energía del sol [13].

Los paneles fotovoltaicos son la fuente para producir energía tanto en el hogar como en usos industriales. Estas células interconectadas en serie forman los módulos fotovoltaicos. Las células fotovoltaicas integradas forman el panel fotovoltaico, que también está aislado. Se trata de los paneles solares que convierten la energía de la radiación solar directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua.

El módulo de panel fotovoltaico según la invención está diseñado para exteriores y como “piel” de un edificio. Por lo tanto, se presume que durará hasta 25 años. Las células están fundidas en resina y se intercalan entre dos láminas para formar los módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio mientras que la lámina trasera puede ser de plástico opaco, o de vidrio si se está formando un módulo semitransparente [5].

2.2. Paneles solares

Los módulos fotovoltaicos son simplemente una disposición de células fotovoltaicas repartidas sobre una superficie plana y se encargan de convertir la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico cuando la luz del sol incide sobre ellas. Las tecnologías fotovoltaicas más utilizadas son: Los paneles monocristalinos, que fueron los

primeros en desarrollarse a partir de cristales de silicio. Estos son aplicables en condiciones de clima nublado y tormentoso con una temperatura no muy elevada [5].

Figura 1

Paneles solares



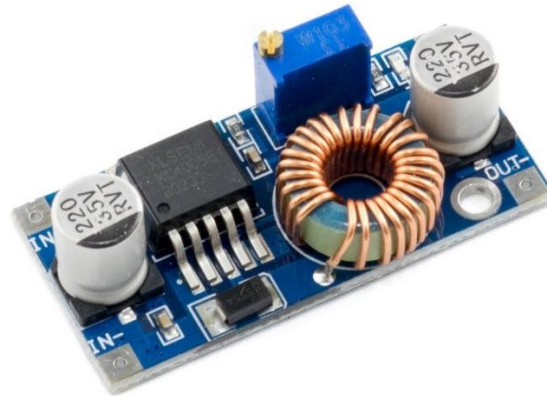
Fabricados a partir de silicio, los paneles policristalinos son de menor pureza que los monocristalinos, lo que se traduce en una ligera caída en el rendimiento de los paneles. Los paneles solares amorfos o de película delgada comprenden una combinación de cobre, indio, selenio, galio, cadmio y telurio. Se trata de paneles de mucha menor eficiencia en comparación con los paneles de vidrio, pero vienen con la ventaja añadida de ser bastante económicos en precio. Los más utilizados en vivienda debido a su precio y amplia variedad de presentaciones paneles transparentes, semitransparentes, entre otros [6].

2.3. Convertidores DC/DC

Los convertidores DCDC ayudan a controlar la energía eléctrica continua y variable del panel solar para convertirla en energía continua constante. La salida de esta se conecta con la entrada de energía a los inversores y, a su vez, al banco de baterías [11]. La amplia gama de convertidores DC permite aprovechar ciertos beneficios potenciales con el sistema fotovoltaico, para extraer la máxima potencia de los paneles solares [8]. Esto se logra mediante la implementación de algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia denominados algoritmos MPPT.

Figura 2

Convertidores DC/DC



2.4. Algoritmos MPPT

Los sistemas solares sufren el problema de una baja eficiencia de conversión de energía, ya que no aprovechan todo el potencial de energía captada por los paneles solares [12]. Para aliviar este problema, muchos sistemas solares han dejado de lado la precaución y han adoptado algoritmos para funcionar en el punto de máxima potencia, conocidos como algoritmos MPPT [2]. Estos algoritmos se incorporan en convertidores de CC o inversores solares. Los algoritmos MPPT más conocidos en la industria incluyen, entre otros: Observador de perturbaciones, Conductancia incremental y Voltaje de circuito abierto. Este último es el menos popular porque funciona incorrectamente en caso de que se produzcan sombras sobre los paneles solares.

2.5. Inversores

Son el último grupo en un sistema fotovoltaico completo que se conecta a la red o se desconecta. Su tarea es cambiar la electricidad de corriente continua de los paneles solares, así como del banco de baterías, en alguna forma de electricidad alterna que esté lista para conectarse a las cargas de una instalación [9]. El voltaje de salida del inversor debe cumplir con los requisitos de la instalación particular para la que se utiliza. En Ecuador, producen voltaje alterno de 60 Hz a 120 Vrms monofásico. Un inversor ideal debe poder mantener una amplitud de voltaje constante, una frecuencia regular, una sincronización de fase adecuada en el caso de sistemas interconectados a la red, factores de potencia altos, altas eficiencias de conversión y distorsiones armónicas bajas, si las hubiera.

Figura 3

Inversores CA



2.6. Generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos aprovechan la radiación solar para generar electricidad a través de la conversión directa de la luz en energía mediante células fotovoltaicas. Esta tecnología ha experimentado avances significativos, mejorando su eficiencia y reduciendo sus costos a lo largo de los años. Según el reporte de IRENA (2022), los costos de los sistemas fotovoltaicos han disminuido en un 82% desde 2010, lo que ha impulsado su adopción en diversas aplicaciones industriales, incluidas las empresas de alimentos, la generación solar puede ser particularmente ventajosa. Estas empresas suelen tener un consumo energético elevado debido a la necesidad de mantener condiciones controladas de temperatura y humedad en sus instalaciones de producción y almacenamiento. La generación fotovoltaica ofrece una fuente de energía limpia y renovable que puede reducir la dependencia de fuentes tradicionales de electricidad, cuyos costos pueden ser impredecibles y elevados. Según García et al. (2021), los sistemas fotovoltaicos pueden cubrir hasta el 60-80% de la demanda energética en algunas industrias, dependiendo de la ubicación y el tamaño del sistema.

2.7. Viabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos

La viabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos se evalúa en función de varios factores, entre ellos, la irradiación solar disponible, el diseño del sistema y la capacidad de integración con las infraestructuras existentes. En el caso de las empresas de productos alimenticios, la viabilidad técnica depende de la posibilidad de implementar un sistema de almacenamiento de energía, la orientación de los paneles solares y las características específicas de consumo energético de la empresa.

La irradiación solar es uno de los aspectos clave en la evaluación técnica de un sistema fotovoltaico. En zonas con alta irradiación solar, los sistemas fotovoltaicos tienen un

rendimiento óptimo, lo que mejora la rentabilidad de la inversión. Según estudios de Hernández y Pérez (2023), en regiones con alta radiación solar, como el sur de España o partes de América Latina, la generación de energía fotovoltaica puede cubrir una porción significativa de la demanda energética de una industria alimentaria.

Además, el almacenamiento es crucial para maximizar la viabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos, ya que permite gestionar las variaciones de producción de energía solar y el consumo. La integración de baterías o sistemas de almacenamiento de energía puede permitir que las empresas utilicen la energía generada durante el día, incluso en horas de baja irradiación solar, como durante la noche.

2.8. Viabilidad económica del uso de sistemas fotovoltaicos

Desde el punto de vista económico, la adopción de sistemas fotovoltaicos en las empresas de alimentos se justifica principalmente por los ahorros en costos operativos relacionados con el consumo eléctrico y la reducción de la dependencia de la red eléctrica. La inversión inicial, que incluye la compra e instalación de los paneles solares, puede ser significativa, pero los costos de operación y mantenimiento son bajos en comparación con otras fuentes de generación eléctrica. La vida útil de los sistemas fotovoltaicos se estima en 25-30 años, lo que ofrece una rentabilidad significativa a largo plazo.

Estudios recientes han demostrado que, en promedio, las empresas pueden recuperar su inversión inicial en un período de entre 5 y 7 años, dependiendo de la ubicación y la tarifa eléctrica vigente. Según un análisis de Mercado de Energía Solar (2021), las empresas que implementan sistemas fotovoltaicos pueden reducir sus costos energéticos en un 30-40%, lo que resulta en una mayor competitividad y sostenibilidad económica.

Por otro lado, las políticas de fiscales y subvenciones gubernamentales en muchos países han facilitado la adopción de tecnologías solares, lo que ha acelerado la viabilidad económica de los proyectos fotovoltaicos. Estos incentivos, como los créditos fiscales por inversión en energías renovables, permiten que las empresas reduzcan aún más el costo inicial de implementación.

2.9. Beneficios del uso de sistemas fotovoltaicos

El uso de energía fotovoltaica no solo es beneficioso desde el punto de vista económico, sino que también contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental. La adopción de fuentes de energía renovables reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono de las empresas. Un informe de la Agencia Internacional de Energía (2022) estima que la adopción de sistemas fotovoltaicos en sectores industriales puede reducir las emisiones de CO₂ hasta en un 70%, dependiendo

del mix energético de cada país. En el caso de las empresas de productos alimentos la transición hacia la energía limpia puede ser un factor diferenciador en términos de sostenibilidad, lo que mejora su reputación frente a los consumidores conscientes del medio ambiente.

La implementación de sistemas fotovoltaicos en empresas de productos alimenticios ofrece una solución viable tanto técnica como económicamente. Los avances en la tecnología fotovoltaica, junto con los beneficios fiscales y la reducción de costos operativos, hacen de esta opción una estrategia atractiva para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de las empresas. Sin embargo, la viabilidad de cada proyecto dependerá de factores específicos como la irradiación solar, el consumo energético de la empresa y la capacidad de inversión inicial.

2.10. Controladores de Carga

Los controladores de carga son uno de los dispositivos básicos que se aplican en un sistema fotovoltaico, particularmente en aplicaciones independientes o fuera de la red. Controlan la energía que se suministra a las baterías para que no se sobrecarguen ni se descarguen excesivamente, lo que acorta en gran medida su vida útil. Los sistemas fotovoltaicos independientes dependen de una carga completa de las baterías para optimizarlas y reducir la degradación. Este puede ser un controlador de tipo PWM o MPPT, el último mucho más efectivo: extrae más energía de los paneles solares al rastrear en qué punto debe estar la corriente con un conjunto de módulos fotovoltaicos para producir la máxima potencia de ellos.

Figura 4

Controladores de carga MPPT



El controlador de carga MPPT se aplica ampliamente en sistemas en los que la variación del nivel de radiación solar es muy amplia. Permite condiciones de luz variables, regulando bien desde la temperatura hasta las variaciones de irradiación para un mejor funcionamiento del sistema de energía solar. Todo esto mientras que, en algunos de los controladores de carga que también están en la operación de control de carga, se

implementan con características de protección como falla y temperatura para garantizar que las baterías no se ejecuten. A su vez, cuando el voltaje fluctúa, estos controladores ayudan a estabilizar la corriente, mejorando así la durabilidad de los componentes del sistema.

Además de la protección contra sobrecargas, los controladores de carga también deben evitar la descarga profunda de las baterías, ya que esto también podría destruir permanentemente las celdas de las baterías. Por lo tanto, el controlador de carga es en este punto una parte muy integral cuando se trata de administrar la energía almacenada y lograr el rendimiento general del sistema de energía renovable. En sistemas solares aislados, un buen diseño de la estrategia de carga puede mejorar sustancialmente la eficiencia general y aprovechar la confiabilidad del sistema.

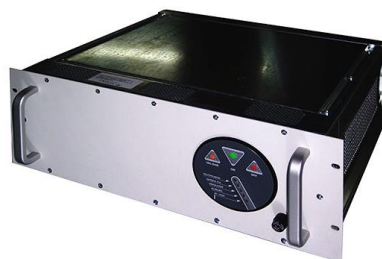
Lo más importante es que el desarrollo de la tecnología de baterías y la electrónica de potencia se realiza de la mano con el desarrollo de los controladores de carga. Otras características de estos dispositivos son la conectividad remota y las capacidades de monitoreo en tiempo real con interfaces inteligentes agregadas para permitir que los usuarios cambien y optimicen su sistema de energía desde cualquier lugar.

2.11. Inversores AC/DC

En particular, los inversores CA/CC desempeñan un papel importante en los sistemas de energía renovable, en particular en los sistemas fotovoltaicos. Esto se debe a que convierten la corriente continua (CC) que emana de los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma que utilizan muchos aparatos eléctricos. La conversión de CC a CA es la razón por la que la energía solar se utiliza de manera eficaz en aplicaciones domésticas, industriales y comerciales.

Figura 5

Inversores AC/DC



En general, los dos inversores CA/CC principales son el inversor de toma central y el microinversor. Básicamente, el primero se utiliza para dar servicio a megasistemas fotovoltaicos, mientras que el segundo, denominado microinversor, permite controlar

mejor un solo panel, mejorando así la eficiencia en los casos en que la radiación solar no es uniforme.

Un inversor debe lograr una alta eficiencia y una conversión constante de energía, con las pérdidas incurridas durante la transformación de la energía al mínimo. Hoy en día, las implementaciones de inversores modernos vienen con funcionalidades de monitoreo inteligente y, por lo tanto, permiten al usuario verificar el rendimiento del sistema a través de aplicaciones móviles o plataformas web. Además, los inversores de alta calidad vienen con sistemas de protección que no les permiten sobrecalentarse, sobrecargarse o cortocircuitarse, lo que garantiza la seguridad de los usuarios y la fiabilidad del sistema. La eficiencia de los inversores CA/CC es simplemente su contribución a la eficiencia total de un sistema fotovoltaico. Solo por mencionarlo, los inversores podrían desperdiciar hasta un 10% de la energía generada por el sistema solar. Los inversores se han diseñado en los últimos tiempos para funcionar a una eficiencia superior al 95%, es decir, muy poca energía perdida durante el proceso de conversión. Es, de hecho, una mejora tecnológica que ha hecho que el sistema solar sea bastante competitivo en su factor coste-beneficio.

Las funcionalidades de interacción con la red permiten un aspecto muy importante en el modelo de energía solar distribuida que es la venta de la energía excedente generada. En otras palabras, cuando un inversor inyecta energía en la red eléctrica, requiere que el inversor cumpla con las normas de calidad de la energía. Esto se hace de tal manera que no se produzcan perturbaciones y la energía producida sea segura y buena para el consumo público.

2.12. Inversor Híbrido o a la Red

Un inversor híbrido es una tecnología que combina el sistema solar con baterías y la red eléctrica. A diferencia de los convencionales, los inversores híbridos pueden convertir tanto la corriente continua en corriente alterna como la energía de las baterías y la generada por los paneles solares. Con este tipo de conversión se permite una mayor flexibilidad en el uso de la energía. Estos inversores son capaces de funcionar en modo autónomo, utilizando únicamente la batería en casos en los que no hay suficiente radiación solar, o también pueden inyectar el excedente de energía a la red.

Figura 6

Inversor híbrido



Los inversores híbridos son necesarios para sistemas de autoconsumo, que funcionan en plantas en las que se busca reducir el consumo energético de la red aprovechando al máximo la energía solar generada localmente. El dispositivo permite optimizar la forma en que se almacena y consume la energía, asegurando que incluso la energía almacenada se utilice de forma óptima, pero también que el sistema funcione en modo autónomo y conectado a la red. En la mayoría de los casos, los inversores híbridos vienen incorporados con EMS (sistemas de gestión de energía) con los que el usuario es capaz de monitorizar y controlar el flujo eléctrico en cualquier momento. Un punto positivo de los inversores híbridos es que puedes reducir tus costes energéticos utilizando el sol para alimentar tus días y almacenando lo que sobra. Si hay una variación específica de la región o del tiempo en el precio de la electricidad, esto lo hace particularmente interesante porque la energía almacenada se puede utilizar en esas horas pico y la electricidad se puede utilizar a tarifas bajas cargando la batería durante las horas de bajo coste.

Si bien la conectividad en los inversores híbridos se puede realizar con sistemas de gestión inteligentes que pueden ajustar el consumo de energía, optimizando la carga de la batería además de la eficiencia del sistema, los inversores híbridos pueden, además, en algunos casos ahora que los coches eléctricos están ganando terreno, tener sus diseños para adaptarse a ellos junto con la carga de coches eléctricos para una solución integral en la gestión de la energía en el hogar y en el coche.

2.13. Estructuras

Los soportes para paneles solares son una parte importante de cualquier sistema fotovoltaico. Mantienen los paneles en su lugar de tal manera que interceptarán correctamente la máxima radiación solar posible. Pueden ser fijos o ajustables dependiendo de si desea optimizar el ángulo de los paneles para una temporada particular del año. Las estructuras tienen que ser fuertes y deben poder soportar cualquier condición

climática, ya que la mayoría del tiempo, los sistemas fotovoltaicos están en espacios abiertos.

Es muy importante elegir las estructuras adecuadas para que el sistema dure y funcione como debería. Entre otras cosas, deben resistir cargas mecánicas como la presión del viento o la nieve y estar hechas de material indeformable como acero inoxidable o aluminio. Además, las estructuras también deben haber sido diseñadas para garantizar un espacio de ventilación adecuado detrás de los paneles para evitar la acumulación de calor, que no solo deformaría el módulo, sino que también reduciría drásticamente la eficiencia. Aparte de eso, las estructuras de los paneles solares deben cumplir con los códigos de construcción y seguridad locales. En muchos lugares, las reglas explícitas implican que las estructuras deben cumplir con los criterios para soportar condiciones climáticas extremas. Por lo tanto, factores como la ubicación geográfica, las condiciones del suelo y el tipo de panel solar que se utilizará deben determinar el diseño e instalación de las estructuras. Hoy en día, los diseños también deben adaptarse a los nuevos modelos de paneles solares y a las tecnologías solares en desarrollo, como los sistemas de paneles bifaciales, capaces de recoger la luz solar junto con la luz reflejada por el suelo. Nuevos desarrollos como estos requieren diseños que permitan una mayor adaptabilidad en la colocación y configuración de los paneles.

2.14. Cableado

El cableado es importante en un sistema fotovoltaico porque conecta los paneles solares a los inversores y garantiza una transmisión eficiente de la electricidad. Además de un tamaño adecuado, el cableado utilizado en la energía fotovoltaica debe ser de alta calidad para resistir las radiaciones ultravioletas, la intemperie y las altas temperaturas para una larga vida útil con poca pérdida de energía en la transmisión. Otros estándares de seguridad eléctrica estrictos que estos cables deben cumplir incluyen la norma IEC 60216, que describe los requisitos de material para los cables utilizados en sistemas fotovoltaicos.

Figura 7

Cableado de paneles solares



Para sistemas grandes, la elección del cableado es muy crucial. Se debe considerar la distancia entre los paneles solares y el inversor o el controlador de carga. El cable más utilizado es un cable de cobre, ya que tiene una alta conductividad eléctrica, aunque algunas aplicaciones pueden utilizar un cable de aluminio. Además, en el diseño del cableado, las longitudes de los cables normalmente se minimizan para minimizar las pérdidas de resistencia en la línea, ya que las pérdidas de resistencia normalmente reducen la eficiencia del sistema.

El cableado también implica una conexión adecuada para las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos. Esto requiere el uso de los fusibles y disyuntores adecuados en las ubicaciones adecuadas de un sistema para proteger los componentes eléctricos de daños. En sistemas sofisticados, el cableado debe ser tal que permita la conexión a sistemas de monitoreo y control que indiquen cualquier falla o anomalía en la transmisión de energía.

La instalación del cableado también debe realizarse correctamente para eliminar los peligros de incendios. Debe hacerse de manera que los cables no queden expuestos a la abrasión ni a ninguna fuente de calor excesivo y deben protegerse en áreas de riesgo mediante tubos aislantes.

2.15. Protecciones

Las protecciones son salvaguardas necesarias para el correcto funcionamiento y la seguridad de cualquier sistema fotovoltaico. El objetivo básico de las protecciones es evitar daños a los equipos o usuarios controlando sobrecargas, cortocircuitos y cualquier otro posible fallo eléctrico del sistema fotovoltaico. Existen varios tipos de protecciones en el sistema solar. Los fusibles, disyuntores e interruptores diferenciales (RCD) se utilizan para interrumpir el flujo de corriente cuando detectan alguna condición peligrosa. Las características inherentes al sistema y las normativas locales deben determinar las protecciones. Por ejemplo, se pueden implementar algunos fusibles en el cableado para proteger los paneles solares y el inversor de sobrecorrientes o cortocircuitos. En sistemas más grandes, los disyuntores protegen todos los circuitos y, por lo tanto, hacen que la restauración del sistema sea rápida en caso de que se produzca una avería. Además, los RCD (o interruptores diferenciales) protegen a las personas contra una posible descarga eléctrica interrumpiendo la continuidad de la corriente tan pronto como se produzca alguna fuga a tierra.

La norma de protección es una parte importante del proceso de diseño e instalación del sistema fotovoltaico porque conlleva la ejecución de medidas para no causar peligro a los

usuarios durante el funcionamiento normal y en condiciones de falla para las protecciones del equipo. Los sistemas fotovoltaicos deben cumplir con los requisitos establecidos para sistemas eléctricos de baja tensión por la norma IEC 60364. Se deben evitar las sobrecargas y las descargas eléctricas; también se debe tener en cuenta una conexión a tierra adecuada lejos del sistema de energía.

Además, con la introducción de tecnologías inteligentes, se pueden lograr mejoras en la supervisión de la protección mediante sistemas en tiempo real y la respuesta a fallas del cliente. Estos sistemas mejorados de protección pueden detectar condiciones anormales y advertir a la persona a través de la respuesta de la plataforma digital que mejora la respuesta a posibles incidentes y también mejora el mantenimiento en los sistemas solares.

2.16. Pararrayos

Son herramientas importantes en la protección de instalaciones fotovoltaicas y cualquier otro sistema eléctrico contra daños causados por rayos. Cuando se instala un buen pararrayos en un sistema fotovoltaico, el riesgo de que las descargas eléctricas provoquen daños disminuirá drásticamente durante las tormentas. De acuerdo con las normas y estándares internacionales de protección contra rayos, los pararrayos deben instalarse en sistemas fotovoltaicos en edificios siguiendo la norma IEC 62305, Parte I, que proporciona principios generales para la protección contra los efectos de los rayos para estructuras y la Parte IV para sistemas eléctricos y electrónicos dentro de las estructuras.

Figura 8

Pararrayos



El pararrayos debe estar conectado a un sistema de conexión a tierra eficiente; la conexión a tierra debe dirigir la corriente del rayo a tierra, de modo que no pase a través de ninguna parte del equipo sensible del sistema fotovoltaico. Las instalaciones de pararrayos deben guiarse por otros factores que incluyen la altura de la estructura, la ubicación geográfica

y las condiciones climáticas locales, ya que en algunas localidades hay una ocurrencia de tormentas eléctricas más frecuente, por lo tanto, se necesitarán medidas de protección más estrictas.

La protección contra rayos no está completa hasta que se instala un sistema de protección de unión eficaz para eliminar las corrientes de sobretensión eléctrica de la estructura. Una buena conexión a tierra reduce el riesgo de incendio y protege los aparatos y la vida humana al proporcionar una vía controlada hacia el suelo para la energía derivada de la caída de un rayo.

Hoy en día, dentro de ciertos sistemas fotovoltaicos avanzados, es posible encontrar tecnologías relacionadas con los pararrayos inteligentes, que no solo protegen los equipos sino que también permiten monitorizar la calidad de la conexión a tierra y detectar posibles fallos en el sistema de protección. Son especialmente útiles en instalaciones grandes y complejas -donde, en consecuencia, los riesgos son muchos mayores ante una tormenta eléctrica.

2.17. Descargadores de Sobretensión

Los descargadores de sobretensión (SPD), también llamados supresores de sobretensiones, desempeñan el papel de proteger los sistemas fotovoltaicos de daños causados por sobretensiones transitorias. De esta manera, se puede decir que las sobretensiones surgen de una multiplicidad que incluye rayos y conmutación de cargas en la red eléctrica, así como problemas en el sistema de distribución eléctrica. Los pararrayos pueden dañar otras partes electrónicas más sensibles del sistema, como inversores, baterías y controladores de carga. Sin embargo, lo más importante es protegerlos para garantizar la duración de la vida útil de las instalaciones y su fiabilidad de funcionamiento.

Figura 9

Descargadores de sobretensión



Los descargadores de sobretensión funcionan desviando o absorbiendo la energía de las sobretensiones a tierra y, de este modo, limitando la tensión que aparece en los componentes del sistema. Los pararrayos se suelen instalar en puntos tan importantes del sistema fotovoltaico como la entrada de energía al inversor o en la conexión a la red. Los pararrayos son de muchos tipos, aunque los tipos más habituales son los denominados SPD de tipo 1, que se montan en la entrada general del sistema, y los SPD de tipo 2, que se instalan a la altura de los componentes más sensibles del sistema.

Además de ser protectores, los descargadores de sobretensión deben actuar rápidamente para que el tiempo de exposición a la sobretensión se mantenga al mínimo. Especialmente en un sistema fotovoltaico, donde a veces la sobretensión se manifiesta solo por un instante muy breve, sin embargo, transporta tanta energía que los daños consecuentes no deben subestimarse. Los dispositivos de protección deben cumplir con las normas internacionales como la IEC 61643, que establece los requisitos técnicos y de seguridad de los pararrayos.

Seleccionar los descargadores de sobretensión correctos y asegurarse de que su sistema de conexión a tierra esté a la altura, o, más precisamente, que desvíe eficazmente la corriente a tierra, es en realidad cómo se debe describir la instalación correcta de un pararrayos. La desviación de la corriente a tierra es básicamente lo que hace que funcione la protección contra sobretensiones.

2.18. Irradiancia solar

La cantidad de luz solar que llega a un área es un tema clave en el mundo de la energía del sol, porque muestra la cantidad de energía solar que toca un lugar determinado durante un lapso específico. Esta medida es muy importante para mirar el potencial de hacer energía del sol en un área determinada, así como la cantidad de luz solar que hay afecta en la eficiencia de los sistemas solares. La luz solar se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2) y tiene distintos tipos, como la luz global, que junta la radiación directa y difusa, y la luz directa; esta última es la luz del sol que llega directamente sin perderse por el cielo [14].

El estudio y monitoreo de la luz del sol es importante para mejorar los sistemas de energía solar, ya que ayuda a adivinar mejor cuánta energía se puede hacer en un espacio dado. Según un informe de la Agencia Internacional de Energía Renovable [15], la habilidad de ver cuánto luz del sol hay es más clara con ayuda de nuevas tecnologías, como satélites y estaciones del tiempo. Estos avances han ayudado a mejorar planes y diseños de parques

solares reduciendo la incertidumbre en estimar producción energética y haciendo más efectivo los sistemas.

En los últimos años, la búsqueda sobre sol luz ha crecido mucho, y se ha mostrado que cosas como el lugar del planeta, la altura y las condiciones de clima local afectan mucho en cuánta energía solar hay en una zona. Por ejemplo, un estudio hecho por [16] vio que las áreas cercanas al medio del planeta tienen más niveles de luz durante todo el año, pero las regiones más lejanas del centro tienen cambios estacionales más fuertes. Este saber es importante para poner sistemas solares buenos, que utilicen bien los recursos en cada parte.

El cambio climático también ha empezado a mostrar efectos en la cantidad de calor del sol, ya que los cambios en el clima pueden cambiar los modelos de niebla y lluvia, afectando cuánto calor del sol llega a la superficie de tierra. Estudios recientes han mostrado que, en algunas zonas, el cambio climático podría bajar la cantidad de calor del sol por un aumento en la niebla y eventos climáticos extremos [17]. Este fenómeno es una preocupación grande, porque podría afectar lo confiable de las predicciones para solar a largo plazo y necesita un chequeo constante a las condiciones en el aire.

La luz solar también se ve cambiada por el ángulo y dirección de los paneles solares, lo que toca la cantidad de energía que pueden tomar. Según un estudio de [18], el ángulo mejor para los paneles cambia según dónde esté y la época del año, lo que quiere decir que los sistemas solares deben ser arreglados según estos puntos para hacer su trabajo más efectivo.

2.19. Regulación Arconel 005/24

A través de la regulación Arconel 005/24 donde se pone el marco de reglas para la producción distribuida para que las personas con energía eléctrica se abastezcan solas, esto da normas y pasos dentro del marco legal y técnico sobre cómo las empresas o grupos que tienen sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento (SGDA) deben hacer su operación en este caso usando paneles fotovoltaicos vistos como energía solar cuando están conexos a red de distribución; es importante decir que, la norma mencionada también conforme a ley dice que, utilizar este sistema no importa el tamaño o escala del proyecto relativo a cuánta energía crea no pueden comprar ni vender energía hecha por este sistema; es decir, no pueden negociar.

Con respecto a lo que se mencionó antes y al proyecto técnico, da reglas a sistemas que tengan una potencia igual o menos de 100 KW lo que llega hasta 1 MW para su posible funcionamiento. Dice que, un proyecto de energía solar tiene una vida útil de 25 años. La

norma no dice que se tenga que poner solo una potencia determinada para funcionar hasta acabar las actividades, sino que ofrece la chance de hacer esto bien para crecer la potencia en la empresa. Se puede seguir invirtiendo dinero en energías renovables siguiendo lo que dice el marco legal y técnico. La norma, aparte de poner reglas legales y técnicas, quiere ayudar a hacer electricidad usando energía renovable para crear una producción hacia desarrollo sostenible.

Capítulo III

3.1. Desarrollo del funcionamiento

Para determinar la potencia total instalada en el sistema fotovoltaico, se utiliza la fórmula básica que multiplica la potencia de cada módulo fotovoltaico por la cantidad de módulos instalados. En este caso, se emplean módulos fotovoltaicos con una potencia de 150 Wp y un total de 60 módulos, lo que da como resultado una potencia total de 9000 Wp o 9 kWp. Este valor es representativo para el sistema fotovoltaico, que en la simulación de PVsyst se considera que 10 kWp son aproximadamente 9000 Wp, lo que implica que el sistema está dentro de los valores esperados y es adecuado para su funcionamiento.

$$P_{total}(kWp) = P_{móduloFV} (Wp) * N_{módulosFV} \quad (1)$$

$$P_{total}(kWp) = 150Wp * 60 \text{ módulos} = 9000Wp$$

Con relación al sistema en PVsyst:

$$10kWp \cong 9000Wp$$

Datos:

P_{total} = Potencia total en kWp

$P_{móduloFV}$ = Potencia del módulo fotovoltaico en Wp

$N_{módulosFV}$ = Cantidad de módulos fotovoltaicos

Otro aspecto importante es el cálculo de la tensión de funcionamiento del sistema, que depende de la cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie. Utilizando la fórmula correspondiente, se obtiene una tensión de operación de 532,20 V al conectar 30 módulos en serie, con una tensión nominal de 17,74 V por módulo. Este valor es adecuado, ya que el inversor seleccionado tiene un rango de operación entre 200 V y 700 V, lo que asegura que el sistema será compatible con el inversor elegido, sin sobrepasar los límites de tensión establecidos para su funcionamiento. Respecto a los módulos en serie y cadena, la cantidad de módulos conectados en serie asegura que la tensión de funcionamiento sea compatible con el inversor elegido:

$$T_{op}(V) = T_{nommóduloFV}(V) * N_{módulosFVserie} \quad (2)$$

$$T_{op}(V) = 17,74V * 30 = 472,20V$$

$$500V = 472,20V$$

Datos:

T_{op} = Tensión de funcionamiento en V

$T_{nommóduloFV}$ = Tensión del módulo FV en V

$N_{módulosFVserie}$ = cantidad de módulos en serie

Finalmente, se realiza el cálculo de la corriente de operación de los módulos fotovoltaicos y su corriente total para el sistema. La corriente de cada módulo se obtiene dividiendo su potencia entre la tensión nominal, lo que da como resultado 9,52 A por módulo. Dado que el sistema utiliza dos ramas en paralelo, la corriente total es 19,04 A. Este valor es crucial para asegurar que el inversor pueda manejar la cantidad de corriente generada por el sistema sin sobrecalentarse ni sufrir fallos. Con estos cálculos, se garantiza que el sistema fotovoltaico funcione de manera eficiente y segura, proporcionando la cantidad adecuada de energía sin riesgos para los componentes del sistema.

Según los parámetros establecidos y en referencia al inversor seleccionado, este debe funcionar entre 200 a 700V. Por otra parte, la corriente de operación se determina sumando las corrientes de las distintas ramas conectadas en paralelo. Se procede a calculando la corriente de operación de los módulos fotovoltaicos.

$$I_{\text{moduloFV}} (A) = \frac{P_{\text{moduloFV}} (Wp)}{T_{\text{nom moduloFV}} (V)} \quad (3)$$

$$I_{\text{moduloFV}} (A) = \frac{150Wp}{15,74V}$$

$$I_{\text{moduloFV}} = 9,52A$$

Datos:

P_{moduloFV} = Potencia del módulo fotovoltaico en Wp

$T_{\text{nom moduloFV}}$ = Tensión del módulo FV en V

I_{moduloFV} = Corriente de módulo fotovoltaico (A)

Por consiguiente, se calcula corriente total (formula 4):

$$I_{\text{total}}(A) = I_{\text{moduloFV}} (A) * \text{ramas en paralelo} \quad (4)$$

$$I_{\text{total}} = 9,52A * 2$$

$$I_{\text{total}} = 19,04A$$

Datos:

$I_{\text{total}}(A)$ = Corriente total (A)

I_{moduloFV} = Corriente de módulo fotovoltaico (A)

Ramas en paralelo = 2

En este proyecto, no se consideran opciones relacionadas con el sombreado durante la simulación debido a que se ha previsto que la instalación del sistema fotovoltaico se realice en un espacio abierto. Esto asegura que los paneles solares estarán libres de cualquier tipo de sombra externa que pueda reducir su eficiencia. La presencia de sombras, ya sean propias del sistema o de elementos circundantes, puede afectar

significativamente el rendimiento de los paneles solares, ya que reduce la cantidad de irradiación solar que los módulos pueden captar. Al optar por un espacio sin obstáculos, se maximiza la exposición de los paneles a la luz solar directa durante el día, garantizando una generación óptima de energía y, por ende, un mejor desempeño del sistema fotovoltaico a lo largo del tiempo. Esto también minimiza la necesidad de realizar ajustes complejos relacionados con la compensación del sombreado en las simulaciones.

3.2. Simulación mediante programas

Se usó del software PVsyst para la simulación de sistema fotovoltaico estableciendo 10kWp de potencia de demanda la cual necesita la empresa de productos alimenticios para prospecto de viabilidad técnica y económica. El análisis y simulación de un sistema fotovoltaico conectado a la red, como el caso presentado con el software PVsyst, brinda la oportunidad de realizar cálculos técnicos detallados de diferentes aspectos que inciden en la eficiencia y viabilidad económica. En primer lugar, la simulación tiene en cuenta una gran variedad de parámetros y componentes, además del suministro de energía que una empresa pueda demandar, teniendo en cuenta las características específicas del lugar de instalación en el que se instalará el sistema, incluida la orientación del sistema, las condiciones climáticas y las pérdidas relacionadas con la instalación y el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Al ingresar a la herramienta, se inicia la metodología de diseño y simulación del sistema fotovoltaico en la que se permiten algunos parámetros básicos como la potencia instalada, la inclinación de los módulos fotovoltaicos y las características de los inversores. Estos datos son necesarios para simular el comportamiento del sistema de acuerdo con la demanda de energía y las condiciones climáticas específicas del lugar de instalación, es decir, la irradiación solar. La elección del sitio adecuado es muy importante para obtener datos meteorológicos precisos (irradiación, temperatura y velocidad del viento), que se incorporarán en un archivo NC y permitirán una simulación más realista y fiable. Estos datos, a su vez, tendrán un efecto en la estimación de la producción de energía solar a lo largo del año. Cambia los cálculos según la irradiación global y difusa en el sitio de instalación.

El diseño de los módulos fotovoltaicos y los inversores se incluye en la simulación. Para el presente caso, se seleccionaron módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino, como la potencia nominal, la eficiencia y los coeficientes de temperatura con detalles técnicos específicos. Además, se seleccionaron inversores especificados con la característica del sistema, la potencia nominal, la tensión de funcionamiento y el número de MPPT. La

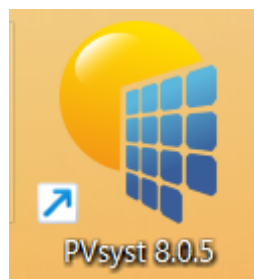
optimización del sistema también significa el dimensionamiento adecuado del número de módulos fotovoltaicos, su disposición en serie y cadenas y determinar la corriente total del sistema. Esto es muy importante porque garantizará que el sistema fotovoltaico sea capaz de satisfacer la demanda energética de la empresa. También se debe tener en cuenta el sombreado. Pero en este caso, dado que la ubicación está en un espacio abierto, se elimina el sombreado del diseño; por lo tanto, se maximiza la eficiencia del sistema.

En resumen, el uso del software PVsyst para simular un sistema fotovoltaico permite un análisis exhaustivo desde la selección del módulo fotovoltaico y el inversor hasta la optimización de la producción de energía en función de las condiciones locales. Esta simulación ayudará no solo a determinar la viabilidad técnica del sistema, sino también la económica, ya que ayudará a comparar los costos de instalación fotovoltaica y los posibles beneficios relacionados. De este modo, se puede lograr una predicción adecuada en cuanto a la capacidad de producción del sistema, las pérdidas de energía, la eficiencia del inversor y algunos de los otros factores más importantes para permitir que el sistema fotovoltaico sea una inversión rentable a largo plazo.

Al ingresar al software PVsyst, se apertura la ventana principal donde se muestra la variedad de parámetros para realizar el “Diseño y simulación de proyecto”, demostrando la ampliada opción del software para establecer y visualizar diferentes herramientas para la realización de la simulación, además presenta una base de datos para la visualización de los diferentes módulos fotovoltaicos y los inversores con sus especificaciones técnicas. Dentro de este diseño, se visualizan diferentes opciones para determinar nuestra simulación, el cual seleccionaremos la característica de simulación de “Conectado a la red”.

Figura 10

Software PVsyst

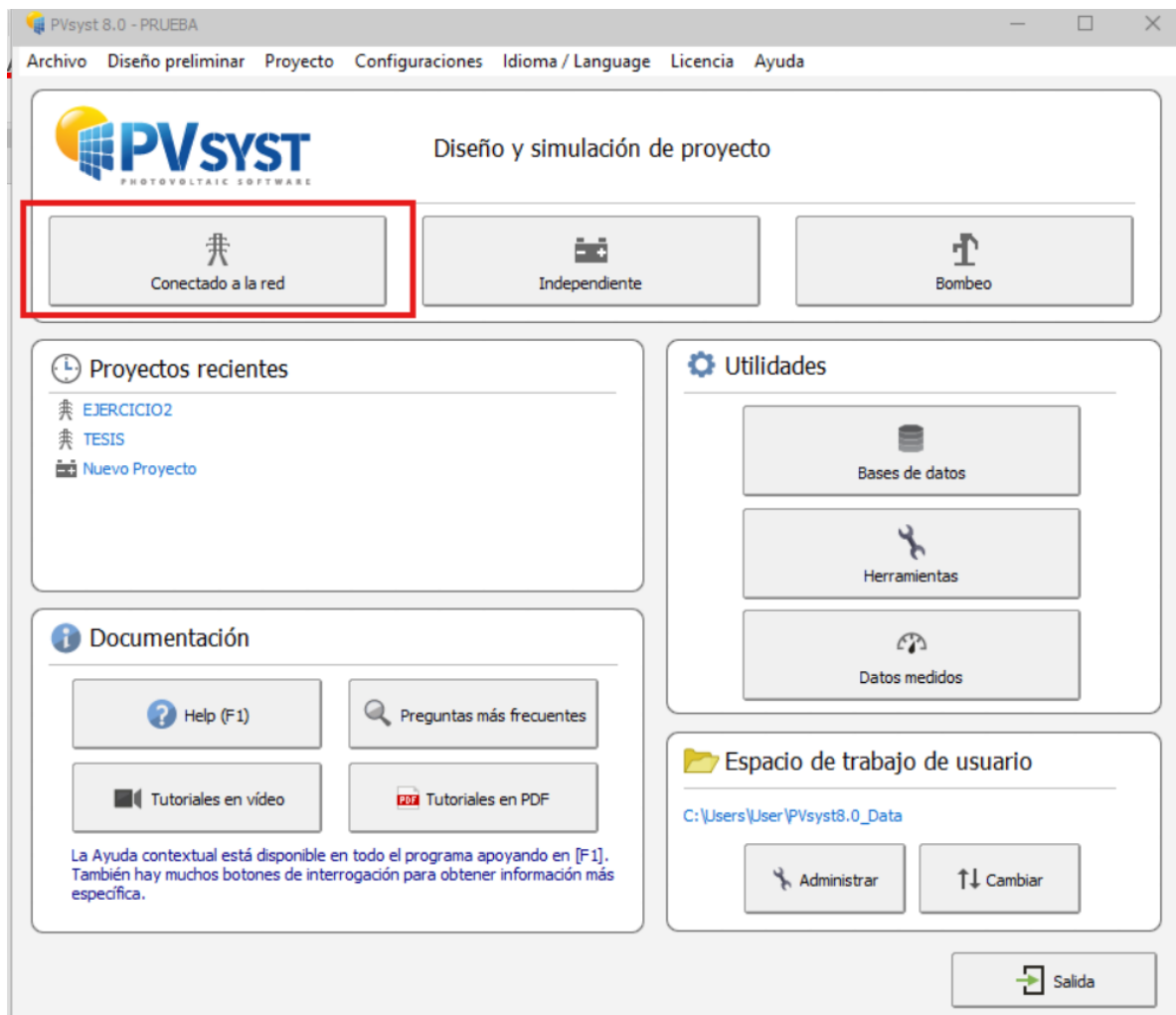


A continuación, se muestra la ventana de carga y ubicación de meteo del archivo, además se visualizan las respectivas características para la simulación en la parte de “Variante” estableciéndose como “Parámetros principales” las características como “Orientación”,

“Sistema”, “Pérdidas detalladas”, “Autoconsumo”, “almacenamiento”, y las “Opcionales” como “Horizonte”, “Sombreados cercanos”, “Gestión de la energía” y “Evaluación económica”. Por lo tanto, se debe establecer el archivo del sitio, el cual dará apertura a datos de meteo.

Figura 11

Ventana principal software PVsyst



Por consiguiente, al escoger el sitio de meteo, se abre un mapa interactivo el cual permite establecer la ubicación donde se establecerá la simulación del proyecto, mostrando todas las características satelitales que se puedan obtener, un sistema de información geográfico donde pueden encontrarse las diferentes características como latitud y altitud.

Figura 12

Ventana de simulación de proyecto y sus parametrizaciones

Proyecto: EJERCICIO_Project.PRJ

Proyecto Sitio Variante Notas del usuario

Proyecto

Nuevo Carga Guardar Importar Exportar Configuración del proyecto Eliminar Cliente

Nombre del proyecto: EJERCICIO2 Nombre del cliente: No definido

Archivo del sitio: Via Daule_MN82.SIT Meteororm 8.2 (2016-2021), Sat=100% Ecuador

Archivo de datos meteo: Via Daule_MN82_SYN.MET Meteororm 8.2 (2016-2021), Sat=100% Sintético 0 k

Simulación realizada (versión 8.0.5, fecha 17/01/25)

Variante

Variante n°: VCO : Nueva variante de simulación

Parámetros principales:

- Orientación
- Sistema
- Pérdidas detalladas
- Autoconsumo
- Almacenamiento

Opcional:

- Horizonte
- Sombreados cercanos
- Diseño de módulo
- Gestión de la energía
- Evaluación económica

Simulación

Ejecutar simulación

Simulación avanzada

Informe

Resultados detallados

Resumen de resultados

Tipo de sistema	Sin escena 3D definida, sin sombras
Producción del sistema	11086 kWh/año
Producción específica	1232 kWh/KWp/año
Proporción de rendimiento	0.787
Producción normalizada	3.37 kWh/KWp/día
Pérdidas del conjunto	0.79 kWh/KWp/día
Pérdidas del sistema.	0.13 kWh/KWp/día

Resumen del sistema Salida

Al establecer la ubicación, localidad del proyecto, de manera automática, traslada a una ventana donde se visualizan las coordenadas geográficas del sitio seleccionado, el cual lo establecemos nombrando como “VIA DAULE 03”. Además, se debe seleccionar la importación de datos de meteo con la opción de “Meteororm 8.2”.

Figura 13

Gráfica de localización de proyecto

Parámetros del sitio geográfico para Via Daule_MN82.SIT

Coordenadas geográficas Datos meteo mensuales Mapa interactivo

Por favor haga clic en la ubicación deseada, luego importe los datos a PVsyst.

Localidad: Buscar

Subestación Pascuales

Centro Acero

Enatin S.A.

LUKOSA Licitaciones y Contratos S.A.

Ricardo Vanegas Armendariz

Via a Daule

Gta Ferremundo S.A.

Pronosa

Punto seleccionado

Localidad: La Viena

País: Ecuador

Latitud (°): -2.059400000000108

Longitud (°): -79.94539999999999

Altitud (m): 12

Zona horaria: -5

Exportar línea Exportar tabla Imprimir Cerrar

Mediante la importación de datos con “Meteonorm 8.2” el software PVsyst proporciona los datos meteorológicos como la: irradiación, temperatura, velocidad del viento, precipitación y tuposidad del sistema que nos entrega datos censados para generar la simulación del proyecto. Estos datos se pueden visualizar en diferentes unidades de irradiación para este caso se seleccionó en unidad de $kWh / m^2 / día$.

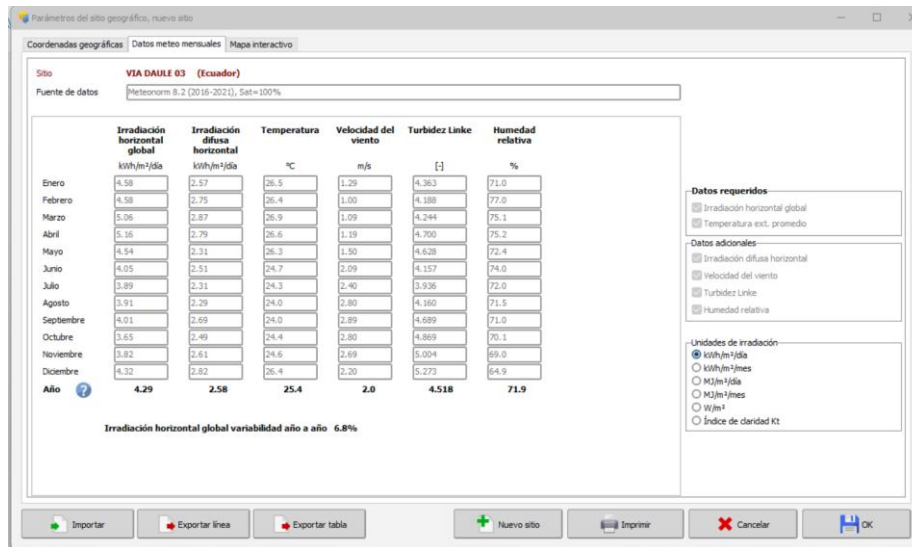
Figura 14

Ventana de importación de datos de meteo con “Meteonorm 8.2”

Los datos meteorológicos diarios en unidades de $kWh/m^2/día$ son de suma importancia para la simulación y el diseño de sistemas fotovoltaicos, ya que nos informan de la energía solar que incide sobre una superficie específica de un metro cuadrado a lo largo del día. Estos datos se utilizan para evaluar la cantidad de energía que un sistema fotovoltaico puede generar en función de las condiciones climáticas locales predominantes, de las cuales la irradiación solar destaca como la variable más crucial. La irradiación se mide en unidades de kilovatios-hora (kWh), con las que se entiende perfectamente la cantidad de energía eléctrica utilizada o producida en una hora. Por lo tanto, está claro que los datos meteorológicos, expresados en $kWh/m^2/día$, nos informan de la cantidad de energía solar que incide por unidad de área sobre un metro cuadrado durante todo el día.

Figura 15

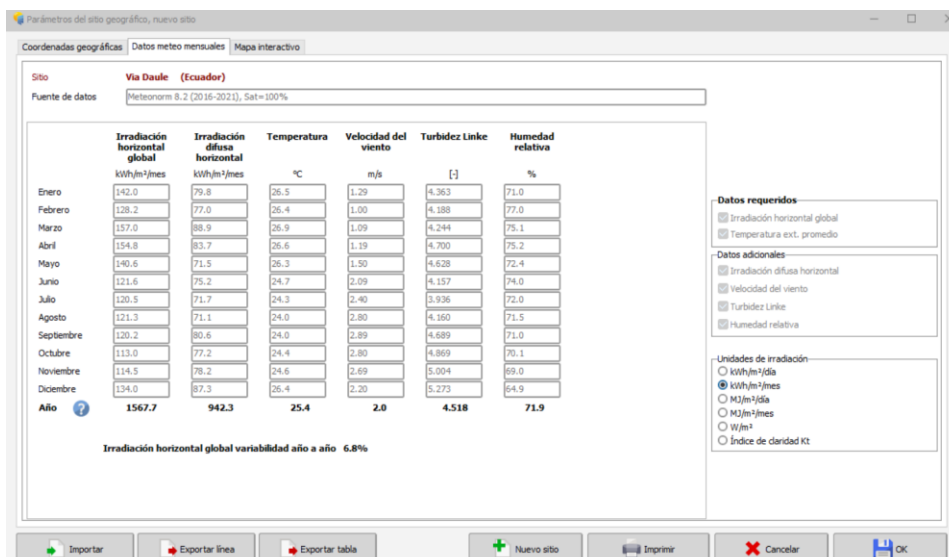
Datos de meteo diario con unidad kWh / m²/ día



El valor de la irradiación en kWh/m²/día variará según el lugar al que se haga referencia, la estación del año y las condiciones climáticas del lugar. Estos datos son importantes porque permiten realizar un cálculo preciso de la cantidad de energía que se podrá convertir en electricidad mediante los paneles solares instalados en la zona. Cuanto mayor sea la irradiación solar en una región, mayor será la cantidad de energía que podrán generar los paneles fotovoltaicos. Esta información es muy pertinente en la simulación de sistemas solares porque se puede predecir la eficiencia del sistema y la cantidad de energía que se obtendrá; esto es importante para el tamaño y ajuste adecuados del sistema según las necesidades energéticas del usuario.

Figura 16

Datos de meteo mensual con unidad kWh / m²/ mes



En sistemas de software como PVsyst, se utilizan datos meteorológicos diarios en una unidad de kWh/m²/día para calibrar los cálculos del sistema fotovoltaico según las condiciones reales en el lugar de instalación. Estos datos se utilizarán para realizar proyecciones futuras en relación con la cantidad de energía que se producirá a lo largo del año; esto facilitará la planificación económica y técnica del proyecto. Permitirá comparar diferentes lugares o ajustar el diseño del sistema considerando las variaciones estacionales en la irradiación solar y también para optimizar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos según las condiciones locales.

Siendo así, una vez establecido se puede explorar la base de datos de la ubicación seleccionada en las diferentes condiciones del sistema. En este caso, se puede escoger la irradiación global horizontal y la irradiación difusa horizontal para posteriormente ser observadas en el gráfico.

Figura 17

Ventana de base de datos del sitio y sus condiciones del sistema

The screenshot displays the 'Tablas y gráficos de datos meteo' window in PVsyst. The interface is organized into several functional areas:

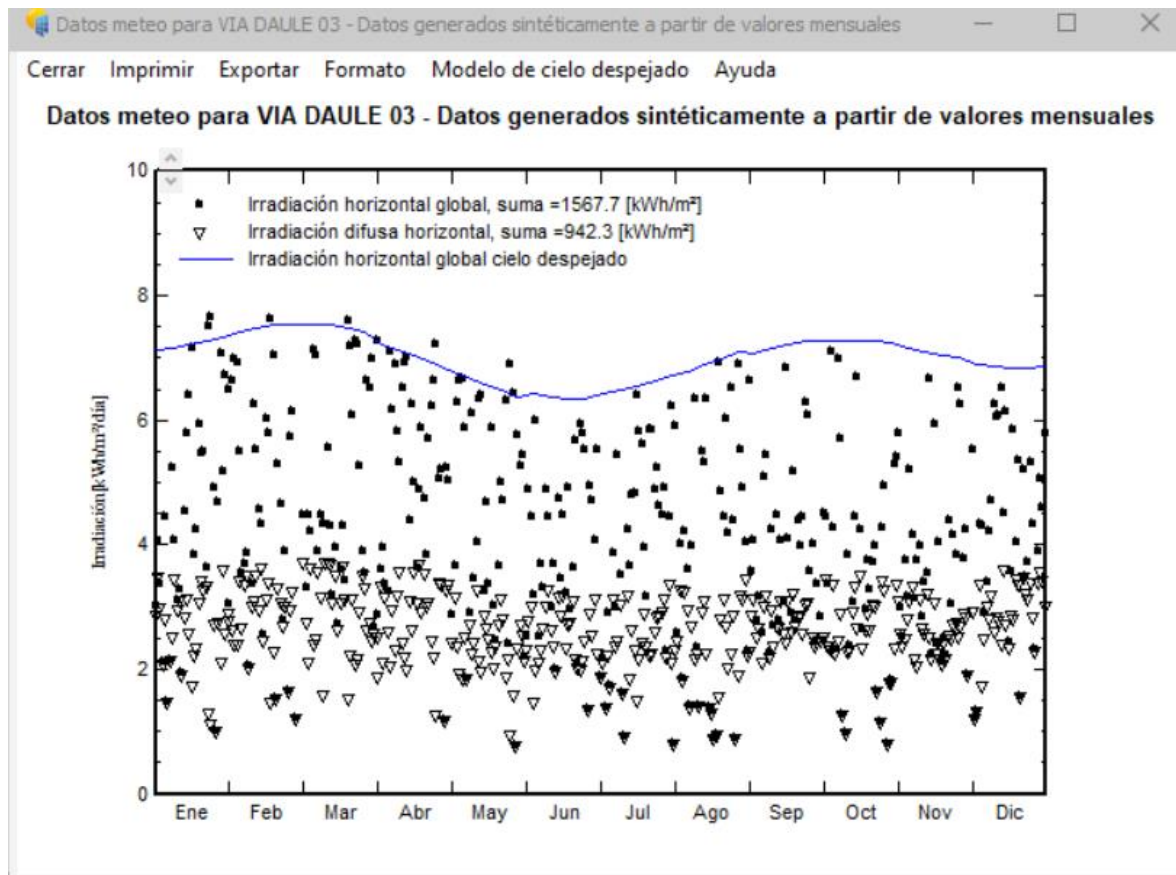
- Archivo de datos meteo:** Shows the file name 'VIA DAULE 03_MN82_SYN.MET', source 'VIA DAULE 03', and 'Meteonorm 8.2 (2016-2021), Sat=100%'. It includes fields for 'Fuente', 'Tipo / año', and 'Sintético'.
- Sitio geográfico incluido:** Displays the site name 'VIA DAULE 03', country 'Ecuador', and coordinates: Latitude -2.06°S, Longitude -79.95°W, Altitude 12 m, and Time Zone -5.0. Buttons for 'Exportar sitio' and 'Abrir sitio' are present.
- Características de datos:** Details the data generation process, including 'Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales', start/end dates (01/01/90 00H00 to 31/12/90 23H00), 'Hora Legal', 'Datos sintéticos', and 'Semilla inicial aleatoria: 1'. It also lists the source file name and format.
- Visualización de datos y verificación:** Offers options to view data as 'Gráficos' or 'Tablas'. A list of 'Variables' includes 'Irradiación horizontal global', 'Irradiación difusa horizontal', 'Haz horiz.', 'Haz normal', 'Plano inclinado global', 'Índice de claridad Kt', 'T amb.', 'Velocidad del viento', and 'Humedad relativa'. It also allows selection of 'Tipo de gráfico' (Basado en el tiempo, Histograma, Valores ordenados), 'Valores' (Cada hora, Diarios, Mensual), and 'Unidades de irradiación' (kWh/m²/día). Date ranges for 'Fechas gráficas' are set from 1/1/1990 to 31/12/1990.

En la figura se presentan dos tipos de irradiación solar: la irradiación global diaria, que mide la cantidad total de energía solar (directa y difusa) que incide sobre una superficie horizontal durante un día, y la irradiación difusa por meses, que se refiere a la cantidad de energía solar difusa recibida a lo largo de un mes. Ambos datos son cruciales en la simulación de sistemas fotovoltaicos, ya que permiten estimar la cantidad de energía solar disponible en una región y ajustar las proyecciones de generación energética, considerando tanto la luz directa como la dispersa por la atmósfera. Esta información es

esencial para diseñar un sistema fotovoltaico eficiente y obtener estimaciones precisas de su rendimiento a lo largo del año.

Figura 18

Gráfica de datos meteo de irradiación horizontal global e irradiación difusa horizontal



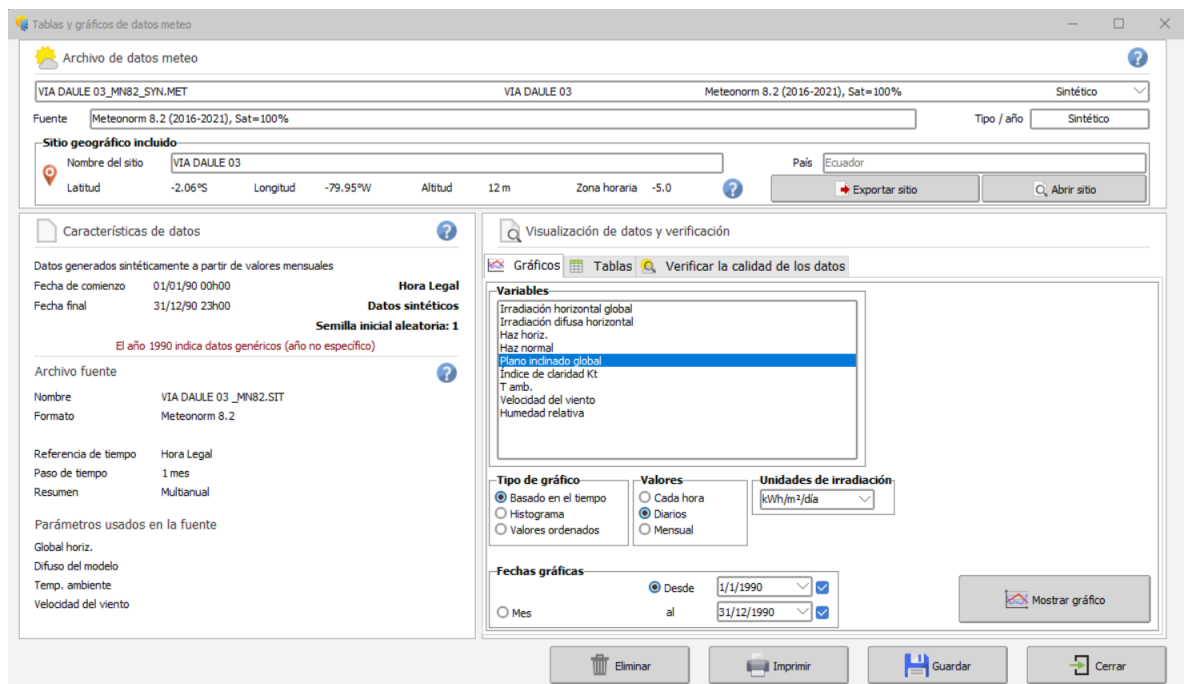
Cuando se menciona la opción de irradiación global con la condición en el plano inclinado global, se refiere a un ajuste en la simulación de la irradiación solar que toma en cuenta la orientación y la inclinación de los paneles solares. En lugar de considerar la irradiación sobre una superficie horizontal, este parámetro permite calcular la cantidad de energía solar que llega a una superficie que tiene un ángulo de inclinación específico, como ocurre con los paneles fotovoltaicos que no se instalan completamente planos, sino inclinados para optimizar la captación de luz solar.

La irradiación global en el plano inclinado tiene en cuenta tanto la irradiación directa (que llega directamente del sol) como la irradiación difusa (que es dispersada por la atmósfera) y la refleja, lo que generalmente mejora la eficiencia de los paneles solares. La inclinación del plano se ajusta según el ángulo óptimo para maximizar la captación solar, que varía dependiendo de la latitud del lugar y el diseño del sistema. Este dato es esencial para realizar simulaciones más realistas y precisas en software como PVsyst, ya que optimiza

el cálculo de la producción de energía del sistema fotovoltaico según las condiciones específicas del sitio, aumentando así la exactitud de la estimación de generación energética. Dentro de la misma base de datos del sitio también se puede escoger la opción de la irradiación global con la condición en el plano inclinado global.

Figura 19

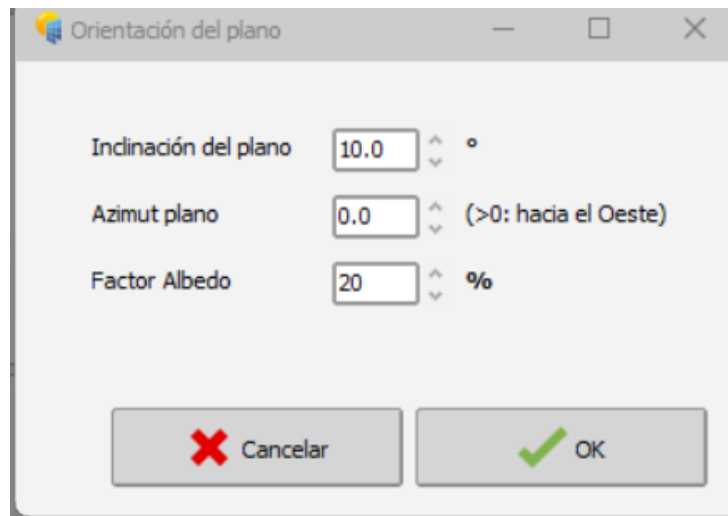
Ventana de base de datos del sitio con la condición de plano inclinado global



Al seleccionar la opción de irradiación global en el plano inclinado, se ajustan dos parámetros clave en la simulación: la inclinación del plano y el factor albedo. La inclinación determina el ángulo óptimo de los paneles fotovoltaicos con respecto a la horizontal, lo que maximiza la captación de energía solar según la latitud y la estación del año. Por otro lado, el factor albedo mide la cantidad de radiación solar reflejada por el entorno, como el suelo o las superficies cercanas, lo que también afecta la cantidad de energía disponible para los paneles. Estos ajustes son fundamentales para obtener estimaciones precisas de la producción energética del sistema fotovoltaico, optimizando su rendimiento según las condiciones específicas del lugar de instalación. Al seleccionar, se abre una ventana de orientación del plano el cual se ajustan los datos de orientación del plano, siendo estos la inclinación del plano y factor albedo.

Figura 20

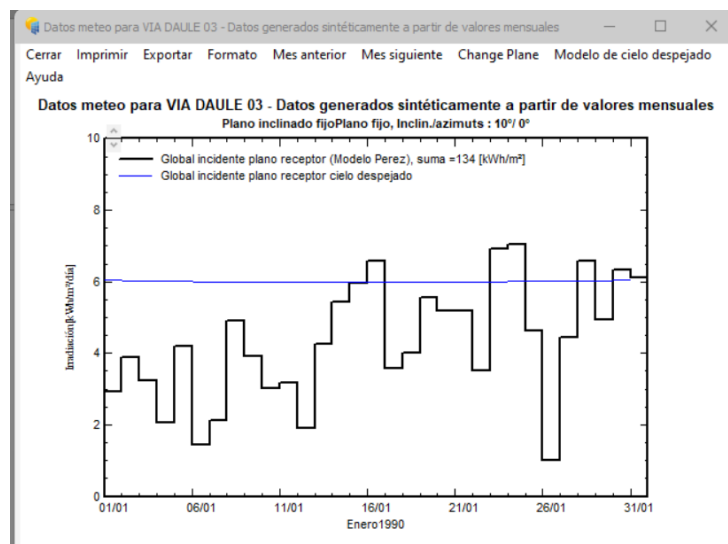
Ventana de orientación de plano de la base de sitio



Se visualiza en la gráfica datos obtenidos a nivel mensual del mes de enero, sin embargo, es necesario exponer que cuando se menciona que se visualizan datos obtenidos a nivel mensual del mes de enero en la gráfica, se está haciendo referencia a la representación de la irradiación solar (o cualquier otro parámetro relevante) durante ese mes específico. En el contexto de la simulación de un sistema fotovoltaico, estos datos se presentan en forma de gráficos que muestran la cantidad de energía solar que incide sobre la superficie de los paneles durante cada día de enero, o incluso como un promedio mensual.

Figura 21

Gráfica de datos meteo nivel diario mes enero

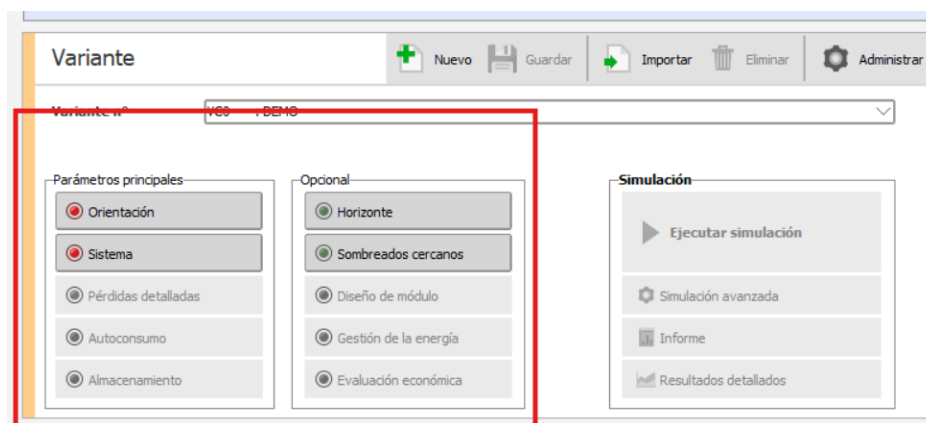


Al regresar a la ventana de simulación del proyecto, en la sección de "Variante", se procede a establecer los parámetros principales del proyecto fotovoltaico. Esta etapa es crucial, ya que permite definir características fundamentales del sistema que influirán

directamente en su diseño y rendimiento. En esta ventana, se ajustan parámetros como la orientación del sistema (inclinación de los paneles y su orientación hacia el sol), el tipo de módulos fotovoltaicos a utilizar, la potencia deseada del sistema, y otros aspectos técnicos que optimizan la eficiencia del sistema en función de las condiciones locales, como la irradiación solar y las pérdidas del sistema. Ajustar estos parámetros correctamente permite una simulación más precisa del rendimiento energético del sistema y asegura que el diseño sea viable tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Figura 22

Ventana de variante con parámetros principales del proyecto



Para comenzar a establecer los datos de los parámetros principales en la simulación del sistema fotovoltaico, el primer paso es seleccionar la opción de "Orientación". Este parámetro es crucial porque define la dirección y el ángulo de inclinación de los paneles solares, lo que influye directamente en la cantidad de radiación solar que los paneles recibirán. La orientación se refiere a la dirección en la que se colocan los paneles, y se ajusta según la latitud del lugar de instalación. Para maximizar la captación de energía, los paneles deben orientarse hacia el sol de forma óptima: en el hemisferio norte hacia el sur y en el hemisferio sur hacia el norte, con una inclinación ideal que generalmente se calcula según la latitud del lugar, añadiendo a veces un valor adicional para facilitar el mantenimiento del sistema. Definir correctamente la orientación es fundamental para optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico y garantizar su eficiencia a lo largo del año.

Figura 23

Gráfica con parámetro de orientación



Al seleccionar, se visualizan datos de la inclinación del plano, el cual debemos proporcionamos los respectivos datos, mostrándonos la optimización del sistema, la parte óptima. Para de la orientación óptima se debe tener en cuenta que debe ser dirigida hacia el Ecuador, siendo así, si nos encontramos en el hemisferio norte, debe ser orientada hacia el sur, y en otro caso, si nos encontramos en el hemisferio sur es hacia el norte, inclinando el módulo hacia la mitad del día. Para el cálculo de la inclinación se tiene en cuenta que será igual a la latitud de la localidad, pero a este se le agrega un dato de 10° para realizaciones de mantenimiento, estableciéndose mediante la fórmula:

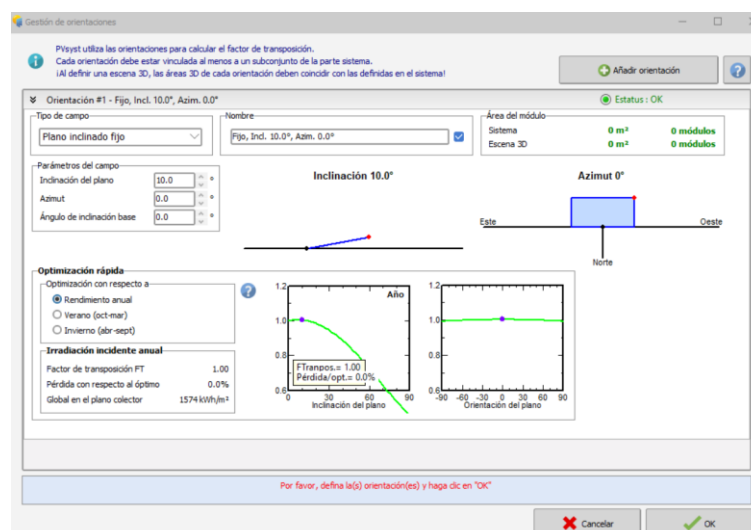
$$\text{Inclinación Paneles} = \text{Latitud} + 10^\circ \quad (5)$$

$$\text{Inclinación Paneles} = -2,0594 + 10^\circ = 7,9406$$

Sin embargo, para la simulación en PVsyst, se escoge un valor estandarizado para la inclinación, en este caso a 10° por proximidad, mientras que el azimut se mantiene en 0° . Demostrándose en la gráfica que, se obtiene una optimización en las pérdidas al 0,0%.

Figura 24

Datos de inclinación del plano



Después de ajustar la orientación de los paneles solares, se regresa a la ventana de "Variante" en el software de simulación, donde se selecciona la opción "Sistema". En esta sección, se definen aspectos fundamentales del sistema fotovoltaico, como la potencia planeada y la configuración de los módulos solares. Es aquí donde se selecciona el tipo de módulos fotovoltaicos e inversores que se utilizarán, así como su cantidad y distribución en series y cadenas. El software permite ingresar la potencia deseada para el sistema y, en función de esta potencia, sugiere la cantidad exacta de módulos y su disposición, garantizando que el sistema sea capaz de generar la cantidad de energía requerida. Esta etapa es crucial para asegurar que el sistema fotovoltaico esté dimensionado correctamente, optimizando su rendimiento y eficiencia según las necesidades del proyecto.

Figura 25

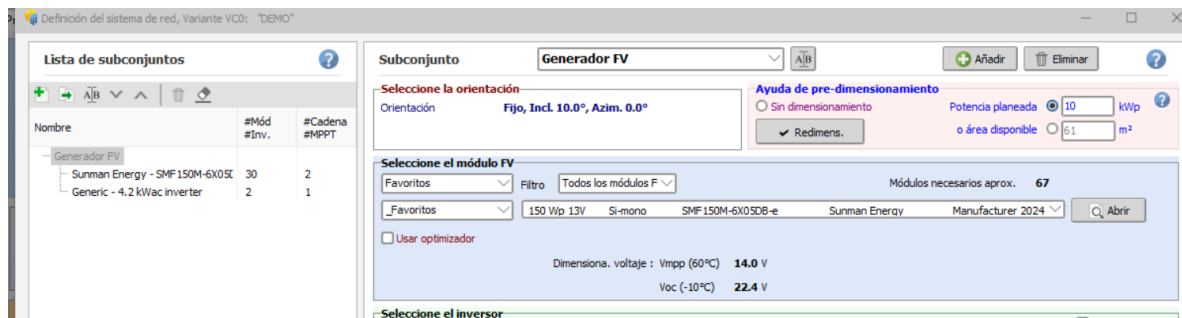
Gráfica de datos de inclinación del plano



A continuación, se muestra la ventana de "Sistema" donde en ayuda "Ayuda de redimensionado" se establecerá una potencia planeada de 10kWp. Por consiguiente, se escogerá el módulo PV, inversor a implementar en la simulación del proyecto. PVsyst permite indicar la potencia instalada, y una vez señalada la potencia, muestra valores de diseño del respectivo conjunto de módulos, e inversores indicando los números en serie y cadena a simular. El sistema se da en función de la cantidad de módulos.

Figura 26

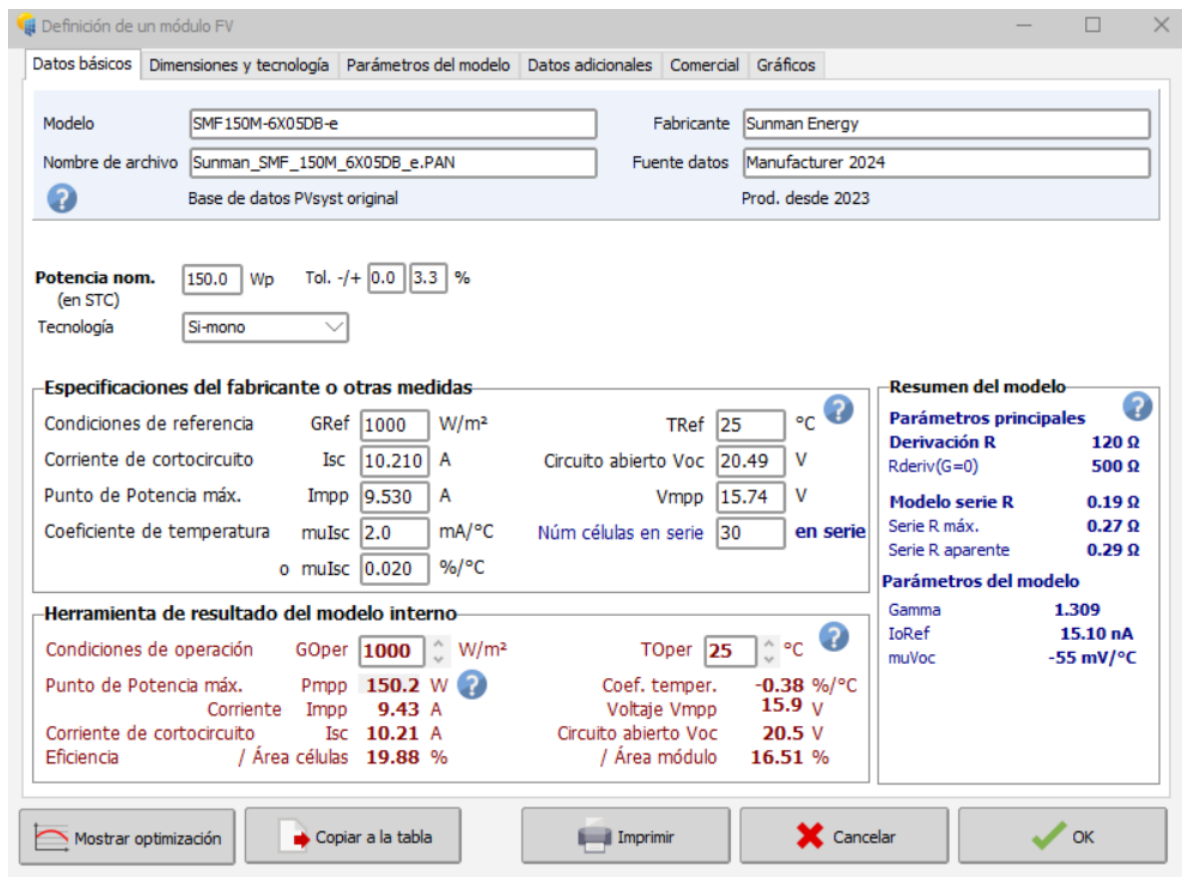
Gráfica del sistema de módulo seleccionado



PVsyst muestra una base de datos de diferentes modelos de módulos fotovoltaicos con sus especificaciones técnicas, para este caso se escogió el modelo fotovoltaico “SMF-150M-6X05DB” de silicio monocristalino de 150 Wp para la simulación del proyecto.

Figura 27

Modelo y especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado



Las dimensiones del módulo fotovoltaico seleccionado se refieren a las medidas físicas del panel solar que se está utilizando en la simulación del sistema fotovoltaico. Estas dimensiones son esenciales para determinar el espacio requerido para la instalación de los

paneles, así como para calcular la cantidad de módulos necesarios para alcanzar la potencia deseada del sistema.

Figura 28

Dimensiones del módulo fotovoltaico seleccionado

Definición de un módulo FV

Datos básicos | Dimensiones y tecnología | Parámetros del modelo | Datos adicionales | Comercial | Gráficos

Descripción **Sunman Energy, SMF150M-6X05DB-e**

Módulo

Longitud: 1023 mm
 Anchura: 889 mm
 Espesor: 2.0 mm
 Peso: 2.60 kg
 Área módulo: 0.909 m²

Células

En serie: 30
 En paralelo: 1
 Size W x H: 158.7 158.7 mm
 Área celular: 251.9 cm²
 Área células: 0.756 m²

La definición del tamaño del módulo es obligatoria: se utiliza para la determinación de la eficiencia "usual".
 El área de células es facultativa: si se define, permite la definición de la eficiencia a nivel celular.

Tecnología y especificidad del módulo

Marco: Frameless
 Estructura: Glass-free cover
 Conexiones: Black backsheet, MC4 compatible

Voltaje máximo del conjunto
 Voltaje absoluto máximo del conjunto en cualquier condición (es decir, Voc a la temperatura ambiente más baja posible).
 Voltaje máximo IEC: 1000 V
 Voltaje máximo UL (US): N/A V

Diodos de protección de derivación
 Núm. de submódulos: 2 /módulo
 (es decir, diodos de derivación funcionales)
 Partición submódulo:
 En longitud
 En ancho
 Células en tejas
 Medias células gemelas
 Tercios células gemelas, 5 filas
 Tercios células gemelas, 6 filas
 Otro

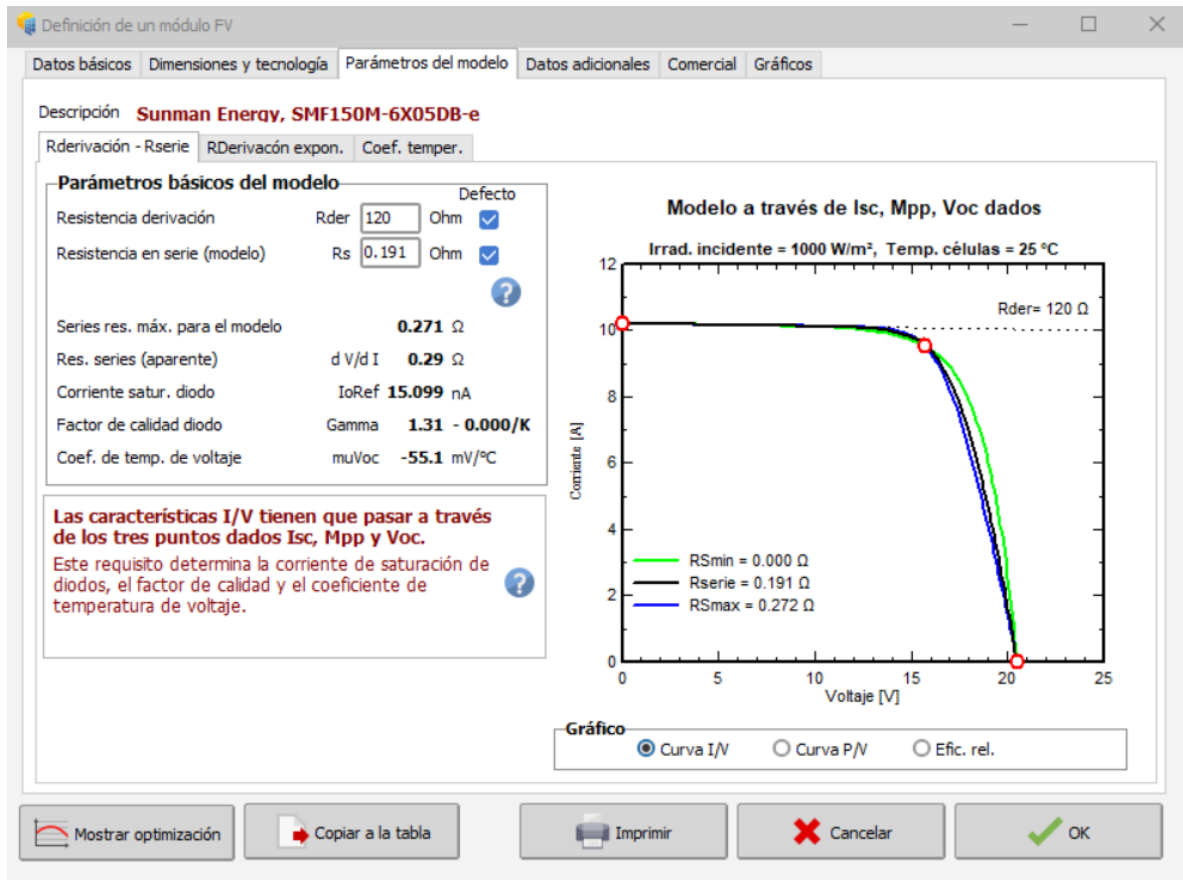
Módulo teja
 CFV : módulo de concentración
 Módulo bifacial

Mostrar optimización | Copiar a la tabla | Imprimir | Cancelar | OK

Estas medidas permiten saber cuántos paneles caben en el área disponible para la instalación y facilitar su disposición en el espacio. Además, conocer las dimensiones es crucial para garantizar que el sistema se ajuste adecuadamente al espacio físico y que los módulos se monten correctamente para maximizar la eficiencia en la captación de energía solar.

Figura 29

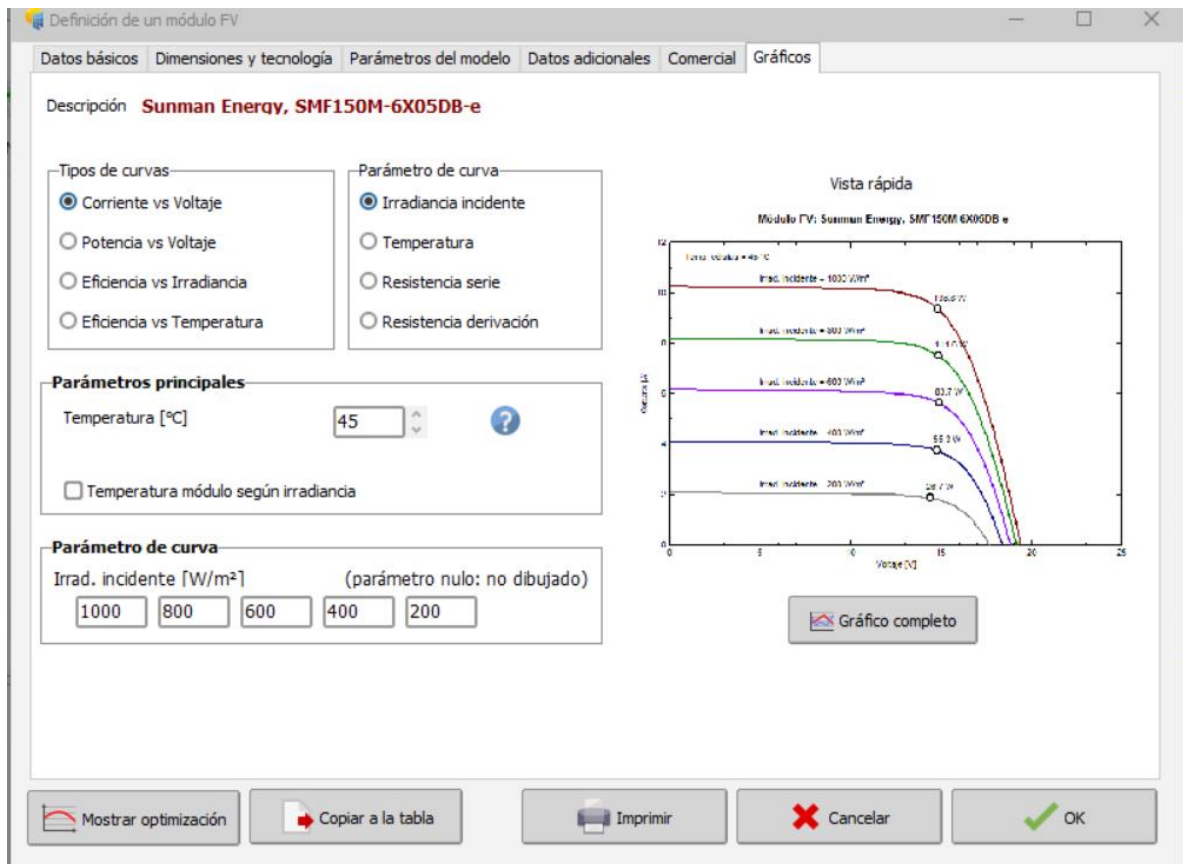
Parámetros del módulo fotovoltaico seleccionado



Por otra parte, la gráfica curva de I/V (corriente-tensión) con la irradiancia del módulo seleccionado es una representación visual que muestra cómo varían la corriente (I) y la tensión (V) del módulo fotovoltaico en función de la irradiación solar que recibe. En esta curva, la corriente (I) aumenta cuando la irradiación es alta, mientras que la tensión (V) se mantiene relativamente constante o cambia de manera más moderada. La curva es fundamental para comprender cómo el módulo responde a diferentes niveles de irradiancia y, por ende, cómo su eficiencia se ve afectada por las condiciones ambientales.

Figura 30

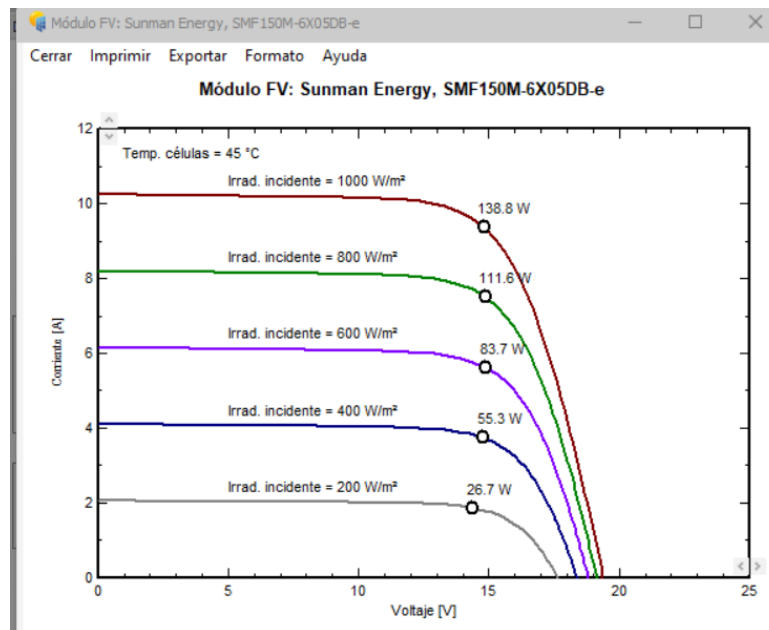
Tipo de curvas del módulo fotovoltaico seleccionado



En la gráfica, se puede observar cómo, a medida que la irradiancia solar aumenta (medida en kW/m²), la corriente generada por el módulo también aumenta, alcanzando su valor máximo cuando la irradiación es más intensa. Este comportamiento es esencial para la simulación del sistema fotovoltaico, ya que permite predecir la cantidad de energía que el sistema puede generar bajo diversas condiciones de luz. La curva I/V también ayuda a determinar el punto de máxima potencia (P_{max}), que es el punto óptimo donde el módulo genera la mayor cantidad de energía en función de la combinación ideal de corriente y tensión, lo cual es esencial para maximizar la eficiencia del sistema.

Figura 31

Gráfica curva de I/V con la irradiancia del módulo seleccionado



Además, el inversor seleccionado debe cumplir con el sistema abasteciendo lo implementado. Para este caso, se escogió dos inversores de 4.2 Kw, cumpliendo con las necesidades del sistema.

Figura 32

Gráfica del inversor seleccionado

Voc (-10°C) **22.4 V**

Seleccione el inversor

Disponibles ahora: Voltaje de salida 230 V Mono 50Hz 50 Hz 60 Hz

Genérico: Desde 2012

Núm. de inversores: Voltaje de funcionamiento: **125-500 V** Poder global inversor: **8.4 kWca**
 Voltaje máximo de entrada: **700 V**

Diseñe el conjunto

Núm. de módulos y cadenas

Mód. en serie: entre 9 y 30

Núm. cadenas: única posibilidad 2

Perdida sobrecarga: **0.0 %**

Proporción Pnom: **1.07**

Núm. de módulos: 60 **Área: 55 m²**

Condiciones de operación

Vmpp (60°C): 419 V
 Vmpp (20°C): 486 V
 Voc (-10°C): 672 V

Irradia. plano: **1000W/m²**
 Imp (STC): 19.1 A
 Isc (STC): 20.4 A
 Isc (en STC): 20.4 A

Máx. en datos STC
 Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C): **8.2 kW**
Potencia nom. conjunto (STC) 9.0 kWp

Además, se muestra la hoja de datos del inversor, mostrándose las características del mismo. El inversor seleccionado es un componente crucial en el sistema fotovoltaico, ya que convierte la energía generada por los paneles solares (corriente continua, CC) en energía utilizable por la red eléctrica o los equipos del usuario (corriente alterna, CA). En

este caso, se han seleccionado dos inversores de 4.2 kW, sumando un total de 8.4 kW, para satisfacer las demandas energéticas del sistema fotovoltaico. La elección de dos inversores se hace teniendo en cuenta que deben ser capaces de gestionar la potencia generada por los paneles solares y garantizar que la energía convertida sea estable y adecuada para su distribución o uso.

Figura 33

Características del inversor seleccionado

The screenshot shows the 'Definición del inversor de red' (Grid Inverter Definition) software interface. The window title is 'Definición del inversor de red'. The interface is divided into several tabs: 'Parámetros principales', 'Curva de eficiencia', 'Parámetros adicionales', 'Parámetros de salida', 'Dimensiones y tecnología', and 'Datos comerciales'. The 'Parámetros principales' tab is active.

Parámetros principales:

- Modelo: 4.2 kWac inverter
- Fabricante: Generic
- Nombre de archivo: Generic_4_2kW.OND
- Fuente de datos: Generic device
- Base de datos PVsyst original
- Prod. desde 2012

Lado de entrada (Campo FV CC):

- Voltaje MPP mínimo: 125 V
- Voltaje mín. para PNom: 200 V
- Corriente de entrada máxima: 21.8 A
- Voltaje MPP nominal: N/A V
- Voltaje MPP máximo: 500 V
- Voltaje FV máx. absoluto: 700 V
- Umbral de potencia: 21.00 W Defecto
- Especificación contractual, sin significado físico verdadero: Requerido
- Potencia FV nominal: 5.30 kW
- Potencia FV máxima: 5.50 kW
- Corriente FV máxima: N/A A

Lado de salida (Red CA):

- Frecuencia: 50 Hz, 60 Hz
- Voltaje de red: 230 V
- Potencia de CA nominal: 4.20 kW
- Potencia CA máxima: 4.20 kW
- Corriente CA nominal: 18.26 A
- Corriente CA máxima: 16.00 A

Eficiencia:

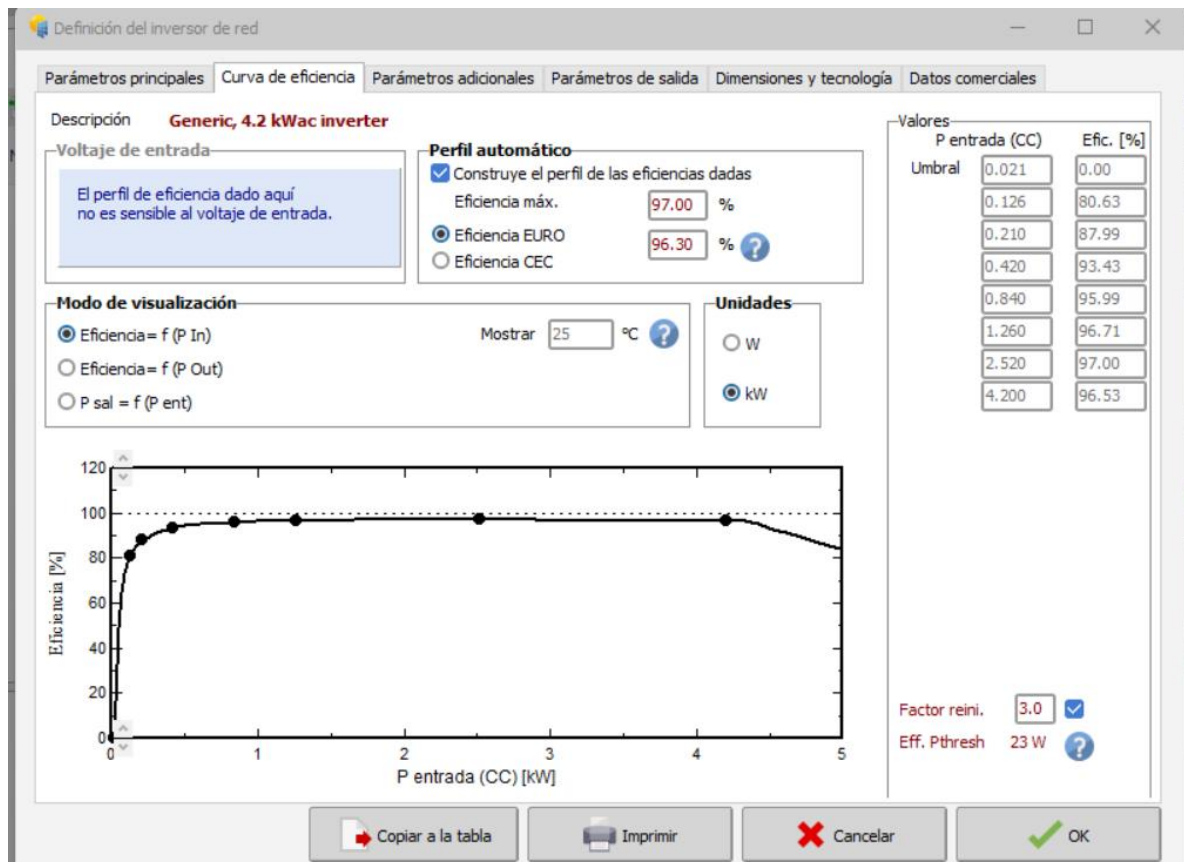
- Eficiencia máxima: 97.00%
- Eficiencia EURO: 96.30%
- Eficiencia definida para 3 voltajes

Buttons at the bottom: Copiar a la tabla, Imprimir, Cancelar, OK.

La potencia nominal de los inversores debe estar alineada con la capacidad total del sistema fotovoltaico, asegurando que puedan manejar la carga máxima sin sobrecargarse. Los inversores seleccionados también deben ser compatibles con el número de módulos fotovoltaicos, la configuración del sistema (en serie y paralelo), y las condiciones operativas, como la irradiación solar del sitio. En este caso, con la selección de inversores de 4.2 kW, se asegura que el sistema puede operar de manera eficiente, convirtiendo la energía solar en electricidad de forma óptima y sin pérdidas significativas, maximizando así el rendimiento general del sistema fotovoltaico.

Figura 34

Curva de eficiencia del inversor seleccionado



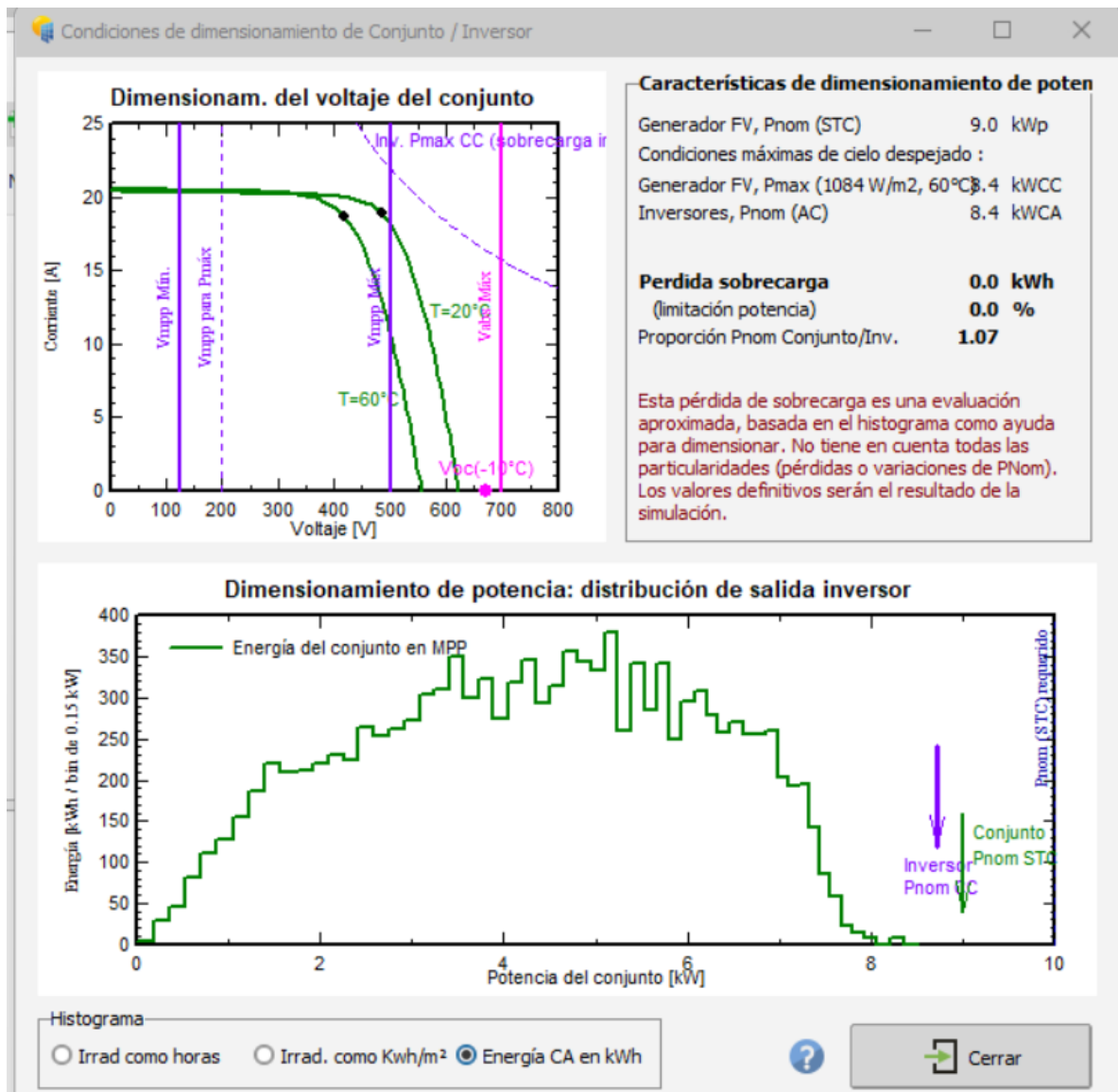
Se puede visualizar las curvas del sistema, además se demuestra el área de operaciones óptimas al nivel del sistema. Además, se muestra una distribución de potencia donde se encuentre el inversor generado. En el análisis del sistema fotovoltaico, se pueden visualizar las curvas de rendimiento que muestran cómo varían la corriente y la tensión a medida que cambian las condiciones de irradiación y otros factores. Estas curvas son esenciales para entender cómo se comporta el sistema bajo diferentes niveles de energía solar disponible. Además, el software permite mostrar el área de operaciones óptimas, lo que indica el rango en el que el sistema fotovoltaico, incluyendo los paneles solares y el inversor, opera con la mayor eficiencia. Esto incluye las condiciones ideales para la máxima generación de energía sin sobrepasar las limitaciones de los componentes del sistema.

En paralelo, también se presenta una distribución de potencia, que ilustra cómo se reparte la energía generada entre los paneles solares y el inversor. Esta distribución es clave para verificar que el inversor está siendo utilizado adecuadamente dentro de su rango de operación, asegurando que la energía generada por los módulos solares se convierte de manera eficiente en corriente alterna. A través de estas gráficas y distribuciones, se puede

optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico, asegurando que todos los componentes trabajen en conjunto de manera eficiente y que el sistema esté operando dentro de los parámetros más favorables para maximizar la producción de energía.

Figura 35

Gráficas de dimensionamiento del sistema



Con respecto a las gráficas de dimensionamiento del sistema son herramientas visuales que se utilizan para mostrar cómo se distribuyen y dimensionan los componentes del sistema fotovoltaico, como los módulos solares, inversores, y el sistema eléctrico en general. Estas gráficas proporcionan una representación clara de la cantidad de paneles solares necesarios para alcanzar la potencia total del sistema y cómo se conectan entre sí en series y cadenas. El dimensionamiento adecuado es esencial para asegurarse de que el

sistema sea capaz de generar la energía necesaria sin sobrecargar ninguno de sus componentes.

En la figura 35 gráficas de dimensionamiento, se pueden observar varios detalles importantes, como la potencia total instalada, la cantidad de módulos necesarios para alcanzar esa potencia, y la distribución de los módulos e inversores. Además, estas gráficas muestran cómo se distribuye la energía generada por los paneles hacia los inversores, garantizando que la potencia entregada a la red o al sistema de consumo sea la adecuada. En resumen, las gráficas de dimensionamiento son una herramienta clave para optimizar el diseño del sistema fotovoltaico, asegurando que todos los componentes estén correctamente dimensionados y que el sistema funcione con la mayor eficiencia posible.

Figura 36

Sistema fotovoltaico

The screenshot displays the 'Definición del sistema de red, Variante VCO: "DEMO"' window. It is divided into several sections:

- Lista de subconjuntos:** A table listing components:

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Generador FV		
Sunman Energy - SMF150M-6X05C	30	2
Generic - 4.2 kWac inverter	2	1
- Subconjunto (Generador FV):**
 - Orientación: Fijo, Incl. 10.0°, Azim. 0.0°
 - Potencia planeada: 10 kWp
 - o área disponible: 51 m²
- Selección del módulo FV:**
 - Filtro: Todos los módulos F
 - Módulos necesarios aprox.: 67
 - Seleccionado: 150 Wp 13V Si-mono SMF150M-6X05DB-e Sunman Energy Manufacturer 2024
 - Dimensiones: V_{mpp} (60°C) 14.0 V, V_{oc} (-10°C) 22.4 V
- Selección del inversor:**
 - Voltaje de salida: 230 V Mono 50Hz
 - Seleccionado: 4.2 kW 125 - 500 V TL 50/60 Hz 4.2 kWac inverter Desde 2012
 - Núm. de inversores: 2
 - Voltaje de funcionamiento: 125-500 V Poder global inversor: 8.4 kWca
 - Voltaje máximo de entradas: 700 V
- Diseño del conjunto (Núm. de módulos y cadenas):**
 - Mód. en serie: 30 (entre 9 y 30)
 - Núm. cadenas: 2 (Única posibilidad 2)
 - Perdida sobrecarga: 0.0 %
 - Proporción Pnom: 1.07
 - Núm. de módulos: 60
 - Área: 55 m²
- Condiciones de operación:**
 - V_{mpp} (60°C): 419 V
 - V_{mpp} (20°C): 486 V
 - V_{oc} (-10°C): 672 V
 - Irradia. plano: 1000 W/m²
 - Imp (STC): 19.1 A
 - Isc (STC): 20.4 A
 - Isc (en STC): 20.4 A
 - Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C): 8.2 kW
 - Potencia nom. conjunto (STC): 9.0 kWp
- Resumen sistema global:**
 - Núm. de módulos: 60
 - Área del módulo: 55 m²
 - Núm. de inversores: 2
 - Potencia FV nominal: 9.0 kWp
 - Potencia de CA nominal: 8.4 kWCA
 - Proporción Pnom: 1.071

Durante el proceso de definición del módulo fotovoltaico y del inversor en el diseño del sistema, el software de simulación calcula los parámetros necesarios para garantizar que el sistema cumpla con la potencia planeada. En este caso, con una potencia planeada de 10 kW y módulos fotovoltaicos de 150 Wp (vatios pico), el sistema sugiere una configuración de 30 módulos en serie distribuidos en 2 cadenas, lo que da un total de 60 módulos. Este dimensionamiento asegura que se alcancen los 10 kW de potencia deseada, considerando la capacidad de cada módulo y la forma en que se conectan en serie y paralelo.

La configuración de 30 módulos en serie por cadena es crucial para asegurar que la tensión de funcionamiento de los módulos sea compatible con las especificaciones del inversor seleccionado, y también para maximizar la eficiencia del sistema. El número total de 60 módulos se distribuye de manera que la energía generada por los paneles solares pueda ser convertida de manera eficiente en corriente alterna por los inversores. Este dimensionamiento no solo optimiza el rendimiento del sistema, sino que también asegura que los componentes, como los módulos y los inversores, trabajen dentro de sus capacidades operativas óptimas, evitando sobrecargas y garantizando un funcionamiento eficiente.

Tabla 1

Características técnicas del módulo FV seleccionado

DATOS PANEL FOTOVOLTAICO		
DETALLE	VARIABLE	VALOR/UNIDAD
Tipo	SL-Mono	
Tensión nominal del panel solar	V _{mpp}	15,74 (V)
Corriente nominal del panel solar	I _{mpp}	9,530 (A)
Tensión de circuito abierto	V _{oc}	20,49 (V)
Corriente de cortocircuito	I _{sc}	10,210 (A)
Temperatura nominal	T _{nmot}	25 (°C)
Coefficiente de temperatura	P _{mpp}	(-),0,38% (°C)
Coefficiente de temperatura	V _{oc}	(-),0,28% (°C)
Coefficiente de temperatura	I _{sc}	0,020% (°C)
Eficiencia del módulo	Eficiencia N	17,60%
Largo	L	1023 (mm)
Ancho	W	889 (mm)
Espesor	E	2,0 (mm)
Peso	P	2,6 (kg)

La tabla de características técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado proporciona información detallada sobre los parámetros clave que definen su rendimiento y viabilidad en un sistema fotovoltaico. El panel es de tipo monocristalino (SL-Mono), conocido por su alta eficiencia y capacidad para generar más energía en comparación con otros tipos de módulos. Su tensión nominal (V_{mpp}) es de 15,74 V, que es la tensión en la que el módulo entrega su máxima potencia bajo condiciones estándar, mientras que su corriente nominal (I_{mpp}) es de 9,53 A. Estos valores son cruciales para determinar la capacidad del módulo y su compatibilidad con el sistema eléctrico, especialmente con el inversor.

Adicionalmente, el panel tiene una tensión de circuito abierto (V_{oc}) de 20.49 V y una corriente de cortocircuito (I_{sc}) de 10.21 A, lo que define el comportamiento del módulo en condiciones extremas. El coeficiente de temperatura de la potencia es de (-0,38%) por grado Celsius, lo que significa que el rendimiento del panel disminuye ligeramente con el aumento de la temperatura. Este aspecto es importante para ajustar las expectativas de eficiencia en climas más cálidos. La eficiencia del módulo es del 17.60%, lo que indica cuánta de la radiación solar que recibe el panel se convierte en energía útil. Además, las dimensiones del módulo son de 1023 mm de largo, 889 mm de ancho y 2 mm de espesor, con un peso de 2,6 kg, lo que facilita su instalación y manejo en el sistema fotovoltaico. Esta información técnica es esencial para garantizar que el módulo se integre de manera óptima con otros componentes del sistema y funcione de manera eficiente durante su vida útil.

Tabla 2

Característica técnica de inversor seleccionado

DATOS DEL INVERSOR		
CARACTERÍSTICA		
DETALLE	VARIABLE	VALOR/UNIDAD
Potencia nominal	P_n	4200(W)
Tensión máxima de entrada DC	V_{max}	700 (V)
Tensión de operación DC	$V_{op\ min}$	200 (V)
Tensión de operación DC	$V_{op\ max}$	500 (V)
Número de MPPT	Num	2
Rango de tensión MPPT	$V_{mpp\ min}$	125 (V)
Rango de tensión MPPT	$V_{mpp\ max}$	500 (V)
Máxima corriente	I_{mmppt}	21,8 (V)
Eficiencia del inversor	Eficiencia N	97%
Profundidad	Profundidad	180 (mm)
Ancho	W	445 (mm)
Alto	H	470 (mm)

Los datos del inversor seleccionado proporcionan información esencial sobre sus características y su capacidad para gestionar la energía generada por el sistema fotovoltaico. Este inversor tiene una potencia nominal de 4200 W, lo que indica la cantidad máxima de energía que puede procesar de manera continua. La tensión máxima de entrada DC es de 700 V, lo que significa que el inversor puede recibir hasta esta cantidad de voltaje proveniente de los módulos fotovoltaicos sin riesgo de sobrecarga. Su tensión de operación DC varía entre 200 V y 500 V, lo que indica el rango de tensiones con el que el inversor puede operar de manera eficiente.

El inversor está equipado con 2 MPPTs (seguidores del punto de máxima potencia), lo que le permite optimizar la producción de energía de los módulos solares distribuidos en diferentes orientaciones o condiciones de irradiación. El rango de tensión MPPT varía entre 125 V y 500 V, lo que facilita la adaptación del inversor a diferentes configuraciones de los módulos fotovoltaicos. La máxima corriente de entrada es de 21,8 A, lo que indica la corriente máxima que el inversor puede manejar en el proceso de conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC). Con una eficiencia del inversor de 97%, este inversor es altamente eficiente en la conversión de energía, lo que maximiza la cantidad de energía aprovechada para el consumo o la inyección a la red. Las dimensiones del inversor son 180 mm de profundidad, 445 mm de ancho y 470 mm de alto, lo que es importante para la planificación del espacio en la instalación del sistema fotovoltaico. Estos parámetros aseguran que el inversor esté optimizado para trabajar con el sistema fotovoltaico seleccionado, garantizando eficiencia y seguridad.

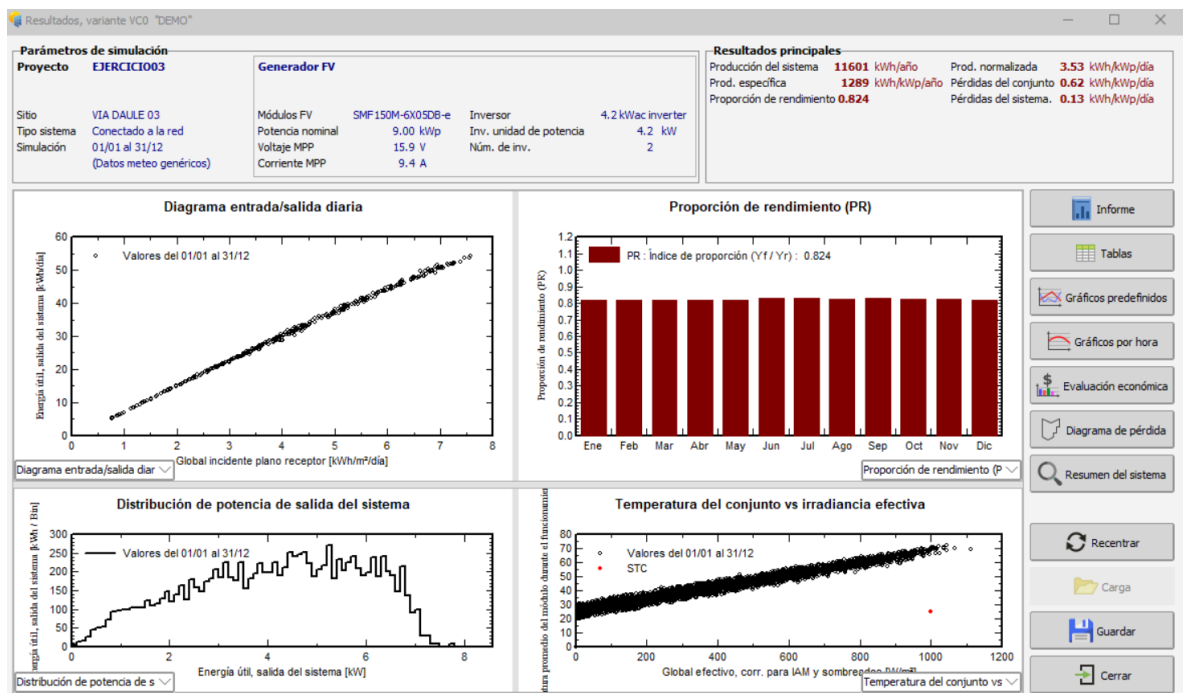
Capítulo IV

4.1. Análisis de resultados

Una vez ejecutada la simulación, de manera automática, el sistema del software PVsyst dictamina los siguientes parámetros, calculando lo que es la linealidad entre la radiación global horizontal del plano y la energía inyectada, rendimiento calculado, distribución del sistema de la producción inyectado a la red, temperatura y eficiencia.

Figura 37

Diagrama de entrada/salida



Con relación a los resultados, se visualiza en la imagen de diagrama de entrada/salida diaria una relación de producción diaria de 30Wh, realizándose el cálculo para la producción anual (formula 6):

$$\text{Producción anual} \left(\frac{kWh}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Producción media diaria} \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right) * \text{Total días año}}{\quad} \quad (6)$$

$$\text{Producción anual} \left(\frac{kWh}{\text{año}} \right) = 30Wh * 365 \text{ días} = 10950 \text{ Wh/día}$$

Con relación al resultado de simulación:

$$11601 \text{ kWh/año} \approx 10950Wh/día$$

Para continuar con los resultados, en torno a la producción específica se realiza (formula 7):

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción específica} \left(\frac{\text{kWh/kWp}}{\text{año}} \right) \\
 &= \frac{\text{Producción anual}(\text{kWh/año})}{P_{\text{nominal}}(\text{kWp})} \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\text{Producción específica} \left(\frac{\text{kWh/kWp}}{\text{año}} \right) = \frac{11601 \text{ kWh/año}}{9 \text{ kWp}} = 1289 \frac{\text{kWh/kWp}}{\text{año}}$$

Al visualizar con el resultado de simulación:

$$1289 \frac{\text{kWh/kWp}}{\text{año}} = 1289 \frac{\text{kWh/kWp}}{\text{año}}$$

El resultado obtenido de la simulación y los cálculos realizados proporciona información valiosa sobre la eficiencia y el rendimiento del sistema fotovoltaico. En primer lugar, al observar la producción diaria de 30 Wh, podemos deducir que el sistema tiene una capacidad constante de generación de energía, lo que es típico de un diseño bien dimensionado. Este valor diario se utiliza para estimar la producción anual, que, según el cálculo, asciende a 10,950 Wh/año o 10.95 kWh/año. Este cálculo es un primer indicador del rendimiento del sistema a lo largo de un año, basándose en un promedio diario constante.

Sin embargo, al comparar este valor con el resultado de la simulación, que muestra una producción anual de 11.601 kWh/año, se observa una ligera discrepancia. La diferencia entre los 10.950 Wh/años calculados y los 11.601 kWh/año simulado puede ser atribuida a varios factores. Por ejemplo, las simulaciones suelen tener en cuenta variables que no se incluyen en los cálculos manuales, como las fluctuaciones en la irradiación solar diaria, los cambios en las condiciones meteorológicas, las pérdidas en el sistema fotovoltaico, y otros factores ambientales. Este desfase, aunque pequeño, resalta la importancia de la simulación para prever el comportamiento real del sistema bajo diversas condiciones.

Otro dato clave es la producción específica del sistema, que se calcula dividiendo la producción anual por la potencia nominal del sistema (en kWp). En este caso, la producción específica es de 1.289 kWh/kWp/año. Este valor es un indicador fundamental de la eficiencia del sistema fotovoltaico, ya que nos dice cuánta energía se genera por cada kilovatio pico instalado. El hecho de que la simulación coincida exactamente con este valor recalca la precisión del modelo utilizado y su capacidad para replicar el

comportamiento real del sistema. Una producción específica de 1.289 kWh/kWp/año es un buen indicador de que el sistema está operando de manera eficiente, aprovechando la radiación solar disponible y convirtiéndola en electricidad de forma efectiva.

La producción específica también permite realizar comparaciones con otros sistemas fotovoltaicos, ya que este valor refleja la relación entre la capacidad instalada y la energía producida. Este dato es crucial para optimizar futuros diseños y asegurarse de que los sistemas fotovoltaicos estén bien dimensionados en función de la irradiación local y las condiciones climáticas.

En términos generales, los resultados obtenidos reflejan un sistema fotovoltaico que tiene un buen rendimiento, con una producción cercana a los 11.600 kWh/año y una eficiencia adecuada, evidenciada por la producción específica de 1.289 kWh/kWp/año. Estos resultados no solo son útiles para validar el diseño y la instalación del sistema, sino que también sirven como base para la toma de decisiones en términos de expansión, mantenimiento o posibles mejoras en el sistema para maximizar la eficiencia.

Mediante la simulación generada con PVsyst, se pueden aplicar valores económicos los cuáles se implementó para la simulación del proyecto.

Figura 38

Valores económicos de los principales componentes de la propuesta

Resumen del sistema

Proyecto: EJERCICIO03
 Generador FV, P_{nom} = 9.0 kWp
 Energía producida 11.6 MWh/año
 Sistema conectado a la red

Resumen financiero

Costes de instalación 22.831.80 USD
 Costo total anual 0.00 USD/año
 LCOE 0.0431 USD/kWh
 Período de recuperación **Improductivo**

El financiamiento total (10.000.00 USD) es diferente al costo de instalación (22.831.80 USD). Por favor actualice la financiación en la pestaña "Parámetros financieros".

Moneda: USD - United States Dollar

Costos de instalación

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Módulos FV			10.902.00 USD
SMF 150M-6X05DB-e	60.00	126.50	7.590.00 USD
Soportes para módulos	60.00	55.20	3.312.00 USD
Inversores			1.610.00 USD
4.2 kWac inverter	2.00	805.00	1.610.00 USD
Otros componentes			3.946.80 USD
Accesorios, sujetadores	1.00	634.80	634.80 USD
Cableado	1.00	1.380.00	1.380.00 USD
Caja de conexiones	1.00	690.00	690.00 USD
Sistema de monitoreo, pant...	1.00	460.00	460.00 USD
Sistema de medición, piranó...	1.00	460.00	460.00 USD
PARATAVAS	1.00	372.00	372.00 USD
Costo total de instalación			22.831.80 USD
Activo amortizable			13.146.80 USD

Costos de operación (anual)

Descripción	Costo anual
Mantenimiento	0.00 USD
Alquiler de terrenos	0.00 USD
Seguro	0.00 USD
Cargos bancarios	0.00 USD
Administrativo, contabili...	0.00 USD
Impuestos	0.00 USD
Subsidios	0.00 USD
Costos de operación (OPEX)	0.00 USD/año

Figura 39

Valores económicos de los otros componentes de la propuesta

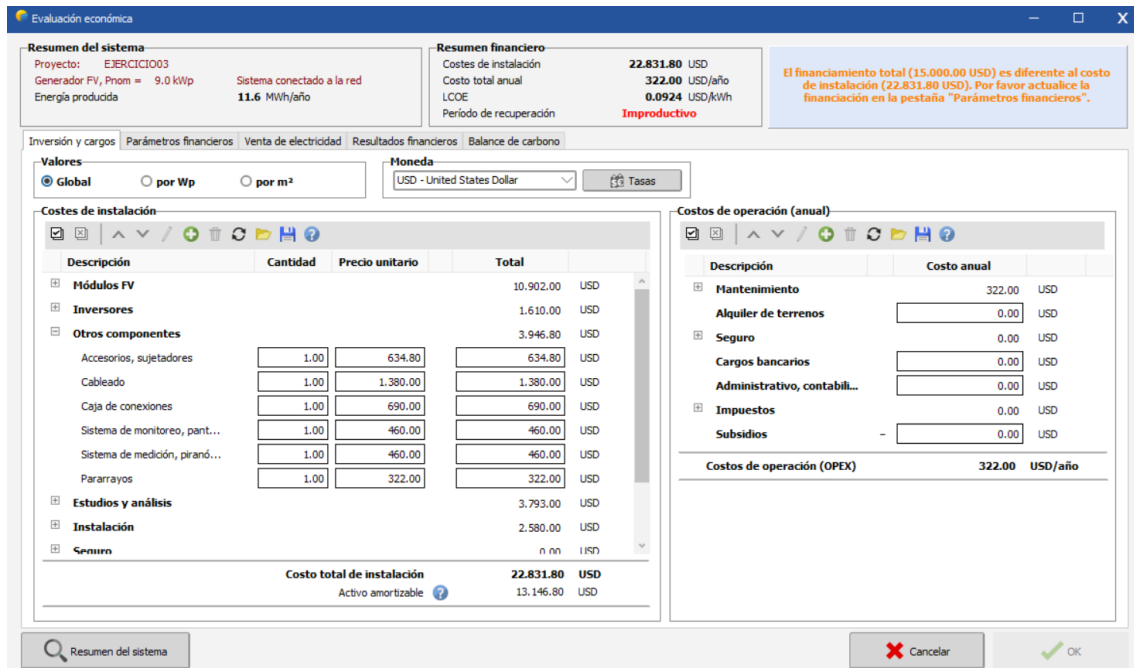
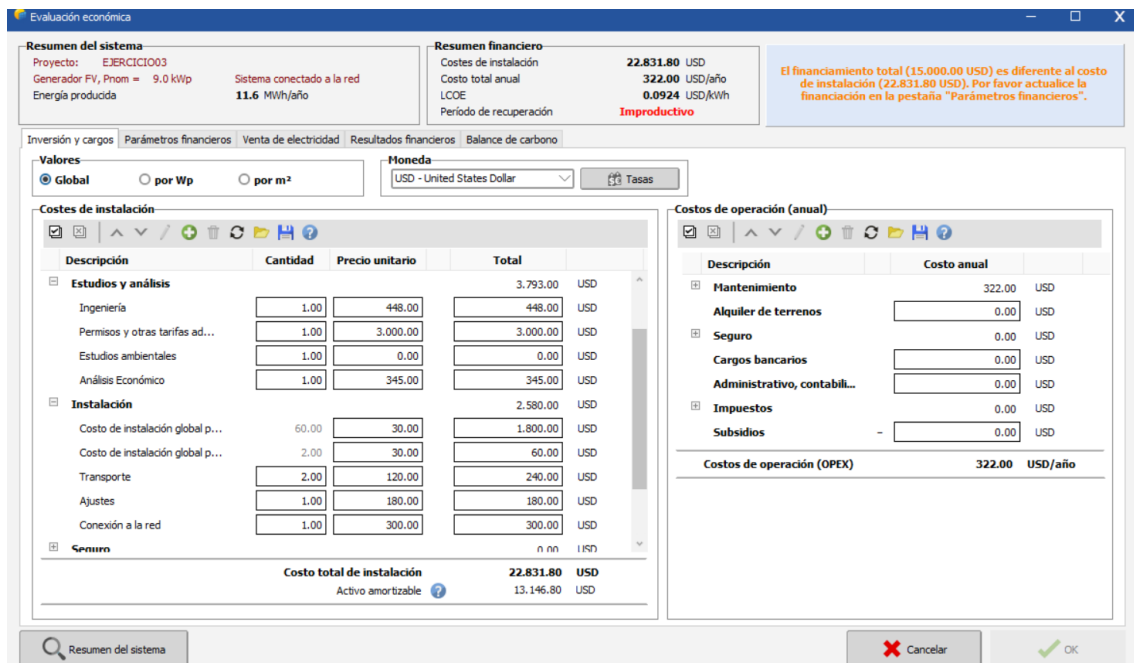


Figura 40

Resumen de valores económicos de la propuesta



Estableciendo el diseño del proyecto, nos refleja gran cantidad de información útil y necesaria para el análisis de los resultados, esto demuestra que, a través de la herramienta de PVsyst nos proporciona datos específicos con lo establecido. Se nos permite acceder

experimentadas por el sistema, lo cual es crucial para evaluar la eficiencia global del sistema fotovoltaico.

En el análisis del diagrama de barras, se observa que las pérdidas del sistema fotovoltaico y del inversor se incrementan a medida que la producción de energía también aumenta. Esto puede ser interpretado como una señal de que el sistema está experimentando ciertas ineficiencias, especialmente cuando está generando más energía. Las pérdidas en un sistema fotovoltaico pueden ocurrir por diversas razones, incluyendo pérdidas en los paneles solares, que no convierten toda la radiación solar en electricidad, y pérdidas en el inversor, que es el dispositivo encargado de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna que se puede utilizar en la red.

El hecho de que las pérdidas aumenten cuando la producción de energía es mayor sugiere que en momentos de mayor irradiación o cuando el sistema está operando a su máxima capacidad, existen factores que afectan negativamente la conversión de energía. Entre estos factores se pueden incluir las altas temperaturas, que afectan la eficiencia de los paneles solares, o las pérdidas internas del inversor, que no es 100% eficiente. Además, es posible que el sistema esté operando cerca de su capacidad máxima, lo que podría generar un aumento en la resistencia interna de los componentes y, en consecuencia, más pérdidas de energía.

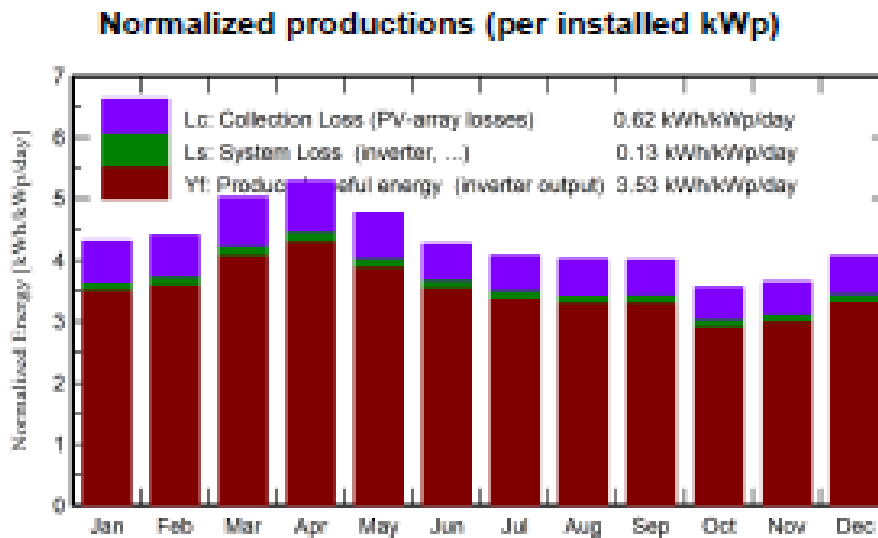
Este comportamiento también refleja una característica común de los sistemas fotovoltaicos: cuando la generación de energía aumenta, la proporción de energía que se pierde en el sistema también puede aumentar debido a la saturación de algunos de los componentes del sistema. Esto es particularmente relevante cuando el sistema no está diseñado para manejar altos niveles de energía de manera eficiente durante todo el día, o cuando la optimización de la temperatura y la gestión de la carga no son ideales.

En conclusión, este análisis sugiere que es importante evaluar las pérdidas del sistema fotovoltaico en relación con su capacidad de producción. La normalización de la producción permite identificar puntos críticos donde las pérdidas son mayores y entender cómo mejorar la eficiencia general del sistema. A través de este análisis, se puede recomendar la optimización de la instalación, como la mejora del sistema de enfriamiento de los paneles solares, la revisión de los inversores para reducir las pérdidas de conversión y la correcta dimensionarían del sistema para garantizar que las pérdidas no sean excesivas durante la operación a alta capacidad. Esto ayudará a maximizar el rendimiento energético y la rentabilidad del sistema fotovoltaico.

En esta gráfica se muestra la normalización de la producción por kWh de la simulación en base al conjunto establecido, visualizándose el registro de pérdidas del sistema fotovoltaico y del inversor. Por lo tanto, en análisis del diagrama de barras, se determina que, las pérdidas son mayores cuando existe más incremento de energía.

Figura 42

Normalización de la producción del sistema fotovoltaico



La gráfica del rendimiento del sistema (PR) es una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia general de un sistema fotovoltaico. El factor de rendimiento (PR) de 0,824 indica que el sistema está operando a aproximadamente el 82,4% de su capacidad teórica máxima. El PR es un indicador de la relación entre la energía real producida por el sistema y la energía que podría haberse producido bajo condiciones ideales. Este valor tiene en cuenta no solo la irradiación solar disponible, sino también las pérdidas por factores como la temperatura, las sombras, la eficiencia del inversor, y otros componentes del sistema. Un PR de 0,824 sugiere que el sistema está siendo relativamente eficiente, aunque siempre hay margen para mejorar.

El análisis de cómo este factor de rendimiento se comporta en función de la irradiación recibida es crucial para comprender el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo. Al observar la gráfica, se puede notar que la producción y el rendimiento se mantienen constantes a medida que aumenta la irradiación solar. Este comportamiento es esperado, ya que cuando la irradiación solar es más alta, los módulos fotovoltaicos reciben más energía, lo que incrementa la producción de electricidad de manera proporcional. Es decir, cuanto más radiación solar llega a los paneles, mayor es la cantidad de energía generada, y el rendimiento del sistema se mantiene constante en función de esa cantidad de energía.

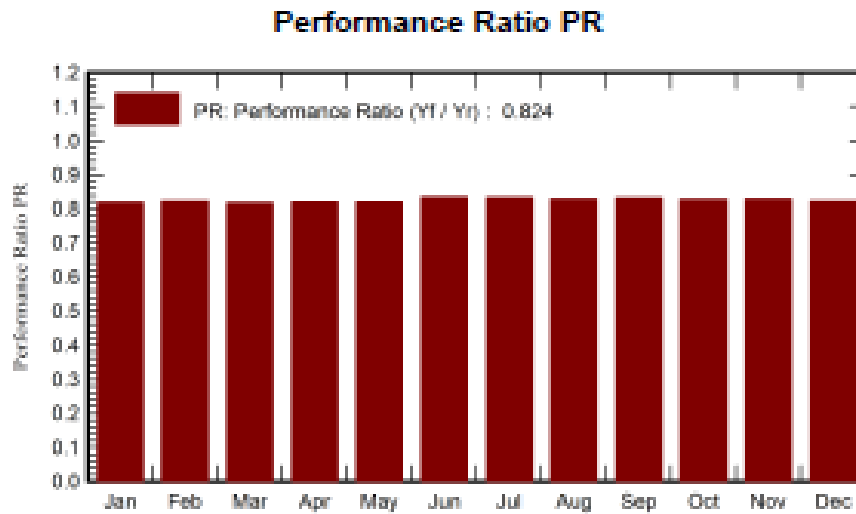
El hecho de que la producción y rendimiento evolucionen proporcionalmente con la irradiación indica que el sistema está respondiendo de manera efectiva a las variaciones de luz solar. Esto es un buen indicativo de que el diseño y la configuración del sistema están bien optimizados para aprovechar al máximo las condiciones solares. Si el rendimiento se mantiene constante incluso con fluctuaciones en la irradiación, significa que el sistema está bien gestionado en términos de su capacidad para convertir la radiación solar en energía útil, sin pérdidas significativas en el proceso.

Este comportamiento también refleja que el sistema está operando dentro de parámetros óptimos de eficiencia, donde las variaciones en la irradiación se reflejan directamente en la producción de energía sin que factores como la temperatura o las sombras estén afectando de manera considerable la eficiencia. Además, se puede interpretar que el sistema tiene la capacidad de maximizar la captación de energía en momentos de alta irradiación, lo que es crucial para la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema fotovoltaico.

En resumen, el factor de rendimiento de 0,824, junto con la evolución proporcional de la producción y el rendimiento respecto a la irradiación, sugiere que el sistema fotovoltaico está funcionando de manera eficiente y óptima. Esto refuerza la idea de que la instalación está bien dimensionada y configurada para aprovechar las condiciones de irradiación disponibles, y que el sistema tiene un buen comportamiento frente a las fluctuaciones de energía solar. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de mejorar este rendimiento mediante optimizaciones adicionales, como la implementación de módulos de mayor eficiencia o la mejora del sistema de conversión de energía.

Figura 43

Indicadores mensuales del rendimiento del sistema fotovoltaico



Por consiguiente, se nos muestra la respectiva tabla de datos de meteo donde se visualiza la irradiación global horizontal, irradiación difusa horizontal, temperatura, irradiación incidente en el plano receptor, irradiación efectiva en el plano receptor, energía de salida del sistema fotovoltaico, reinyectada a la red, eficiencia de energía en el campo del sistema fotovoltaico del sistema.

La tabla de datos meteo proporciona un conjunto integral de información que permite una comprensión profunda de cómo las condiciones meteorológicas y ambientales afectan el rendimiento del sistema fotovoltaico. Al analizar estos datos en conjunto, es posible identificar áreas donde el sistema podría mejorar, ya sea optimizando la orientación y la inclinación de los paneles para maximizar la irradiación incidente, mejorando la gestión térmica para reducir las pérdidas por temperatura, o ajustando el sistema para minimizar las sombras y otras obstrucciones. Además, la comparación de la energía generada con la irradiación disponible y la eficiencia de conversión permiten realizar ajustes en el sistema para maximizar la producción y la rentabilidad del proyecto fotovoltaico.

Figura 44*Balances y principales resultados del sistema fotovoltaico*

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	142.0	79.82	26.51	133.8	128.6	1020	984	0.817
February	128.2	77.03	26.35	123.3	119.0	945	911	0.821
March	157.0	88.92	26.90	155.7	150.9	1184	1144	0.816
April	154.8	83.72	26.57	158.6	154.2	1210	1169	0.819
May	140.6	71.53	26.31	147.9	143.7	1130	1091	0.819
June	121.6	75.20	24.70	128.1	124.2	996	961	0.834
July	120.5	71.73	24.35	126.4	122.5	982	947	0.832
August	121.3	71.07	24.01	124.7	120.8	983	928	0.827
September	120.2	80.59	24.04	120.2	115.8	933	900	0.831
October	113.0	77.19	24.40	110.3	106.3	852	820	0.825
November	114.5	78.24	24.57	109.3	105.1	846	814	0.828
December	134.0	87.26	26.43	126.2	121.2	968	933	0.822
Year	1567.7	942.30	25.43	1564.7	1512.5	12030	11601	0.824

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

El informe brinda la gráfica de pérdidas del sistema, esto nos permite realizar el análisis para optimización registrando las diferentes categorías de pérdidas, siendo así las pérdidas en el sistema fotovoltaico, pérdidas obtenidas provocadas por variaciones de temperaturas, pérdidas por irradiación, pero, según lo visualizado se determina que la mayor pérdida está relacionada al efecto por temperatura logrando un 10% respecto a las demás tipos de pérdidas.

El informe presentado proporciona una gráfica detallada sobre las pérdidas del sistema fotovoltaico, lo que permite realizar un análisis crucial para la optimización del rendimiento de la instalación. En un sistema fotovoltaico, las pérdidas pueden surgir de diversas fuentes, y comprender su distribución es esencial para identificar áreas de mejora. En este caso, la gráfica distingue entre diferentes categorías de pérdidas, como las pérdidas inherentes al propio sistema fotovoltaico, las provocadas por las variaciones de temperatura y aquellas debidas a la irradiación que no se convierte eficazmente en energía.

Una de las pérdidas más destacadas en el informe está asociada al efecto de la temperatura. Se observa que aproximadamente un 10% de las pérdidas del sistema se deben a este factor. Este hallazgo es significativo, ya que las altas temperaturas pueden afectar la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, provocando una disminución en su

capacidad para convertir la radiación solar en electricidad. El calor excesivo puede causar que los materiales semiconductores de los paneles solares tengan un rendimiento inferior al esperado, lo que se traduce en una pérdida de energía convertida. Esto se debe a que la eficiencia de conversión de energía de los paneles solares tiende a disminuir cuando la temperatura de operación de los módulos es más alta.

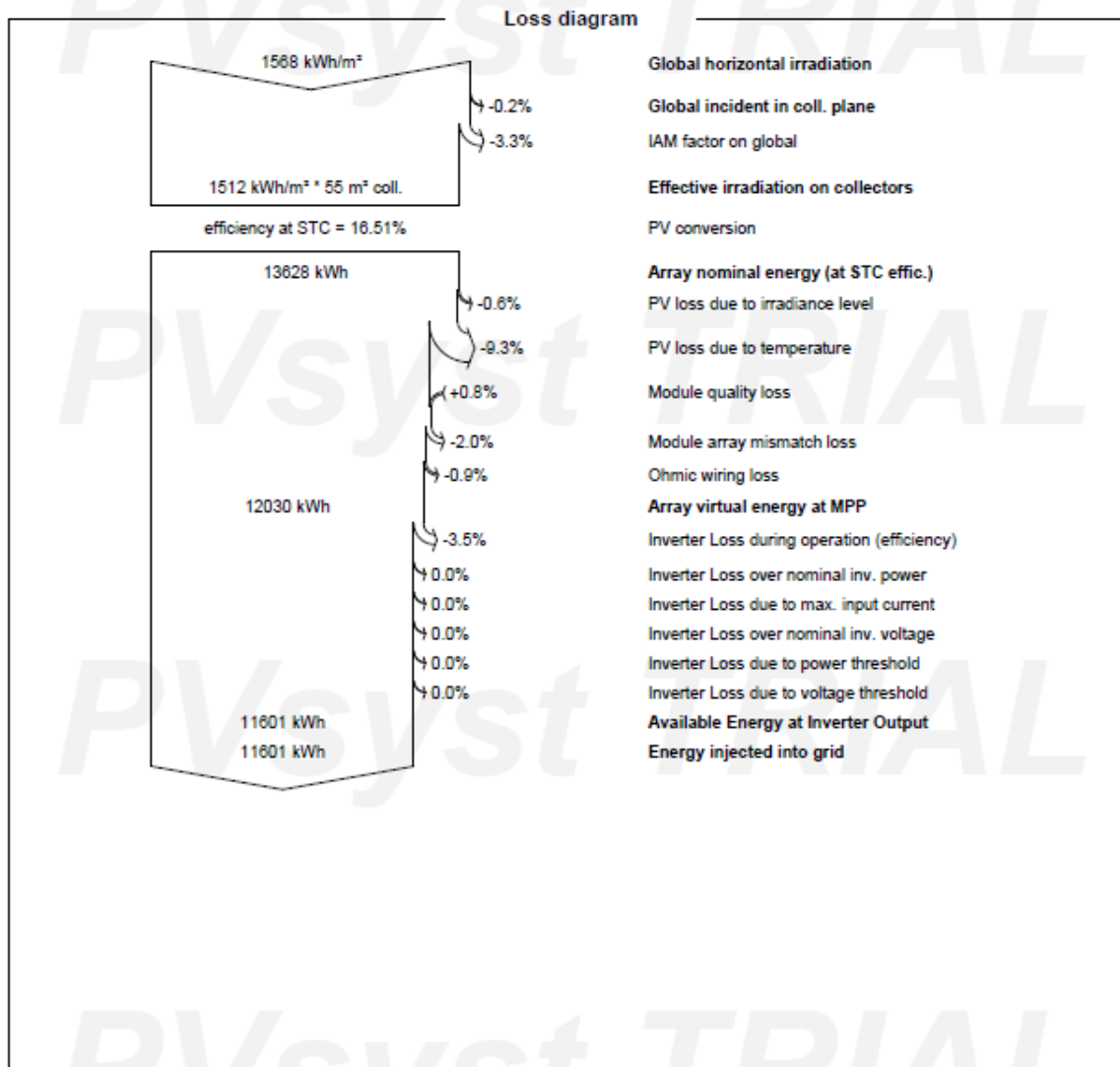
Es importante señalar que las pérdidas por temperatura son un fenómeno esperado en los sistemas fotovoltaicos, especialmente en regiones con climas cálidos. Sin embargo, si estas pérdidas representan una proporción significativa del total, como en este caso, es esencial que los diseñadores de sistemas consideren estrategias para mitigar este efecto. Algunas de estas estrategias incluyen el uso de materiales que favorezcan una mejor disipación del calor, la implementación de sistemas de enfriamiento pasivo o activo para los módulos y la optimización de la orientación e inclinación de los paneles para reducir la exposición directa a altas temperaturas durante las horas más intensas del día.

Comparado con otras categorías de pérdidas, como las pérdidas por irradiación o las pérdidas propias del sistema (por ejemplo, las pérdidas en el inversor), las pérdidas por temperatura sobresalen en cuanto a su impacto relativo. Esto subraya la necesidad de priorizar las soluciones que ayuden a reducir este tipo de pérdidas. Si bien las pérdidas por irradiación también son relevantes, ya que indican que no toda la energía captada por los paneles solares se convierte en electricidad útil, las pérdidas térmicas parecen ser el factor más limitante en este sistema específico.

En conclusión, este análisis permite a los responsables del proyecto identificar que la temperatura es un factor crítico que afecta el rendimiento del sistema fotovoltaico. Aunque existen otros tipos de pérdidas, la optimización de la gestión térmica en los paneles solares debería ser una prioridad para mejorar la eficiencia y la rentabilidad del sistema. Implementando medidas para mitigar el calor, se podría reducir significativamente el impacto de este tipo de pérdidas, aumentando así la eficiencia general del sistema fotovoltaico.

Figura 45

Diagrama de perdida

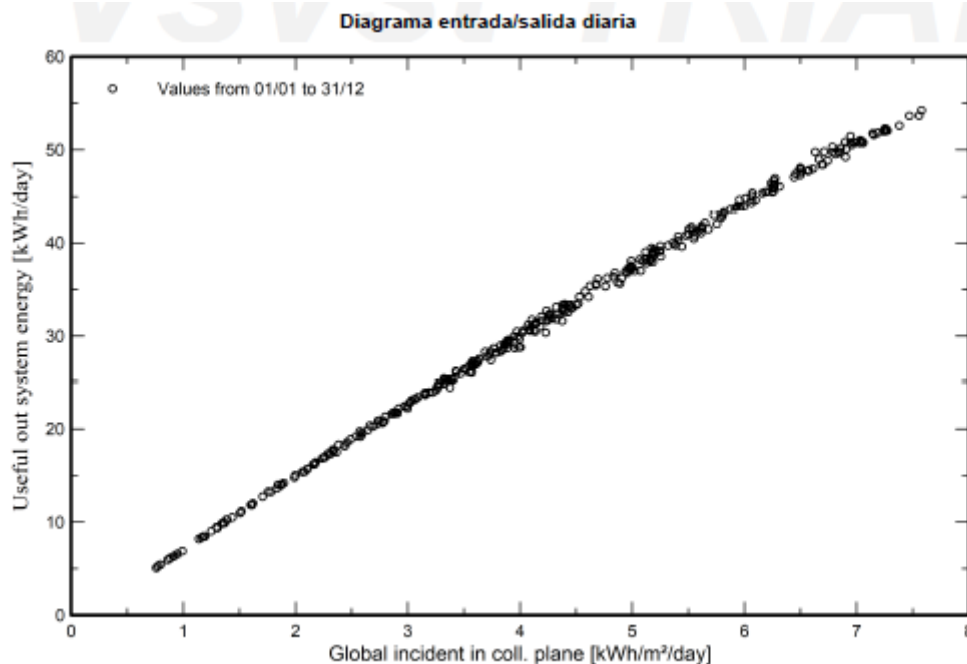


El informe también presenta de manera predeterminada un diagrama de entrada y salida diaria, que proporciona una representación visual clave del comportamiento del sistema fotovoltaico a lo largo del año. Este gráfico muestra la relación entre la irradiación solar incidente en la superficie y la energía producida por el sistema, lo que es fundamental para evaluar la eficiencia y rendimiento del sistema fotovoltaico. En este caso, se observa que la irradiación solar tiene una concentración alrededor de los 4 kWh/m², lo que indica que, en promedio, el sistema recibe una cantidad significativa de radiación solar durante el día. Este valor de irradiancia es un buen indicador de las condiciones de luz solar disponibles para los paneles solares, y es relevante para el análisis de la producción energética del sistema.

Al visualizar los puntos del gráfico, que representan los días del año, se puede deducir que la producción energética diaria muestra una tendencia constante de aproximadamente 30 kWh por día. Esta cifra es crucial para entender la capacidad de generación de energía del sistema y sirve como base para el cálculo de la producción anual estimada. La concentración en torno a los 30 kWh de producción diaria refleja una eficiencia bastante estable del sistema, indicando que los paneles solares están operando dentro de un rango previsto y constante de rendimiento durante el transcurso del año.

La energía producida por el sistema fotovoltaico depende directamente de la cantidad de radiación solar incidente, y esta gráfica permite observar cómo las fluctuaciones diarias en la irradiación solar afectan la cantidad de energía generada. Si bien el sistema sigue una tendencia constante, la irradiación solar puede variar debido a factores climáticos, como la nubosidad, la temperatura y otros fenómenos atmosféricos que afectan la cantidad de luz solar que llega a los módulos fotovoltaicos.

En resumen, este diagrama de entrada y salida diaria proporciona información valiosa sobre cómo las variaciones de la irradiación solar se traducen en la producción energética del sistema. La relación observada entre los 4 kWh/m² de irradiación y los 30 kWh de producción diaria resalta la eficiencia del sistema y permite realizar una evaluación precisa de la capacidad de generación de energía a lo largo del año. Esta visualización es clave para el análisis de la rentabilidad del sistema fotovoltaico, ya que ofrece una referencia clara sobre su rendimiento durante todo el año.

Figura 46*Diagrama de entrada/salida diaria*

Los resultados obtenidos de la simulación utilizando el software PVsyst proporcionan información detallada y útil para analizar la eficiencia y el desempeño de un sistema fotovoltaico. A continuación, se explica de manera amplia cada uno de los puntos clave del informe generado por el software, tomando en cuenta las diversas variables y resultados que se presentan.

1. Relación entre la radiación global horizontal y la energía inyectada:

PVsyst calcula la linealidad entre la radiación global horizontal del plano y la energía inyectada al sistema. Este análisis es esencial, ya que permite entender cómo la cantidad de radiación solar que llega al sistema influye directamente en la energía generada y distribuida. La radiación global horizontal es la cantidad total de energía solar que incide sobre una superficie horizontal, y esta variable se relaciona con la energía inyectada al sistema, lo que ayuda a estimar la eficiencia de conversión de la radiación en electricidad.

2. Cálculo de la producción anual:

La simulación calculó la producción diaria promedio del sistema, la cual se encontró en 30 Wh/día. Para determinar la producción anual. Usando la fórmula, se calculó una producción anual de 10.950 Wh/día, lo que equivale a aproximadamente 11.601 kWh/año, lo cual refleja la cantidad de energía que se espera que el sistema fotovoltaico produzca en un año bajo condiciones normales de operación.

3. Producción específica:

El cálculo de la producción específica, que mide la cantidad de energía generada por kilovatio pico (kWp) de capacidad instalada. En este caso, con una potencia nominal de 9 kWp, la producción específica es de 1.289 kWh/kWp/año. Este indicador es útil para evaluar la eficiencia de los módulos fotovoltaicos en función de su tamaño y capacidad instalada, y es crucial para dimensionar el sistema según las necesidades energéticas de la instalación.

4. Análisis económico del proyecto:

El software PVsyst permite incluir valores económicos en la simulación para obtener una perspectiva más amplia sobre la viabilidad financiera del proyecto. Esto incluye el análisis de costos, ahorros y retorno de la inversión (ROI). El uso de estas herramientas ayuda a los diseñadores de proyectos a tomar decisiones informadas sobre la inversión en energía solar y los posibles beneficios económicos a largo plazo.

5. Visualización de pérdidas del sistema fotovoltaico:

Una parte fundamental del análisis realizado es la evaluación de las pérdidas en el sistema fotovoltaico. Las pérdidas pueden ocurrir debido a diversas razones, como la eficiencia del inversor, variaciones en la temperatura, y la irradiancia solar que no es capturada. El diagrama de barras muestra cómo las pérdidas aumentan con un mayor incremento de energía. Este análisis es esencial para optimizar el sistema y reducir las pérdidas innecesarias.

6. Factor de rendimiento (PR):

El factor de rendimiento (Performance Ratio - PR) es un indicador clave que refleja la eficiencia general del sistema fotovoltaico. En este caso, se obtuvo un PR de 0.824, lo que sugiere que el sistema está convirtiendo eficientemente la radiación solar en electricidad, con un rendimiento relativamente alto. Un PR cercano a 1 es ideal, pero en la práctica, los sistemas fotovoltaicos suelen operar con un PR inferior debido a factores como la temperatura, sombras parciales y pérdidas en el inversor.

7. Evaluación de la irradiación y la eficiencia del sistema:

El informe también proporciona datos meteorológicos detallados, como la irradiación global horizontal, irradiación difusa y la temperatura, así como la irradiación incidente en el plano receptor y la irradiación efectiva. Estos datos son cruciales para comprender cómo las condiciones climáticas influyen en la producción de energía solar. Además, el informe muestra la eficiencia energética del sistema fotovoltaico, reflejando cómo la irradiación solar se convierte en electricidad útil para la red.

8. Pérdidas por temperatura:

Según el informe, una de las principales causas de pérdida en el sistema fotovoltaico está relacionada con el efecto de la temperatura, que puede reducir la eficiencia de los paneles solares. Las altas temperaturas pueden causar un decremento en la capacidad de los módulos fotovoltaicos para convertir la radiación solar en electricidad, lo que resulta en una pérdida de alrededor del 10%. Este valor es significativo, ya que la temperatura ambiente y la temperatura de los módulos fotovoltaicos juegan un papel fundamental en la eficiencia general del sistema.

9. Diagrama de entrada y salida diaria:

El diagrama de entrada y salida diaria es una herramienta visual importante para evaluar el comportamiento del sistema a lo largo del año. En este caso, se observa que la producción del sistema fotovoltaico se concentra alrededor de los 4 kWh/m² de irradiación y los 30 kWh de producción diaria. Esto indica que el sistema genera consistentemente energía, aunque hay variaciones diarias que dependen de las condiciones climáticas y la irradiación solar.

10. Optimización del sistema fotovoltaico:

El informe también permite analizar y optimizar el sistema fotovoltaico registrando diferentes tipos de pérdidas. A través de la simulación, se pueden realizar ajustes en el diseño y en los componentes del sistema para minimizar estas pérdidas y mejorar la eficiencia del sistema. Los datos proporcionados por PVSyst permiten realizar un análisis exhaustivo y tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento del sistema.

En resumen, los resultados de la simulación en PVSyst ofrecen una visión integral del rendimiento del sistema fotovoltaico, desde la producción energética hasta la evaluación de pérdidas y eficiencia. El software permite optimizar el diseño del sistema, teniendo en cuenta variables como la radiación solar, la temperatura y la capacidad de los inversores. Los cálculos realizados para la producción anual y específica del sistema proporcionan información precisa sobre la viabilidad del proyecto, mientras que el análisis de las pérdidas y el rendimiento ayuda a identificar áreas de mejora y optimización en el sistema fotovoltaico.

4.2. Cronograma

A continuación, se presenta un cronograma de actividades en formato de tabla para el proyecto de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aplicado a una empresa de productos alimenticios. Este cronograma cubre las principales fases del proyecto, desde la planificación hasta la puesta en marcha del sistema fotovoltaico. El tiempo

estimado de duración es de 4 meses, y las actividades se dividen en semanas para un seguimiento detallado.

Tabla 3

Cronograma de instalación del sistema fotovoltaico

Fase/Actividad	Descripción	Duración Estimada	Semana
1. Planificación y Preparación			
1.1. Estudio preliminar y análisis de viabilidad	Evaluación de la viabilidad técnica y económica, estudio de consumo energético.	1 semana	Semana 1
1.2. Diseño preliminar del sistema fotovoltaico	Definición de capacidad del sistema (kWp), selección de componentes.	1 semana	Semana 2
1.3. Solicitud de permisos y licencias	Obtención de permisos para la instalación y conexión a la red eléctrica.	2 semanas	Semana 2-3
2. Adquisición de Equipos y Materiales			
2.1. Compra de paneles solares, inversores y materiales	Compra de equipos necesarios (paneles, inversores, cables, estructuras).	2 semanas	Semana 3-4
2.2. Recepción y verificación de equipos	Inspección y verificación de equipos adquiridos.	1 semana	Semana 4
3. Instalación del Sistema Fovovoltaico			
3.1. Preparación del sitio (techo o terreno)	Instalación de estructuras de soporte y preparación del espacio para paneles.	1 semana	Semana 5
3.2. Instalación de los paneles solares	Montaje de paneles solares en las estructuras.	2 semanas	Semana 6-7
3.3. Instalación de inversores y conexión eléctrica	Colocación de inversores, cableado y conexión al sistema eléctrico de la empresa.	1 semana	Semana 7
4. Verificación y Pruebas del Sistema			
4.1. Pruebas de rendimiento y puesta en marcha	Comprobación del rendimiento del sistema fotovoltaico.	1 semana	Semana 8
4.2. Verificación de conexión a la red eléctrica	Asegurar la correcta conexión a la red eléctrica, pruebas de inyección.	1 semana	Semana 8

5. Capacitación y Entrenamiento			
5.1. Capacitación al personal de mantenimiento	Formación sobre el mantenimiento básico del sistema fotovoltaico.	1 semana	Semana 9
6. Mantenimiento Inicial y Monitoreo			
6.1. Mantenimiento preventivo del sistema (primer año)	Inspección, limpieza y ajustes iniciales post-instalación.	1 semana	Semana 10
7. Evaluación Final y Entrega del Proyecto	Evaluación del desempeño del sistema y entrega de informe final.	1 semana	Semana 10

Planificación y Preparación:

Durante las primeras dos semanas, se lleva a cabo el estudio de viabilidad, el diseño preliminar del sistema y la solicitud de permisos necesarios. Estos pasos aseguran que se evalúen todos los aspectos técnicos, económicos y legales antes de comenzar con la compra e instalación.

Adquisición de Equipos y Materiales:

Se estima que las dos primeras semanas del mes 2 se dedicará a la adquisición de equipos solares y otros componentes esenciales. Es importante verificar la calidad de los productos y su compatibilidad antes de comenzar la instalación.

Instalación del Sistema Fotovoltaico:

La fase de instalación inicia con la preparación del sitio durante la semana 5, seguida por el montaje de los paneles solares en las semanas 6 y 7, y la instalación de los inversores y conexiones eléctricas al final de la semana 7.

Verificación y Pruebas del Sistema:

Durante la semana 8, se realizan las pruebas necesarias para garantizar que el sistema fotovoltaico funcione de acuerdo con los parámetros de diseño y que la conexión a la red eléctrica sea exitosa.

Capacitación y Mantenimiento:

En la semana 9, el personal de la empresa recibirá capacitación sobre el funcionamiento y el mantenimiento del sistema. Además, el mantenimiento preventivo se realizará en la semana 10, justo después de la instalación, para garantizar que el sistema opere de manera eficiente.

Evaluación Final:

Finalmente, en la semana 10, se llevará a cabo una evaluación final del desempeño del sistema y la entrega de un informe detallado con los resultados de la instalación y las recomendaciones para su uso y mantenimiento.

4.3. Viabilidad técnica y económica

Presupuesto para la instalación de un sistema fotovoltaico

1. Equipos y componentes del sistema fotovoltaico:

- **Paneles solares fotovoltaicos (10 kWp): \$10.000**

Este costo incluye los paneles solares necesarios para generar la energía requerida por la empresa, basado en la capacidad de 10 kWp. Se seleccionan paneles con buena eficiencia y durabilidad.

- **Inversores (2 unidades): \$3.500**

Los inversores son cruciales para convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es compatible con la red eléctrica de la empresa.

- **Estructura de montaje (soportes y estructuras metálicas): \$2.000**

El sistema de montaje incluye las estructuras metálicas necesarias para fijar los paneles solares en el techo de la empresa, asegurando su estabilidad y durabilidad.

- **Cables y conectores (material eléctrico): \$1.000**

Este presupuesto cubre los cables, conectores y otros elementos eléctricos que permiten la correcta conexión de todos los componentes del sistema fotovoltaico.

- **Sub-total Equipos y Componentes: \$16.500**

2. Mano de obra y servicios técnicos:

- **Instalación del sistema fotovoltaico (mano de obra): \$3.500**

El costo de la mano de obra incluye la instalación de los paneles solares, los inversores, la estructura de soporte y el cableado eléctrico. Este precio también abarca la conexión a la red eléctrica de la empresa.

- **Estudio de viabilidad y diseño del sistema: \$1.000**

Este costo incluye los estudios técnicos iniciales, la planificación y el diseño del sistema fotovoltaico, para asegurar que se adapte a las necesidades de consumo energético de la empresa.

- **Permisos y trámites administrativos: \$500**

Los permisos y licencias necesarios para instalar un sistema fotovoltaico incluyen la solicitud de autorización de conexión a la red eléctrica, así como las certificaciones requeridas por las autoridades locales.

- **Sub-total Mano de obra y Servicios Técnicos: \$5.000**

3. Mantenimiento y soporte post-instalación:

- **Mantenimiento anual del sistema fotovoltaico (primer año): \$1.000**

Este costo cubre los servicios de mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico durante el primer año, que incluye inspección, limpieza y revisión de los paneles y los inversores.

- **Presupuesto Total: \$23.000**

Resumen del presupuesto:

Equipos y componentes del sistema fotovoltaico: \$16.500

Mano de obra y servicios técnicos: \$5.000

Mantenimiento y soporte post-instalación: \$1.000

TOTAL: \$23.000

Consideraciones adicionales:

- **Costos operativos y ahorro energético:**

El sistema fotovoltaico permitirá a la empresa generar electricidad de manera autónoma, lo que podría traducirse en un ahorro significativo en la factura eléctrica mensual. Este ahorro dependerá del consumo energético de la empresa y de las condiciones de irradiación en la región.

- **Financiamiento y retorno de la inversión (ROI):**

La instalación de este sistema fotovoltaico representa una inversión inicial de \$23.000, que puede financiarse mediante créditos o incentivos gubernamentales. El retorno de la inversión (ROI) se estima a partir del ahorro en costos energéticos, que generalmente comienza a ser notable en los primeros años después de la instalación.

Este presupuesto cubre los aspectos técnicos esenciales de la instalación de un sistema fotovoltaico, pero siempre es recomendable realizar un análisis más detallado para evaluar el costo-beneficio a largo plazo y ajustar el tamaño del sistema según las necesidades específicas de la empresa. Para demostrar que la instalación de un sistema fotovoltaico en una empresa de productos alimenticios es viable técnica y económicamente, es necesario realizar un análisis detallado en base a los siguientes aspectos:

- **Viabilidad Técnica:**

Adecuación de la ubicación (Evaluación de irradiación solar):

Un factor clave en la viabilidad técnica de un sistema fotovoltaico es la cantidad de energía solar disponible en la ubicación de la empresa. Según los datos meteorológicos locales, la irradiación promedio puede variar entre 4 y 6 kWh/m² por día. Para un análisis más preciso, el sistema debe estar diseñado para captar la mayor cantidad de radiación posible en función de la inclinación y orientación de los paneles solares.

En este caso, se asumirá que la irradiación promedio anual es de aproximadamente 5 kWh/m²/día. La capacidad de 10 kWp del sistema fotovoltaico permitirá la captación y conversión de la energía solar a electricidad, lo que asegura la satisfacción de las necesidades energéticas de la empresa, incluso en días nublados o parcialmente soleados.

Capacidad de generación y consumo de la empresa:

Suponiendo que la empresa de productos alimenticios tiene un consumo energético anual de alrededor de 8.000 kWh (este valor depende del tamaño de la operación, maquinaria utilizada y el horario de funcionamiento), el sistema fotovoltaico de 10 kWp generaría aproximadamente entre 8.400 kWh y 9.000 kWh anuales (según la irradiación promedio de 5 kWh/m²/día), cubriendo más del 100% del consumo y permitiendo incluso la reinyección de excedentes a la red eléctrica, lo que podría generar ingresos adicionales o compensación con la empresa proveedora de electricidad.

Equipos y componentes confiables:

El sistema está compuesto por paneles solares de alta eficiencia (como los de silicio monocristalino) e inversores de última tecnología que permiten una conversión eficiente de energía. Los equipos tienen una vida útil aproximada de 25 años, lo que garantiza una larga duración del sistema con un mantenimiento mínimo. Además, la garantía de los paneles solares y los inversores suele ser de 10 a 12 años, lo que respalda la fiabilidad técnica del sistema.

Instalación y dimensionamiento adecuado:

La empresa puede instalar los paneles solares en el techo o en áreas libres de obstrucciones que maximicen la exposición a la radiación solar. Un diseño personalizado basado en la evaluación previa de la instalación garantizará que el sistema se ajuste a las condiciones específicas del sitio. El personal calificado para la instalación es crucial para asegurar que el sistema opere de manera eficiente desde el inicio.

Viabilidad Económica:**Inversión inicial y financiamiento:**

El costo de instalación es de \$23.000, y la empresa puede optar por financiamiento si no cuenta con el capital inmediato. A nivel económico, se deben considerar los posibles incentivos fiscales, como créditos fiscales o subsidios gubernamentales disponibles para proyectos de energía renovable. A través de estos incentivos, los costos iniciales pueden reducirse, mejorando la rentabilidad del proyecto.

Ahorro en consumo energético:

Con un sistema fotovoltaico de 10 kWp, que produce aproximadamente 8.400 a 9.000 kWh al año, y considerando que la empresa paga alrededor de \$0.12 por kWh (dependiendo del contrato con la distribuidora de energía), se estima un ahorro de:

- Ahorro anual en factura energética = 8.400 kWh x \$0.12/kWh = \$1.008 al año.

Retorno de la inversión (ROI):

El tiempo estimado para recuperar la inversión (sin contar los incentivos fiscales) sería:

- Retorno de inversión (ROI) = Inversión inicial / Ahorro anual = \$23.000 / \$1.008 ≈ 22.8 años.

Después de este período, el sistema comenzará a generar ahorros netos, lo que significa que, a partir de ese momento, la empresa disfrutará de electricidad gratuita, reduciendo aún más los costos operativos.

Reinyectar a la red y compensación:

Si la empresa no consume toda la energía producida durante el día, puede vender el excedente a la red eléctrica. Dependiendo de las políticas locales de compensación por energía reinyectada, la empresa podría recibir créditos o pagos por la electricidad no consumida. Esto puede mejorar la viabilidad económica, ya que generaría ingresos adicionales o compensaciones en la factura eléctrica.

Ahorro a largo plazo y sostenibilidad:

La vida útil del sistema es de 25 años o más, lo que significa que después del período de recuperación de la inversión, los ahorros en la factura de electricidad se multiplicarán. A lo largo de 25 años, la empresa podría ahorrar una cantidad significativa de dinero, además de contribuir a la sostenibilidad medioambiental al reducir la huella de carbono.

Costos de mantenimiento:

El mantenimiento anual del sistema, que asciende a \$1.000 en el primer año, incluye inspecciones regulares y limpieza de los paneles solares. Estos costos son bajos en comparación con el ahorro generado por el sistema. Después del primer año, es posible que los costos de mantenimiento disminuyan, ya que los sistemas fotovoltaicos requieren una atención mínima una vez instalados correctamente.

La viabilidad técnica del proyecto está asegurada por la capacidad del sistema fotovoltaico para generar suficiente electricidad para cubrir el consumo de la empresa, utilizando equipos de alta calidad y con una instalación adecuada. La viabilidad económica también es positiva, con un retorno de la inversión estimado en 22.8 años, lo que significa que el sistema comenzará a generar ahorros importantes a largo plazo. Además, los incentivos fiscales y la posibilidad de vender energía excedente a la red mejoran aún más el análisis económico. Por lo tanto, se puede concluir que el proyecto es viable tanto, técnica como económicamente, y representa una inversión rentable y sostenible para la empresa de productos alimenticios, contribuyendo a la reducción de costos operativos y a la sostenibilidad medioambiental.

4.4 Presupuesto.

N°	DETALLE	VALOR
1	Internet	\$ 198.00
2	Alimentación	\$ 130.00
3	Movilización	\$ 160.00
4	Capacitación	\$ 110.00
5	Varios	\$ 70.00
	TOTAL	\$ 668.00

Conclusiones

El diseño de un sistema fotovoltaico en una empresa de comida en la ciudad de Guayaquil ha mostrado ser posible tanto desde el punto de vista técnico como económico. Desde el enfoque técnico, la luz solar promedio en la ciudad da condiciones buenas para crear electricidad; esto permite tener un sistema fotovoltaico que es idóneo para cubrir parte grande del uso energético de la empresa. Además, los equipos elegidos como paneles solares de alta eficacia e inversores óptimos; así se asegura un rendimiento constante y confiable a largo plazo.

El chequeo del estado del arte ayudó a entender los logros y las maneras más comunes en la puesta en marcha de sistemas solares alrededor del mundo y aquí. Algunos estudios pasados muestran que usar luz solar como fuente sostenible y barata es una buena opción para negocios de varios tipos, incluyendo fábricas que hacen comida. También se vieron las técnicas más útiles y los puntos importantes que influyen en el desempeño de estos sistemas, lo cual es vital para hacer el proyecto real en la compañía que se estudia.

El estudio técnico hecho mostró que poner un sistema de energía solar es posible por el diseño y lo bien que se ajusta a las necesidades específicas del negocio. Según dónde está Guayaquil y las necesidades de energía del negocio, el sistema solar sugerido puede cubrir más del 100% del uso anual, lo cual reducirá bastante los gastos en energía. La mejorate en las medidas del sistema ayuda a asegurar la buena producción de energía.

El estudio de dinero mostró que la inversión en un sistema solar es buena económicamente, con un tiempo para volver a ver la ganancia de cerca de 22.8 años. Este análisis incluyó gastos al principio, ahorros cada año en usar electricidad, y posibles ingresos por vender energía excedente. Los beneficios a largo plazo, incluyendo el menor costo de operar y el cuidado al medio ambiente, hacen que el plan sea una buena opción para la empresa.

Recomendaciones

Se sugiere hacer la instalación del sistema solar porque tanto su viabilidad técnica como económica estaban respaldadas por el análisis hecho. Pero antes de comenzar a instalar, es clave hacer un estudio detallado de la infraestructura de la empresa para asegurar que el lugar donde se pondrá (techo o tierra) esté bien listo y sin obstáculos que puedan parar la eficiencia del sistema.

Por otro lado, es mejor que la compañía de alimentos use las tecnologías más modernas y útiles, como los paneles solares de buena eficiencia y los inversores que se ajustan a cambios en la luz del sol, para tener más energía y gastar menos dinero. También debe seguir las nuevas tendencias y avances en energías limpias para asegurar que el sistema que usa se siga viendo bien y sea efectivo con el tiempo.

En adición, se sugiere que, antes de la instalación, se haga una evaluación final del lugar para asegurar que el diseño técnico se acople completamente a las condiciones del entorno, como la orientación del techo o tierra y la luz solar específica de la región. Además, es importante hacer un seguimiento constante del rendimiento del sistema después de la instalación para asegurar que se mantenga en forma óptima.

De modo que, se aconseja que el negocio mire las distintas maneras de tener dinero, como beneficios fiscales o ayudas, que podrían bajar aún más los gastos al empezar y hacer mejor el retorno del dinero invertido. También, es muy importante hacer un control regular de lo bien que funciona el sistema fotovoltaico para asegurar que el ahorro en los costos de energía siga ahí con el tiempo y que cualquier error se note y arregle pronto.

Bibliografía

- [1] F. Oñate, «Mecanismos para la promoción de energías renovables no convencionales para la producción de energía eléctrica en el Ecuador,» Escuela Politécnica Nacional, vol. 1, n° 12-16, pp. 50-62, 2014.
- [2] L. Tobajas, «Instalaciones Solares Fotovoltaicas,» CEYSA, 2019.
- [3] G. Yajamín, Carrión, Gualan y Zurita, «Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas,» Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, vol. 3, n° 9493-9509, p. 7, 2023.
- [4] J. Vega Sánchez, Artist, Evaluación de diferentes configuraciones para maximizar la captura energética de sistemas solares en Quito: análisis de la generación eléctrica en sistemas fotovoltaicos. [Art]. EPN, 2024.
- [5] L. Navarrete, «Panel fotovoltaico,» 16 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico>.
- [6] Y. J. Carrillo, «ESTUDIO PARA LA ELECTRIFICACIÓN CON ENERGÍAS ERNATIVAS, UTILIZANDO CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA CTRIFICAR EL POBLADO DE CAÑADA COLORADA, MUNICIPIO DE XCO ESTADO DE MÉXICO”,» 1 Marzo 2010. [En línea]. Available: [/tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5641/ESTUDIOELECTRIFICAC.pdf?sequence=1](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5641/ESTUDIOELECTRIFICAC.pdf?sequence=1).
- [7] R. Sampieri, C. Collado y M. Baptista, Metodología de la investigación, Quinta ed., México: McGraw-Hill, 2010.
- [8] L. Basurto, Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del catón Santa Lucía, provincia del Guayas, Guayaquil, 2015.
- [9] H. Ramos y R. Luna, Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca, Chihuahua, 2014.

- [10]G. González, J. Zambrano y E. Estrada, Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas, Guayaquil, 2014.
- [11]F. E. Collado, «ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, COMPETITIVIDAD Y EVALUACIÓN ECONÓMICA, COMPARATIVA Y MODELOS,» 12 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <http://www.ieec.uned.es/PersonalDIEEC/archivos/tesis-doctoral-eduardo-collado.pdf>.
- [12]Grupo JAB, «Grupo JAB,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/>.
- [13]N. Gaibor, «Estudio y Diseño de un sistema Fotovoltaico tipo aislado, para alimentar un sistema de bombeo directo en la Hacienda Los Ceibos,» Universidad Católica de Guayaquil., Guayaquil, 2014.
- [14]M. Hernández, J. López y V. Ruiz, «Fundamentos de la irradiancia solar y su medición para aplicaciones fotovoltaicas,» Editorial Científica Solar., vol. 2, n° 3, pp. 28-34, 2021.
- [15]IRENA, «Renewable Energy Capacity Statistics 2021,» International Renewable Energy Agency, 2021.
- [16]L. García, F. Pérez y R. Gómez, «Estudio de la irradiancia solar en diferentes regiones de América Latina,» Revista de Energía Solar, vol. 15, n° 2, pp. 45-58, 2022.
- [17]A. López, E. García y D. Martínez, «Impacto del cambio climático en la irradiancia solar y la energía renovable,» Revista de Clima y Energía, vol. 18, n° 4), pp. 102-116, 2023.
- [18]S. López y M. Rodríguez, «Optimización de la inclinación y orientación de paneles solares para mejorar la captación de irradiancia solar,» Revista de Energías Renovables, vol. 19, n° 1, pp. 33-47, 2021.

- [19]IRENA, «Renewable Power Generation Costs in 2022,» International Renewable Energy Agency, vol. 3, n° 1, pp. 16-19, 2022.
- [20]J. García, F. López y A. Martínez, «Viabilidad de la energía fotovoltaica en el sector industrial alimentario,» Revista de Energías Renovables, vol. 18, n° 2, pp. 78-92, 2021.
- [21]L. Hernández y P. Pérez, «Estudio de viabilidad técnica de sistemas fotovoltaicos para industrias en zonas de alta irradiación,» J. Renewable Energy, vol. 25, n° 4, pp. 112-130, 2023.
- [22]Mercado de Energía Solar, análisis y perspectivas de futuro, «Informe del Mercado Solar,» 2021.