



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LA PARROQUIA HONORATO VÁSQUEZ EN LA
PROVINCIA DEL CAÑAR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

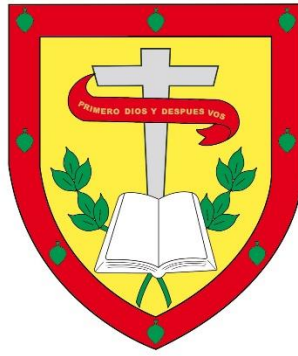
AUTOR: JUAN CARLOS VALDEZ BERMEJO

DIRECTOR: ING. OSCAR MAURICIO SIGUENCIA SIGUENZA

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LA PARROQUIA HONORATO VÁSQUEZ EN LA
PROVINCIA DEL CAÑAR

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: JUAN CARLOS VALDEZ BERMEJO

DIRECTOR: ING. OSCAR MAURICIO SIGUENCIA SIGUENZA

CUENCA – ECUADOR

2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Juan Carlos Valdez Bermejo portador de la cédula de ciudadanía N° 0302012463. Declaro ser el autor de la obra: “Análisis de factibilidad y Diseño de un Sistema Fotovoltaico para la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Honorato Vásquez en la Provincia del Cañar”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 20 de mayo de 2024



F:

Juan Carlos Valdez Bermejo

0302012463

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos Valdez Bermejo, bajo mi supervisión.



ing. Oscar Mauricio Siguenza Siguenza

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios por inspirarme y dar fuerza para poder cumplir mis objetivos y metas que en mi vida me he propuesto. A mis padrea José Valdez y Narcisa Bermejo por su cariño y apoyo incondicional por la cual he podido llegar a cumplir esta meta tan anhelada. A mis hermanos por darme ese apoyo durante esta etapa de mi vida, a mis primos Herman y Yolanda por ser un apoyo y brindarme palabras de aliento y a toda mi familia por sus consejos y apoyo. Mil gracias a todos mis familiares, amigos, por esas palabras de aliento que han sido un apoyo fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, vida y sabiduría para poder guiarme en el camino de bien y ser un apoyo fundamenta a mi familia, un agradecimiento muy especial a mis padres José Valdez y Narcisa bermejo por la confianza y apoyo brindado durante esta epata de mi vida para poder lograr mis objetivos. A mis hermanos Geovanny, Marco, Cristian por siempre ser un apoyo fundamental en mi vida. También agradezco de manera especial a mis primos Hernán y Yolanda por siempre brindarme ese buenos consejos, cariño y buena voluntad que siempre han tenido hacia mi persona. De manera muy general agradezco a mis tíos, primos, amigos por siempre apoyarme.

RESUMEN

En la actualidad la mayor parte de personas optan por otros fuentes de energía más barata, eficiente y limpia y que sea amigable con el ambiente. Lo cual nos da varias fuentes de energía una de la cuales es la energía solar se ha posicionado al frente como la solución. En este plan de negocio tiene como finalidad llevar a cabo un estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaico.

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar un estudio y diseño de un sistema fotovoltaico que sea capaz de suministrar la adecuada energía para la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Honorato Vázquez de la Provincia del Cañar este proyecto se realizará un análisis de la carga de los elementos y cargas a cubrir para lo cual se tomará en cuenta todo los aspectos legales y técnicos que se regirá desacuerdo a la normativa sobre sistema fotovoltaico.

También se tomará en cuenta diferentes aspectos que se adecuen a la satisfacción de la necesidad energética mediante una implementación adecuada y económica para satisfacer las necesidades energéticas para la inversión de este proyecto.

También se consideran los aspectos civiles y eléctricos para tener un mejor acondicionamiento y soporte de cada uno de los elementos que se encuentren en la instalación.

Los resultados y cálculos obtenidos se validarán mediante simulaciones en un software especializado y finalmente se llegará a realizar un análisis de factibilidad técnico- económico para determinar la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, diseño, demanda, análisis, factibilidad

ABSTRACT

Nowadays, most people are opting for other energy sources that are cheaper, more efficient, cleaner, and more friendly to the environment. This gives several energy sources; one of them is solar energy, which has been ranked at the top of the list as the solution. This business plan aims to carry out a feasibility study for implementing photovoltaic systems.

This project aims to develop a study and design of a photovoltaic system capable of supplying adequate energy to the wastewater treatment plant in the parish of Honorato Vázquez in the Province of Cañar. The project will analyze the load of the elements and the necessary power to be covered, considering all legal and technical aspects following the regulations regarding photovoltaic systems.

Several aspects will also be considered to meet the energy needs through a suitable and cost-effective implementation to fulfill the energy requirements for this project investment.

Civil and electrical aspects are also considered to ensure better conditioning and support for each installation element.

The results and calculations will be validated through simulations in specialized software, followed by a technical-economic feasibility analysis to determine the project's viability.

Keywords: photovoltaic system, design, demand, analysis, feasibility

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 Objetivo general.....	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 ALCANCE	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	1
CAPITULO 2.....	3
2. INTRODUCCION Y ESTUDIO DEL ARTE.....	3
2.1 INTRODUCCIÓN.....	3
2.2 PROBLEMÁTICA	3
2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	4
2.4 ENERGÍA RENOVABLE	4
2.5 ENERGÍA SOLAR.....	4
2.6 APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR.....	6
2.7 RECURSOS SOLARES DISPONIBLES EN EL PAÍS	6
2.8 ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
2.9 PRINCIPALES TIPOS DE ENERGÍA SOLAR.....	7
2.10 MOVIMIENTO DEL SOL	8
2.11 RADIACIÓN SOLAR.....	8
2.12 PARÁMETROS DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	9
2.12.1 Efecto Fotoeléctrico	9
2.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	10

2.13.1	Sistemas Aislados	10
2.13.2	Sistemas Conectados a la Red.....	11
2.14	COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	11
2.14.1	Paneles Solares	11
2.14.2	Tipos de paneles solares.....	12
2.15	REGULADOR DE CARGA	12
2.16	BATERÍAS	13
2.17	INVERSOR.....	13
2.18	ESTRUCTURA.....	14
2.19	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA ACTUALIDAD	14
2.20	CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	14
2.21	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	15
2.22	NORMATIVA VIGENTE REGULADORA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	16
CAPITULO 3.....		17
3.	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE HONORATO VÁZQUEZ.....	17
3.1	ANTECEDENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	17
3.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	17
3.3	PLANOS ARQUITECTÓNICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ...	18
3.4	DISEÑO ELÉCTRICO DEL CUARTO DE CONTROL.	18
3.5	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN.	19
3.6	CIRCUITO DE FUERZA.....	19
3.7	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.	20
3.8	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	21
3.9	ENERGÍA TOTAL DE CONSUMO EN EL CIRCUITO.	23
3.10	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO TRIFÁSICO DE 50 kW.....	25
3.10.1	Análisis de la radiación solar	25
3.10.2	Base de datos de PVGIS-NSRDB	25
3.10.3	Base de datos de PV sol	26
3.10.4	Angulo de inclinación del panel	26
3.11	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA. `	27
3.11.1	Calculo del número de paneles fotovoltaicos.....	28
3.11.2	Perdidas y factores de corrección.....	29
3.11.3	Configuración de los paneles fotovoltaicos.	30
3.11.4	Configuración del inversor	32
3.11.5	Dimensionamiento de las baterías.....	33
3.11.6	Dimensionamiento de los conductores de cobre de los paneles, batería y tablero de control.....	37
3.12	SIMULACIÓN EN SOFTWARE.....	39
3.13	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	46
3.13.1	Tipo de panel solar dimensiones y peso.....	46
3.13.2	Estimación de la Superficie para la instalación de los módulos del Sistema ...	48
3.13.3	Estimación de la Superficie para la instalación de los módulos en serie	49
3.13.4	Diagrama de la estructura.....	49
3.13.5	Ductos y pozos de revisión	50

CAPITULO 4.....	52
4. ANÁLISIS DE COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE HONORATO VÁZQUEZ.	52
4.1 ANÁLISIS DEL COSTO DE LOS IMPLEMENTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	52
4.2 ANÁLISIS DEL COSTO INICIAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	53
4.3 ANÁLISIS DE COSTO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	54
4.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	55
4.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMÍA DEL SISTEMA.	56
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.	63
ANEXOS.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Energía Solar Fotovoltaica	pág.6
Figura 2. Mapa Solar del Ecuador	pág. 7
Figura 3. Movimiento del sol	pág.8
Figura 4. Efecto Fotoeléctricopág.10
Figura 5. Sistema Fotovoltaico Aisladopág.11
Figura 6. Sistema Fotovoltaico conectado a la red.pág.11
Figura 7. Localización de la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vázquez para el análisis y diseño del sistema fotovoltaico mediante Google Earth.....	pág.17
Figura 8. Localización de la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vázquez para el análisis y diseño del sistema	pág.18
Figura 9. Diseño lumínico	pág.19
Figura 10. Diseño de fuerza	pág.20
Figura 11. Luminaria de Emergencia	pág.21
Figura 12. Iluminación Exterior	pág.22
Figura 13. Diagrama unifilar.	pág.23
Figura 14. Base de tatos de PV sol	pág.26
Figura 15. Angulo de inclinación del panel	pág.27
Figura 16. Panel solar. Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt	pág.28
Figura 17. Inversor Solar Híbrido Trifásico Modelo: 30K-3P-208V	pág.32
Figura 18. Características técnicas del inversor.....	pág.33
Figura 19. Conexión de 2 inversores de 30K.....	pág.33
Figura 20. Scifp48100 lithium-ion battery system de 48v a 100Ah. 48V.....	pág.34
Figura 21. Banco de 82 baterías de 48V- 100 Ah	pág.36
Figura 22. Software PVsyst.....	pág.39
Figura 23. Software PVsyst. Pantalla de inicio	pág.39
Figura 24. Software PVsyst. diseño y simulación del proyecto.....	pág.40
Figura 25. Software PVsyst. Coordenadas geográficas.....	pág.40

Figura 26. Software PVsyst. Meteo Mensual	pág.41
Figura 27. Software PVsyst. Orientación de los módulos	pág.41
Figura 28. Software PVsyst. Selección de Módulos e Inversores	pág.42
Figura 29. Software PVsyst. Diagrama de Paneles solares	pág.42
Figura 30. Software PVsyst. Selección de baterías	pág.43
Figura 31. Software PVsyst. Ubicación de los módulos	pág.43
Figura 32. Software PVsyst. Factor de sombreado	pág.44
Figura 33. Software PVsyst. Parámetros de simulación	pág.44
Figura 34. Software PVsyst. Resultados finales.....	pág.45
Figura 35. Estructura para el sistema fotovoltaico	pág.45
Figura 36. Panel solar. Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt	pág.46
Figura 37. Distancia y altura de los paneles.....	pág.46
Figura 38. Área de construcción 280 m ²	pág.47
Figura 39. Dimensión de la estructura de los módulos.....	pág.48
Figura 40. Vista lateral de la estructura.....	pág.49
Figura 41. Vista Frontal de la estructura.....	pág.49
Figura 42. Vista trasera de la estructura.....	pág.50
Figura 43. Pozo de comunicación y revisión 60x60x70.....	pág.50
Figura 44. Ahorro porcentual de 25 años con SFVR.....	pág.51
Figura 45 Ahorro porcentual de 30 años con SFVR sin banco de baterías.....	pág.51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Potencia consumida tablero 1.....	pág.24
Tabla 2. Potencia consumida tablero 2.....	pág.24
Tabla 3. HSP Horas solar pico Base de Datos: PVGIS-NSRDB.....	pág.25
Tabla 4. Características técnicas del panel solar.....	pág.28
Tabla 5. HSP Horas solar pico Base de Datos: PVGIS-NSRDB.....	pág.34
Tabla 6. Características técnicas del inversor	pág.38
Tabla 7. Cables THW y THHN/THWN 90°C,.....	pág.38
Tabla 8. Cables TTU.....	pág.52
Tabla 9. Componentes y materiales	pág.54
Tabla 10. Costo inicial del sistema fotovoltaico.....	pág.54
Tabla 11. Mantenimiento del sistema fotovoltaico.....	pág.55
Tabla 12. Características técnicas	pág.56
Tabla 13. Costo de instalación del sistema fotovoltaico	pág.57
Tabla 14. Valor mensual facturado en tarifa del año 2023-2024.....	pág.57
Tabla 15. Valor mensual del sistema fotovoltaico.....	pág.58
Tabla 16. Ahorro porcentual mensual sin SFVR vs con SFVR.....	pág.59
Tabla 17. Ahorro porcentual de 25 años con SFVR.....	pág.59
Tabla 18. Ahorro porcentual de 25 años con SFVR.....	pág.60

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Datasheet Panel solar. Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt.....	pág.64
ANEXO 2. Datasheet Inversor Solar Híbrido Trifásico Modelo: 30K-3P-208V	pág.66
ANEXO 3. Datasheet Scifp48100 lithium-ion battery system de 48v a 100Ah. 48V.....	pág.68
ANEXO 4. Software PVsyst Informe	pág.70
ANEXO 5. Diagrama de ducteria y pozos del sistema fotovoltaico	pág.78

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Estudiar la factibilidad económica y técnica de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Honorato Vásquez.

1.1.2 Objetivos específicos

- Describir los fundamentos teóricos de la tecnología solar fotovoltaica
- Establecer el recurso solar local
- Diseñar el sistema solar Fotovoltaico
- Comprobar la factibilidad técnica para la instalación del sistema Fotovoltaico
- Realizar un análisis de factibilidad económica del sistema.

1.2 Alcance.

En la actualidad la disponibilidad de la energía eléctrica nos permite realizar nuestras actividades diarias con el confort adecuado, así también, conocemos que existen muchos sectores abandonados que no poseen el servicio de energía eléctrica, para poder solventar esta necesidad se requiere de personal calificado que pueda diseñar sistemas de generación y sistemas de distribución de energía y en muchos de los casos no se tienen acceso a estos estudios o fuentes de energía convencional, por lo que, el análisis de nuevas fuentes de energía es una necesidad como por ejemplo la generación de energía mediante la utilización de los sistemas fotovoltaicos o a través de la energía eólica.

Por lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo de titulación se analizará de manera técnica el diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica para la planta de tratamiento de aguas residuales de Honorato Vásquez, la misma que se encuentra ubicada en el barrio Amañan de la parroquia Honorato Vásquez del Cantón Cañar.

1.3 Justificación.

La energía eléctrica es un servicio básico para todas las personas, sin embargo, existen algunos sectores que carecen de este servicio básico, por esta razón la falta de suministro eléctrico es una problemática que se vive principalmente en las regiones alejadas y de difícil

acceso en nuestro país, uno de los grandes retos para las diferentes empresas eléctricas es el acceso hacia estas zonas por su geografía que no permite tener un fácil acceso con los diferentes elementos de una red de energía eléctrica para su implementación, lo cual hace que se requieran de métodos más complejos y por lo tanto se requiere de mayor inversión.

Por este motivo se ha tomado la decisión de realizar el estudio y diseño de un sistema fotovoltaico para la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la parroquia Honorato Vásquez, el mismo que permitirá abastecer la demanda de energía eléctrica de todos los equipos.

CAPITULO 2

2. INTRODUCCION Y ESTUDIO DEL ARTE

2.1 Introducción

Hoy en día la energía eléctrica es reverenciada un elemento indispensable e importante para satisfacer las necesidades de los seres vivos, debido a que, mediante la misma se puede gozar de los servicios básicos (Plutzer, 2021).

La producción de energía eléctrica, es un desarrollo muy caro, sobre todo es un asunto que extingue cada vez más la demanda de recursos naturales disponibles, en la actualidad las predisposiciones de las empresas proveedores de energía averiguan opciones para poder incorporar de mejor manera los recursos de las energías renovables y así no depender de los demás recursos que están en peligro de agotarse (Plutzer, 2021) (Jimbo, 2018).

En todo el mundo, se pronosticó que, el aumento de la energía solar dentro de las naciones de primer mundo sería cada vez más acelerado lo cual provocara que en los próximos años la energía producida por los combustibles fósiles desaparezca. En diversas naciones, el precio de generación y uso de la energía fotovoltaica disminuyó e incluso llegó a ser más económica que el costo del carbón y el gas. La energía fotovoltaica mundial manifestó la mayor disminución de precio en los años 2010 - 2019 con un 82%, la energía solar de concentración con un 47%, seguida de la energía eólica terrestre con un 40% y al último la eólica marina con un 29% (Plutzer, 2021) (Jimbo, 2018).

A nivel nacional, se ha venido ejecutando varias tecnologías con el objetivo de la utilización de energías renovables no convencionales, obteniendo una significativa fuente de energía en generación y transmisión, lo que nos permite la distribución de energía a varios lugares distantes de la red eléctrica pública; una de las alternativas de energías renovables es el uso de la energía fotovoltaica alcanzando así resolver distintos problemas que se presentan debido a la falta de las redes de distribución.

Este es uno de los puntos por lo cual propusimos plantear un sistema fotovoltaico que abastezca de energía eléctrica la planta de tratamiento residuales de la Parroquia Honorato Vásquez, el sistema se diseñara para ser acoplado a la red eléctrica, disminuir un porcentaje de los precios de facturación, la energía sobrante del sistema se regresara a la red eléctrica (Plutzer, 2021) (Jimbo, 2018).

2.2 Problemática

2.2.1 Formulación del Problema

La cobertura del servicio de energía eléctrica requiere de una alta inversión, principalmente en los sitios alejados y en donde la necesidad de la demanda no es elevada, por lo que, en

ocasiones luego de un análisis no se realiza esta inversión y se buscan sitios en donde la demanda sea representativa para brindar el servicio de energía eléctrica a una población mayor.

En el sitio de análisis no se tiene planificado redes de energía eléctrica y la necesidad de tener en funcionamiento la planta de aguas residuales es una necesidad, por lo que, se plantea realizar esta investigación para solventar esta necesidad.

2.2.2 Delimitación del problema

¿Cómo realizar un estudio y diseño de un sistema fotovoltaico que pueda satisfacer la demanda de energía de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la parroquia Honorato Vásquez?

2.2.3 Definición de la zona de estudio

Geográficos: Casco rural de la ciudad de Cañar.

Administrativos: El estudio y obtención de datos para este proyecto se lo realizara en la provincia del Cañar, cantón Cañar, parroquia Honorato Vásquez.

2.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

En su aspecto más simple una planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación que está encargada de quitar toda la contaminación del agua residual. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo mediante el movimiento de poderosos motor los cuales destrozan los materiales más grandes así pasando de pozo en pozo llevando diferentes procesos químicos y otros micro-organismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. El objetivo primordial de este tipo de plantas es reducir la contaminación para poder producir agua limpia y así poder descargar hacia las diferentes quebradas o ríos (Plutzer, 2021)(Jimbo, 2018).

2.4 Energía Renovable

Actualmente debido a las diferentes circunstancias tanto políticas como sociales referentes a la situación actual del cambio climático, se ha evidenciado una nueva predisposición en la utilización de los recursos renovables, es así que se ha promovido las tecnologías amigables con el medio ambiente, entre la cuales se incluye a los sistemas fotovoltaicos como un medio para la generación de energía eléctrica usada para el dispendio particular y colectivo de domicilios y pequeñas y grandes empresas (Borbor Merchan, 2021).

2.5 Energía Solar

Se define como fuente de energía de aspecto renovable, con la cual pueden ser rentables para diferentes rutinas, de acuerdo a estudios realizados la producción de energía mediante

el sol por hora es adecuado para sustentar las exigencias de energía en forma de calor y luz para la población de nuestro planeta tierra durante un año, esto equivale a unos 120.00 TW de difusión solar, este dato es 20000 veces más alto a la potencia que necesita nuestro planeta. Las personas han hecho uso de este tipo de energía desde mucho antes de diferentes maneras, desde su energía calorífica y solar para realizar el secado de los alimentos como para el confort térmico (Grijalva & Vélez, 2020).

En la actualidad se puede considerar las siguientes formas para la utilización de la energía solar:

- **Uso directo:** conocida también como energía térmica pasiva y se caracteriza por que su aplicación se hace mediante acristalamientos y otros aparatos arquitectónicos que disponen de un nivel másico elevado y una eminente capacidad de permeabilidad de energía térmica (Borbor Merchan, 2021)(Grijalva & Vélez, 2020).
- **Transformación en calor:** se define como un calentamiento inactivo o pasivo y es el momento en que el sol irradia cuerpos sin ningún tipo de ayuda adicional; por ejemplo, el sol tiene la capacidad de calentar viviendas mediante el techo, paredes y ventanas. En lugares en donde es demasiado frío se suele pintar de color negro u oscuro las paredes, debido a que estos permiten que las superficies se la adecuada para impregnar la luz y provocar energía térmica, además en estos países es muy común utilizar un elemento conocido como colector solar, el cual tiene la capacidad para captar la energía del sol (Borbor Merchan, 2021)(Grijalva & Vélez, 2020).
- **Transformación en electricidad:** se realiza mediante el uso de módulos fotovoltaicos, mediante el cual se transforma la energía solar en energía eléctrica, la que puede ser usada inmediatamente o también puede ser almacenada en algún dispositivo, que ayuda a que esta energía pueda ser usada posteriormente durante la noche o a su vez pueda ser usada por la red eléctrica convencional (Borbor Merchan, 2021)(Grijalva & Vélez, 2020).

En la Figura 1 se muestra el efecto fotovoltaico.

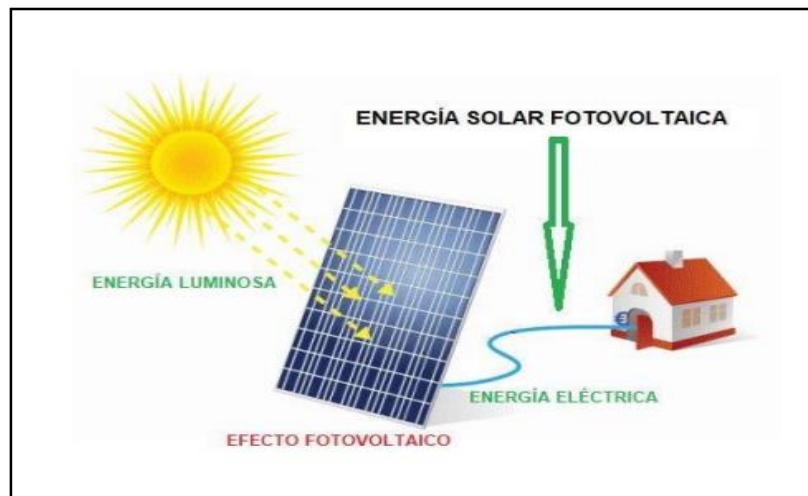


Figura 1. Efecto fotovoltaico
Fuente: (Borbor Merchan, 2021)

2.6 Aprovechamiento de energía Solar

Es importante dar a conocer que el sol es el primordial causante de suministrar energía para nuestro planeta, cuya energía se caracteriza por producir fotones los cuales circulan en forma directa en el espacio de difusión electromagnética con diferentes frecuencias. La utilización en la energía solar se puede manifestar ya sea como calefacción en edificios, calentamiento de agua y proyectos de producción de energía termo solar y fotovoltaica (Castillo & Benítez, 2015).

2.7 Recursos solares disponibles en el país

Nuestro país se encuentra en una ubicación geográfica en donde el beneficio de energía solar es factible, se tiene una radiación diaria aproximada de $4.575 \frac{W}{m^2}$ y una radiación durante todo el año de aproximadamente $1.650 \frac{W}{m^2}$. A partir de estos datos se puede manifestar que nuestro país es el lugar indicado para realizar un aprovechamiento energético solar en todo el día. En nuestro país existen lugares en donde la radiación solar es muy alta, estas provincias son Santo Domingo, Manabí, Imbabura, Pichincha, Santa Elena, Loja, y Galápagos como se indica en la Figura 2 (Castillo & Benítez, 2015)(Mecánica, por, & Diego Cruz Freire Darwin Vinicio Chimbo Chimbo, 2015).

La utilización de energías renovables ayudara a la disminución de uso de combustibles fósiles, lo cual nos permite disponer de una energía más limpia. El lugar óptimo para realizar proyectos de energías renovables ayuda a tener una mejor calidad y permitir que zonas que están alejadas de la zona urbana puedan disponer de un servicio eléctrico y así poder mejorar el sistema eléctrico Nacional (Castillo & Benítez, 2015)(Mecánica et al., 2015).

De acuerdo a información recopilada de la institución NREL de los EEUU, cuyos datos ayudaron a realizar el mapa solar de nuestro país, la información fue recopilada usando superficies recolectoras móviles las cuales se encargan de seguir la trayectoria del sol (Castillo & Benítez, 2015)(Mecánica et al., 2015).

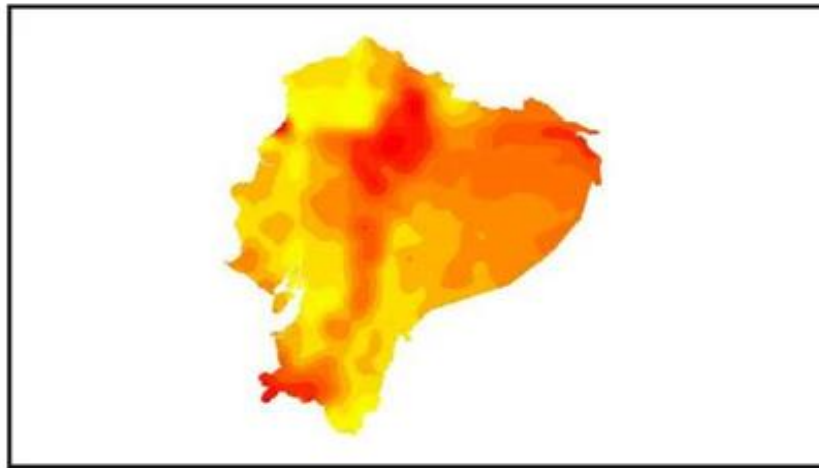


Figura 2. Mapa Solar del Ecuador.
Fuente: (Mecánica et al., 2015)

2.8 Aspectos generales de la Energía solar Fotovoltaica

El sol es conocido como una fuente muy poderosa de energía solar que posee una masa de 330.000 veces más grande que la de nuestro planeta, tiene un espesor de 1.3927 millones de km. La energía solar que penetra en el planeta tierra lo realiza de manera arbitraria, debido a que se presenta elementos electivos en la atmosfera, lo que ocasiona que disminuya la radiación hacia la superficie (Cabralés, De la Cruz, Otero, & Andres, 2022).

El frecuente solar entre nuestro planeta y el sol es de $1.353 \frac{W}{m^2}$, la cual contiene por unidad la proporción de energía por unidad de área entre unidades de tiempo (t) de forma normal a la radiación solar. La cuantía de radiación aprovechada por nuestro planeta es de $900 \frac{W}{m^2}$, debido a que, en el espacio es reflejada en algo por los rayos que provienen desde nuestra estrella el sol y es impregnada por elementos hacia nuestra atmosfera (Cabralés et al., 2022).

2.9 Principales tipos de energía solar

Energía solar pasiva: hace referencia al tipo de energía procedente desde el sol, para ello se utiliza ventanas dirigidas hacia el sur para producir iluminación natural y calor a una vivienda, es un claro ejemplo de energía solar pasiva (Domingo, Domingo, & Domingo, 2023).

Energía solar activa: se realiza mediante el uso de módulos mecánicos con la que recaudan y reparten energía eléctrica para las viviendas (Domingo et al., 2023).

3 son los tipos de radiación que son usados por un panel solar, las mismas que son directa, difusa y albedo (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023).

- **Radiación directa:** se define como la energía proveniente del sol e incidente sobre un área con un ángulo determinado y preciso sin cambiar de orientación (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023).
- **Radiación difusa:** se define como una radiación directa, se trata de la energía mitigada por el ambiente debido a la reflexión de las nubes, alcanza la extensión de la tierra en diversas trayectorias (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023).
- **Albedo:** Se trata como la energía de la radiación directa y difusa contemplada luego de irradiar en la superficie (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023).

2.12 Parámetros radiación solar

Comprendiendo la capacidad energética de la radiación solar, es importante conocer los dos parámetros existentes y los mismos que son:

- **Irradiancia:** se manifiesta como la concentración de potencia de radiación solar ocurrida en un área y se expresa en W/m^2 (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023).
- **Irradiación:** se conoce como la concentración de energía de radiación solar ocurrida en un área y su nomenclatura es Wh/m^2 (Electricista, 2022)(Bolaños Jiménez & Gómez Ramírez, 2023)

2.12.1 Efecto Fotoeléctrico

En la Figura 4, se puede ver que la luz puede ser manejada de tal forma que se ha preparado para trasladar electrones, a través de la emancipación de electrones mediante un sólido, a este proceso se le conoce con el nombre de efecto fotoeléctrico, se menciona que un material que tiene la capacidad de exteriorizar este fenómeno es foto emisivo y a su vez los electrones destituidos se denominan fotoelectrones (Prat Viñas, 2010)

El científico Henrich Hertz investigó el efecto fotoeléctrico en los años 1887, este científico realizó investigaciones del fenómeno de creación de chispas, el mismo que incrementaba la sensibilidad a través de la iluminación con luz ultravioleta. Después J.J Thomson determinó que el aumento de sensibilidad se daba por la creación de la luz sobre los electrones (Prat Viñas, 2010).

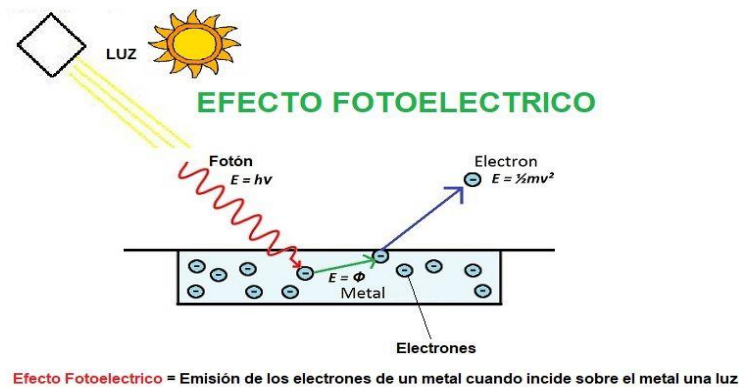


Figura 4. Efecto Fotoeléctrico.

Fuente: (Prat Viñas, 2010).

2.13 Sistemas Fotovoltaicos

Es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos elaborados e integrados a un sistema preparado para atraer la energía del sol y convertirla en energía eléctrica usada para cualquier aplicación. La transformación de energía se realiza mediante un módulo fotovoltaico del mismo que se puede conseguir corriente continua de 12, 24 o 48 V, esto depende del tipo de configuración del módulo, la energía obtenida se acumula en baterías para que sea usada cuando sea necesario, estos elementos deben ser controlados por un regulador de carga, el mismo que es el responsable de la buena actividad del sistema, al final del sistema se puede implementar un inversor que transforme de CC a CA de 110V - 220V, por lo general estos sistemas son utilizados para alimentar elementos de bajo consumo. De acuerdo al diseño y a la aplicación los sistemas fotovoltaicos pueden ser sistemas aislados y sistemas conectados a la red eléctrica (Kutlu, 2023)(Cabrera W & Villa I, 2022).

2.13.1 Sistemas Aislados

Por lo general este tipo de sistemas son utilizados para viviendas aisladas, en las que no se dispone de una red eléctrica de distribución pública, este tipo de sistemas son usados en zonas rurales, en la cual la escasez energética es eminente, para iluminar espacios aislados, de acuerdo a la configuración que tengan, pueden o no poseer un sistema de banco de baterías esto dependerá de la utilización del sistema fotovoltaico (Kutlu, 2023)(Cabrera W & Villa I, 2022).



Figura 5. Sistema Fotovoltaico Aislado.

Fuente: (Cabrera W & Villa I, 2022).

2.13.2 Sistemas Conectados a la Red.

Por lo general estos sistemas son empleados en zonas donde existe la red pública de distribución eléctrica, este sistema se caracteriza por estar conectado directamente a la red eléctrica, por este motivo se debe adecuar el voltaje y la corriente a los valores de la red eléctrica general, otra de las características es que, este no necesita de un sistema de acaparamiento, tiene la peculiaridad de trabajar en compensación con la red eléctrica, esto significa que cuando el sistema está en funcionamiento el beneficiario puede dilapidar la energía y el restante se traslada a la red; en caso que el potencial eléctrico sea bajo, la red eléctrica se encarga de suministrar la energía como se indica en la Figura 6 (Kutlu, 2023)(Cabrera W & Villa I, 2022).

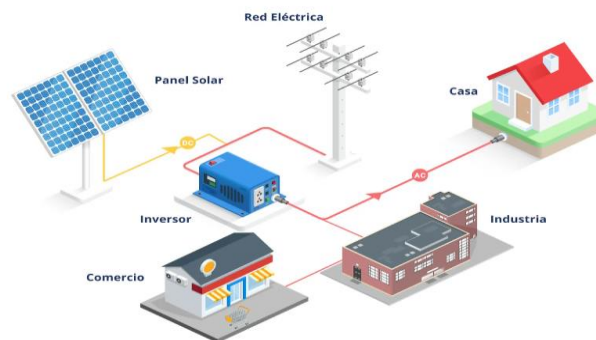


Figura 6. Sistema Fotovoltaico conectado a la red.

Fuente: (Cabrera W & Villa I, 2022).

2.14 Componentes de un sistema Fotovoltaico

2.14.1 Paneles Solares

Se define como el elemento principal del sistema, está conformado por placas rectangulares, las mismas que encuentran conformadas por un grupo de celdas fotovoltaicas acopladas unas tras otras con el objetivo de convertir la energía procedente del sol en corriente eléctrica continua, debido a la frialdad están cubiertos de aluminio y de vidrio, el voltaje nominal que provee puede ser de 12V o 24V (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023)

Como característica principal los paneles solares deben ser colocados hacia el sur, si la conexión está ubicada en el hemisferio norte y hacia el hemisferio norte si la conexión está ubicada al sur. En lo que se refiere al ángulo de inclinación los paneles con afinidad a la horizontal en la mayoría de los casos concuerda con la latitud de la zona en la que se va a realizar la conexión, por lo general se recomienda usar un ángulo de 15 grados con el objetivo de atraer la radiación en tiempos de invierno (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.14.2 Tipos de paneles solares

De acuerdo a información recopilada existen 3 tipos de módulos solares se encuentran servibles para su utilización en los sistemas fotovoltaicos, los mismo que son policristalino, monocristalinos y de película fina amorfa, cada módulo tiene sus diferentes características (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

- **Paneles solares monocristalinos:** estos se caracterizan por poseer un diseño uniforme en todo el módulo, su fabricación puede ser de diferentes componentes como puede ser de silicio, seleniuro de cobre, arseniuro de galio, telurio de cadmio, germanio, amorfo, indio, galio y polímeros orgánicos, poseen una eficiencia muy alta y tienen un buen rendimiento en condiciones de poca luz; estos paneles son muy costosos (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

Paneles solares policristalinos: poseen un tono azul moteado, este color va variando en distintas áreas del panel, el material que se utiliza para el diseño de este panel es el silicio, el mismo que no es homogéneo en todo el panel, lo que causa que sean diferentes los diseños en diferentes zonas del panel; siendo menos eficiente que los paneles de tipo monocristalinos, además son pocos eficientes a su temperatura debido a alto coeficiente de temperatura. Debido a la validez de conversión de energía disminuida, se necesita de un gran número de módulos para la producción de la energía aproximada (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

Paneles solares amorfos de película delgada: Se caracterizan por ser menos eficientes que los 2 anteriores y poseen una vida útil más corta, el costo de estos son bajos, a causa de la forma en la que la fabrican, suelen ser flexibles, estos tipos de paneles no son recomendables para sistemas fotovoltaicos usados en residencias, por lo general son más utilizados en empresas de servicios públicos (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.15 Regulador de Carga

Este elemento se encarga de evitar que la batería acumule más energía de la que es idónea, tiene como objetivo principal impedir la sobrecarga por abundancia de energía acumulada y la descarga excesiva a causa de un aumento en el consumo eléctrico; el

funcionamiento es tal que se encarga de cortar la carga del generador fotovoltaico al momento en que la batería está completamente cargada y al momento que revela un declive de voltaje aísla los consumos y admite el paso de corriente para que la batería se vuelva a cargar, por general este elemento trabaja a voltajes de 12, 24. Y 48 V de corriente continua (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.16 Baterías

Se define como el elemento que recolecta energía que los paneles solares recaudan durante todo el día y proveen de energía por la noche o durante el tiempo en el cual exista poca radiación solar, estos pueden estar acoplados en serie o paralelo dependiendo del diseño; por lo general las baterías más utilizadas son las de níquel-cadmio y las de plomo-acido, pero sin lugar a duda las que más se utilizan son las de plomo-acido (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

Los parámetros técnicos que son utilizados al momento de seleccionar una batería son la capacidad y la profundidad de descarga.

- **Capacidad:** Se mide en amperes-hora y es la encargada de dar a conocer la cantidad de corriente utilizable en un determinado tiempo (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- **Profundidad de descarga:** Se encarga de dar a conocer la cuantía de energía que se puede utilizar de una batería (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.17 Inversor

Se define como un circuito electrónico conformado por transistores cuya función es alterar la corriente continua para generar una onda cuadrada, luego pasa por un transformador el mismo que encarga de aumentar el voltaje y posteriormente circula por un filtro que ayuda obtener una onda sinusoidal idéntica a la de la red eléctrica (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

Este elemento tiene como objetivo principal transformar la corriente continua en corriente alterna con valores de tensión y frecuencia nominales y necesarios a los diferentes equipos a alimentar, por lo general transforman valores de 12 V, 24 V o 48 V corriente continua a 110 V o 220 V corriente alterna con una frecuencia determinada de 50 a 60 Hz; está estructurado por un oscilador, convertidos de CC/CA y la protección (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

Las diferentes características técnicas que se tomara en cuando al momento de seleccionar un inversor son:

- La forma de onda que puede ser sinusoidal pura, cuadrada o modificada (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- Voltaje nominal de ingreso (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- Voltaje de salida (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- Frecuencia (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- Rendimiento (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).
- Auto consumo (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.18 Estructura

Se caracteriza por incrustar los módulos fotovoltaicos, por lo general se encuentran ubicados sobre el techo de una vivienda, sobre la estructura de un edificio o por lo general están posicionados en el suelo a una determinada altura, estos deben ser rigurosos, ya que deben soportar los diferentes estados de temperatura del sitio, se debe ubicar a un determinado ángulo de orientación, de tal forma que el modulo se encuentre direccionado perfectamente hacia el sol sin ningún tipo de interferencia; por lo general estas estructuras son edificadas de material inoxidable, aleaciones de aluminio y suelen ser soportes de tipo fijo y ajustable (Máster et al., 2017)(Guardarrama, 2023).

2.19 Sistemas Fotovoltaicos en la actualidad

En nuestro país desde el año 2013 ya se dispone de una central de energía fotovoltaica, la misma que está ubicada en la provincia de Imbabura, esta central se caracteriza por disponer de una potencia instalada de 28MW, existe otra central de este tipo en la península insular de Galápagos, la cual posee una potencia inferior a la anterior, esta posee una potencia instalada de 20MW (Barreto, 2022).

De acuerdo a datos proporcionados por la empresa Global-data, la cual indica que en nuestro país existirá un crecimiento de la energía solar en un 15% en un plazo aproximado de 10 años, lo cual permitirá un incremento de la energía de 450MW para el año 2030 (Barreto, 2022).

Conociendo que la energía producida por el sol es una fuente infinita de energía renovable, la misma que se genera por medio de la radiación electromagnética del sol, la misma que se usa para la generación de energía eléctrica, se puede indicar que nuestro país es un gran referente para realizar proyectos de centrales de energías renovables en el presente y en el futuro (Barreto, 2022).

2.20 Consideraciones técnicas de los sistemas fotovoltaicos

Para la elaboración de un sistema fotovoltaico es muy importante tener en consideración los siguientes aspectos técnicos:

- Se debe considerar la cantidad de carga y en que se va a usar dicha carga para la respectiva clasificación de los elementos del sistema fotovoltaico (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Los consumos en espera de los elementos del SFV y la ganancia de cada uno de estos, debido a que la potencia que se detalla no lo ha hecho (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Si el sistema está advertido suministrar energía en Corriente continua y Corriente alterna, se debe realizar el respectivo diseño por separado (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Debe tener realizado la evaluación del consumo diario de energía en una plantilla, en donde se debe dar a conocer el calificativo y cantidad de componentes eléctricos, la potencia de cada uno de los elementos, también se debe tener en cuenta la cantidad de horas promedio diarias de uso y energía promedio diario en kWh (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Si la conexión no es de uso durante todo el año, se debe indicar el tiempo de esbozo del sistema (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Siempre se debe considerar una reserva, la misma según recomendaciones técnicas debe de ser del 10% (Sebastián & Yajamín, 2023).
- La radiación solar de emplazamiento, tiene que ser considerada de acuerdo a las especificaciones técnicas recomendadas o en su defecto según las medidas tomadas en el lugar (Sebastián & Yajamín, 2023).
- Se debe considerar el voltaje y la corriente con que se va a diseñar el sistema fotovoltaico, por lo general se trabaja con valores múltiples de 12, 24.36 y 48 VCC, por su parte la corriente máxima se determinara de acuerdo al regulador usado (Sebastián & Yajamín, 2023).
- El tipo de batería a utilizar está de acuerdo al tipo de sistema fotovoltaico que se vaya a diseñar (Sebastián & Yajamín, 2023).
- La mínima descarga del banco de acumuladores o baterías, está de acuerdo al tipo de baterías utilizadas (Sebastián & Yajamín, 2023).

2.21 Eficiencia energética en sistemas fotovoltaicos

La eficiencia energética se define como la relación de la energía aprovechada y la total utilizada en alguna actividad del ciclo energético, para lo cual se utiliza diferentes tecnologías que usen una cantidad de energía baja. Por este motivo los sistemas fotovoltaicos se han transformado en una elección factible para la producción de energía eléctrica (Barreto, 2022) (Sebastián & Yajamín, 2023).

Al momento de realizar un sistema fotovoltaico solar hay que considerar que si más eficiente sea un modulo, más energía se podrá adquirir para el consumo, la producción depende del tamaño y potencia de los paneles fotovoltaicos, a todo esto, se lo determina como él trabaja desarrolla la placa en condiciones normales de trabajo (Barreto, 2022)(Sebastián & Yajamín, 2023).

La eficiencia de energía se indica de acuerdo a la proporción de energía producida por el panel en función de la irradiación que adopta, en ambientes ópticos el produce una irradiación de $1000 W/m^2$ de potencial sobre el planeta tierra, con este dato base ya se puede realizar un cálculo de la potencia del módulo fotovoltaico a utilizar (Barreto, 2022)(Sebastián & Yajamín, 2023)

2.22 Normativa reguladora para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Según las regulaciones vigentes ARCERNNR 001-2021, las mismas que está en funcionamiento desde el año 2021, indica que cualquier individuo puede conectar en sus viviendas y empresas sus propios sistemas fotovoltaica para el uso en autoconsumo o conectado a la red. La parte legal del sistema se realizará mediante la institución encargada de la distribución de energía, en este caso sería con la empresa eléctrica, la misma que tiene la función de fiscalizar los parámetros técnicos para su aprobación (Ministerio de Desarrollo Humano y de Vivienda, 2011).

La presente normativa ayuda a que todos los diseños de sistema fotovoltaica sean más adecuados para los clientes, lo que ocasiona este tipo de proyectos es que la empresa eléctrica tiene que reemplazar los medidores convencionales por medidores bidireccionales, cuyos medidores tienen 2 funciones principales.

En la primera es sobre la conexión con la red eléctrica pública y la segunda suministrar a la red eléctrica pública el sobrante la energía sobrante en el transcurso del día de los módulos fotovoltaicos (Ministerio de Desarrollo Humano y de Vivienda, 2011).

La normativa menciona que el límite de conexión es de 1MW para el consumo corporativo y de 100 kW para el consumo residencial, además la normativa da a conocer que la rúbrica de convenio es para alrededor de unos 25 años renovables y finalmente indica que los clientes pueden conservar los sobrantes de la energía producida un lapso de 24 meses (Ministerio de Desarrollo Humano y de Vivienda, 2011).

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE HONORATO VÁSQUEZ.

3.1 Antecedentes de planta de tratamiento de aguas residuales

Se desarrollará el respectivo dimensionamiento y análisis de factibilidad del uso de la energía renovable solar, la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez. Cañar da un servicio a mas de 780 familias a las cuales ayuda a tener una mejor calidad de vida.

Mediante el programa PVsyst se realizará el cálculo y análisis de dimensionamiento para la implementación de un sistema fotovoltaico de la planta de tratamiento, lo cual nos permitirá la obtención de datos que serán necesarios para el desarrollo del análisis del sistema fotovoltaico en el lugar.

3.2 *Ubicación Geográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales*

Se realizará el diseño del sistema fotovoltaico, se analizara la ubicación del sitio mediante la implementación de las coordenadas geográficas obtenidas de Google Earth, las cuales nos darán coordenadas aproximadas de la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez.

Mediante el sistema de coordenadas geográficas se localizará el punto para el análisis del sistema fotovoltaico mediante la latitud especifica (norte y sur); longitud (este u oeste) que nos permite la ubicación de los ángulos laterales del planeta en relación con su centro y referenciadas en base a su eje de rotación, a partir de la aplicación "Google Earth" mediante esta se lograra obtener las coordenadas de ubicación para la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez.

Latitud: -2.544759

Longitud: -78923457



Figura 7. Localización de la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez para el análisis y diseño del sistema fotovoltaico mediante Google Earth.

Fuente: (Google Earth, 2024).

En la Figura 8 se indica el terreno en la cual se va a analizar y diseñar el sistema fotovoltaico.



Figura 8. Localización de la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez para el análisis y diseño del sistema fotovoltaico.

Fuente: El autor.

3.3 Planos Arquitectónico de la planta de tratamiento de aguas residuales

Para empezar el análisis del sistema fotovoltaico se debe realizar una inspección al lugar donde se llevará a cabo el estudio y un análisis del sistema mediante el levantamiento de la información de los equipos y elementos que conforman dicha infraestructura logrando tener un mejor reporte para tener un análisis adecuado.

Se evalúa además la ubicación de la colocación de los paneles fotovoltaicos los cuales se llevará a cabo en el terreno de la misma propiedad mediante una estructura metálica con su respectiva ubicación y su ángulo de inclinación óptimo.

Se verifica la ubicación adecuada para el sistema fotovoltaico para el banco de baterías o acumuladores, inversor, reguladores de carga y el resto de componentes del sistema fotovoltaico el cual se ubicará adjunto al cuarto de máquinas, el cual será un lugar seguro para evitar la manipulación de personal no calificado y no autorizado a la planta.

Posterior se hace un levantamiento de los circuitos eléctricos que conforman la planta de tratamiento logrando ubicar dos tableros de control.

Diseño eléctrico del cuarto de control

En el primer diseño vemos la distribución de los diferentes circuitos que componen el cuarto de control, el cual tiene circuitos de iluminación, circuitos de fuerza y circuito de lámparas de emergencia.

3.4 Circuito de iluminación

En el circuito de iluminación de la Figura 9 sus luminarias son de 1200x300 mm. 2x32W, led, sellada, 120V, 60Hz.

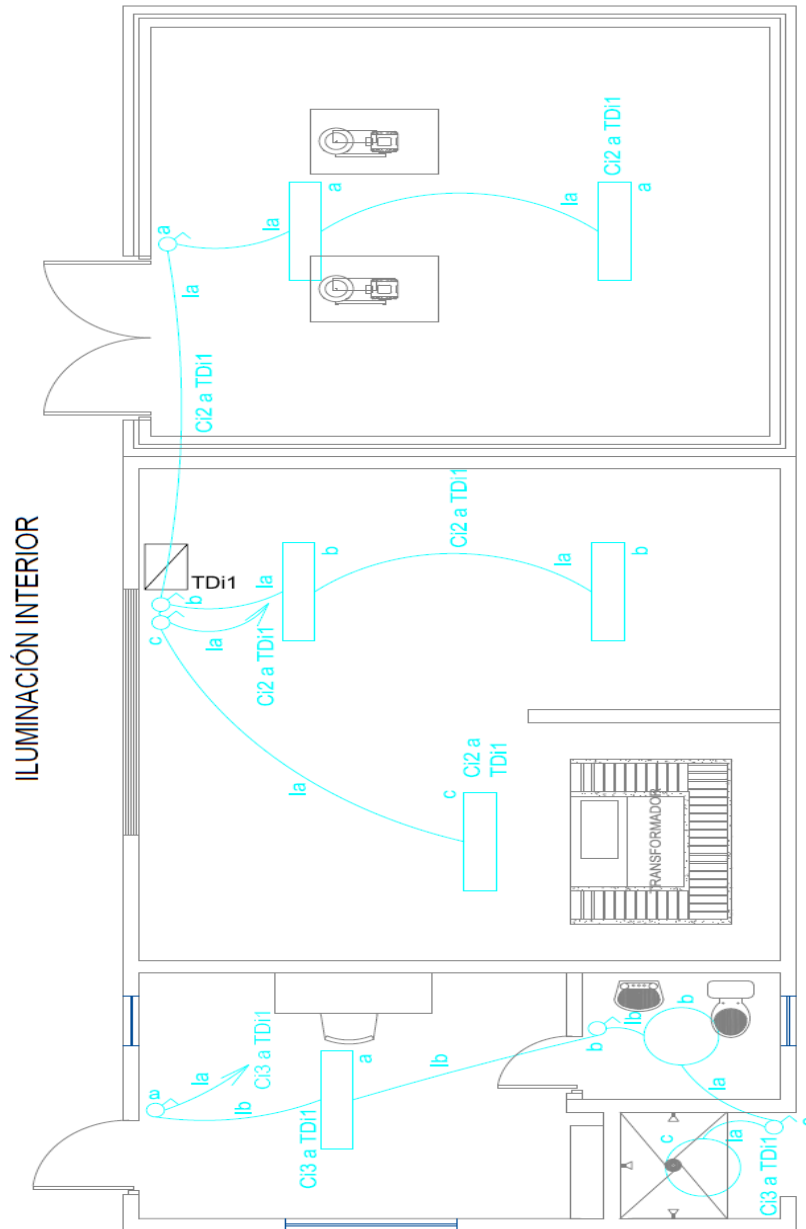


Figura 9. Diseño circuito de lumínico.
Fuente: El Autor.

3.5 Circuito de fuerza

En la Figura 10 se indica la distribución de los tomacorrientes doble polarizado a 15A, 120V, 1F, 60 Hz y un circuito de fuerza de tomacorriente trifásico 40A, 220V, 3F, 60 Hz.

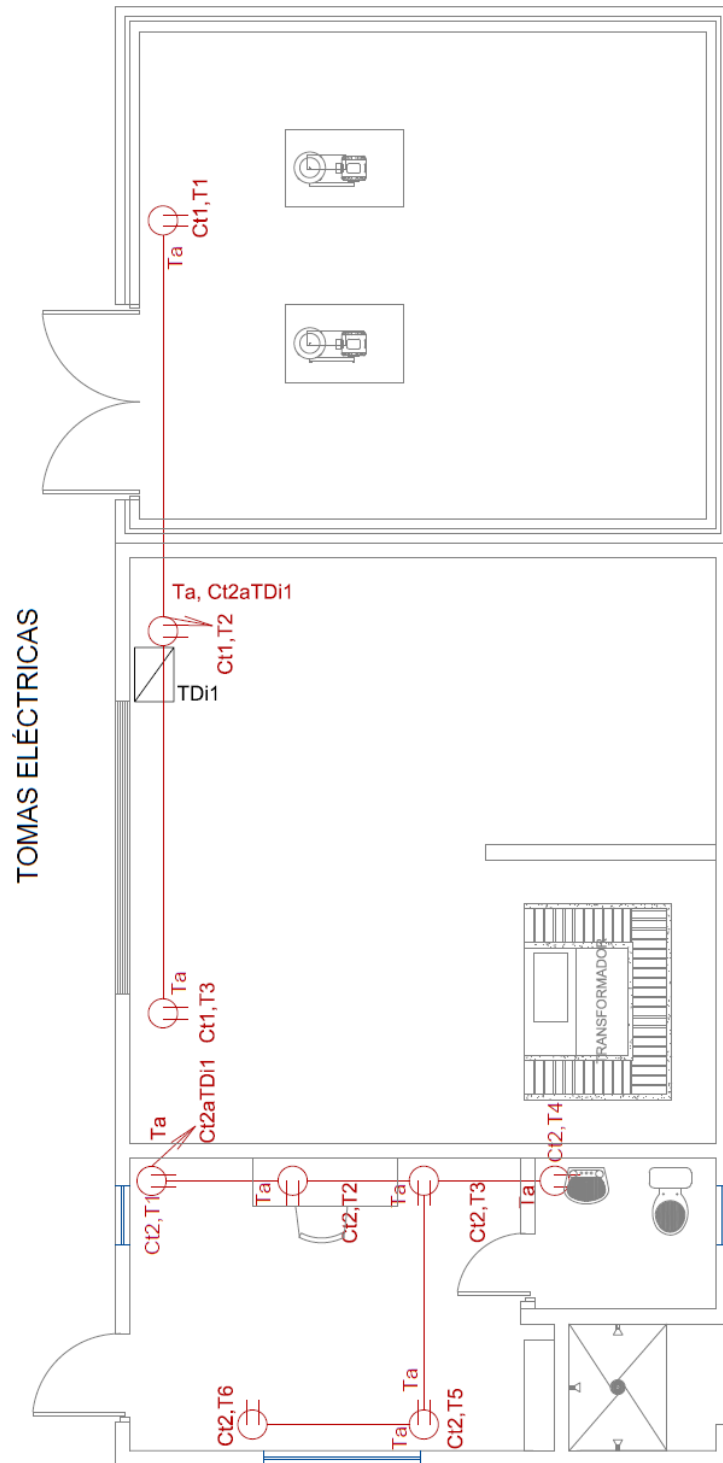


Figura 10. Diseño circuito de fuerza.
Fuente: El autor.

3.6 Circuito de Iluminación de Emergencia

En la Figura 11 se indican las Luminarias Emergencia de 20W, 120V, 60Hz.

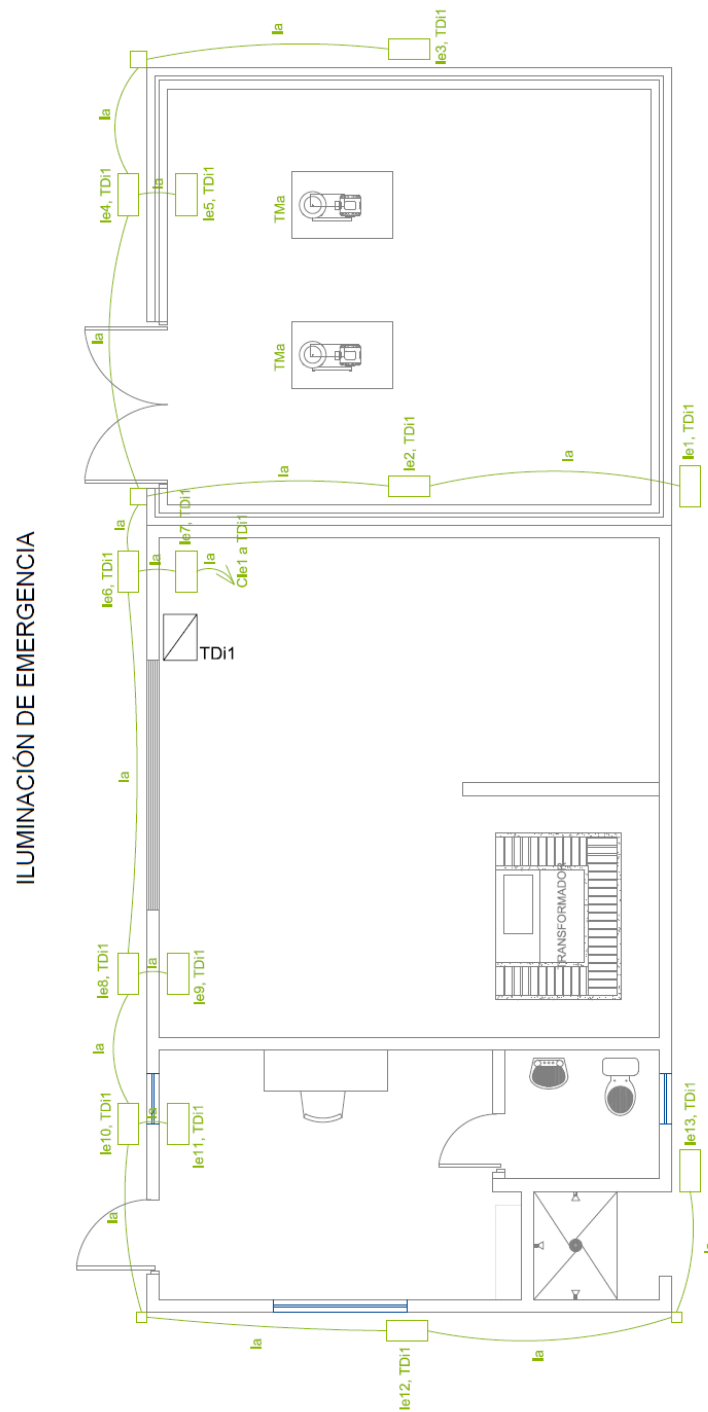


Figura 11. Circuito de Luminaria de Emergencia.
Fuente: El Autor.

3.7 Circuito de iluminación exterior

Este circuito de la Figura 12 consta de las siguientes luminarias para exteriores led, 75W, 220V.

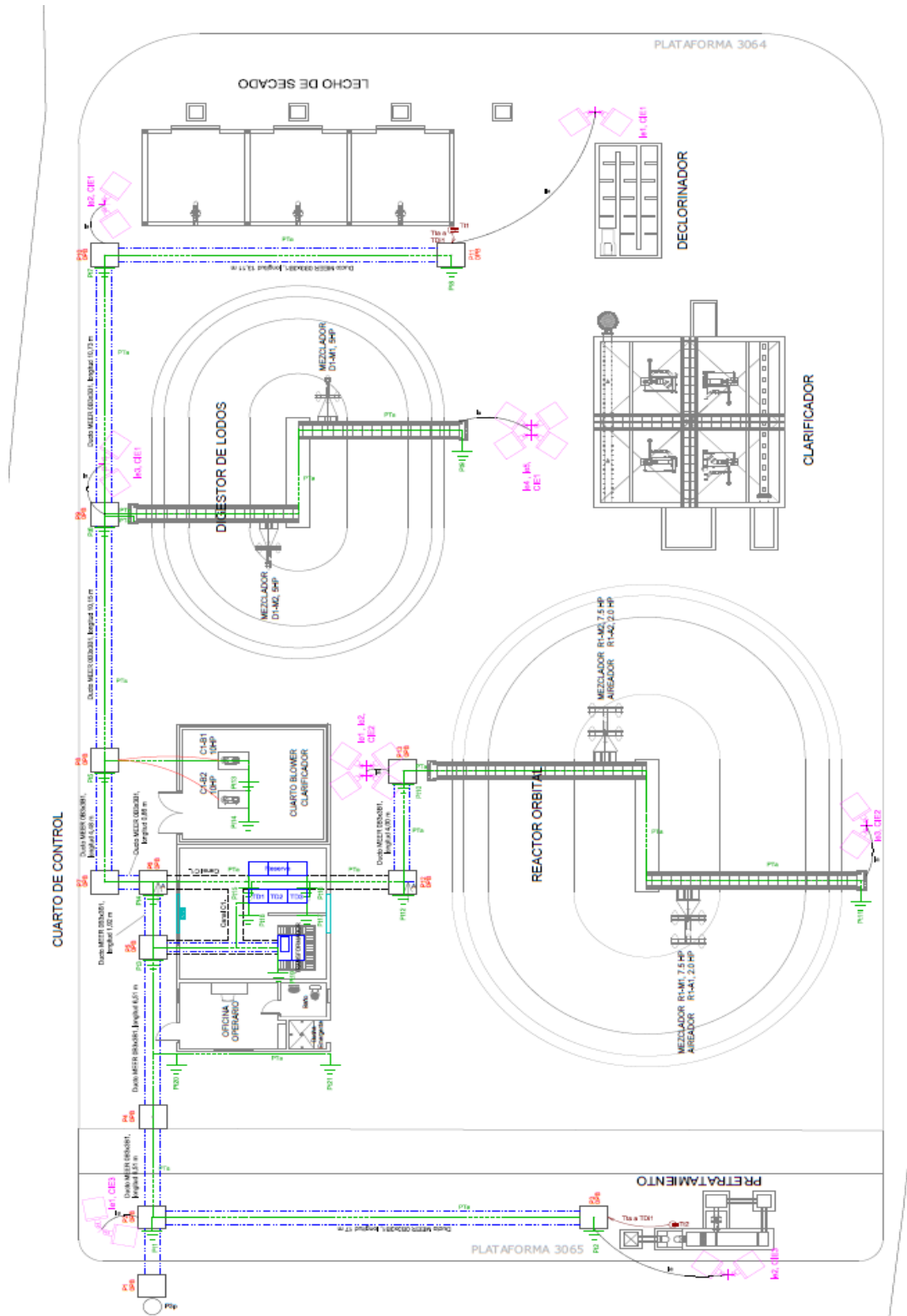


Figura 12. Circuito Iluminación Exterior.
Fuente: El Autor.

3.8 Energía total de consumo en el circuito.

Desde la salida del tablero general de medición la planta de tratamiento cuenta con 2 tableros de distribución que distribuyen la energía a toda la planta como se indica en la Figura 13.

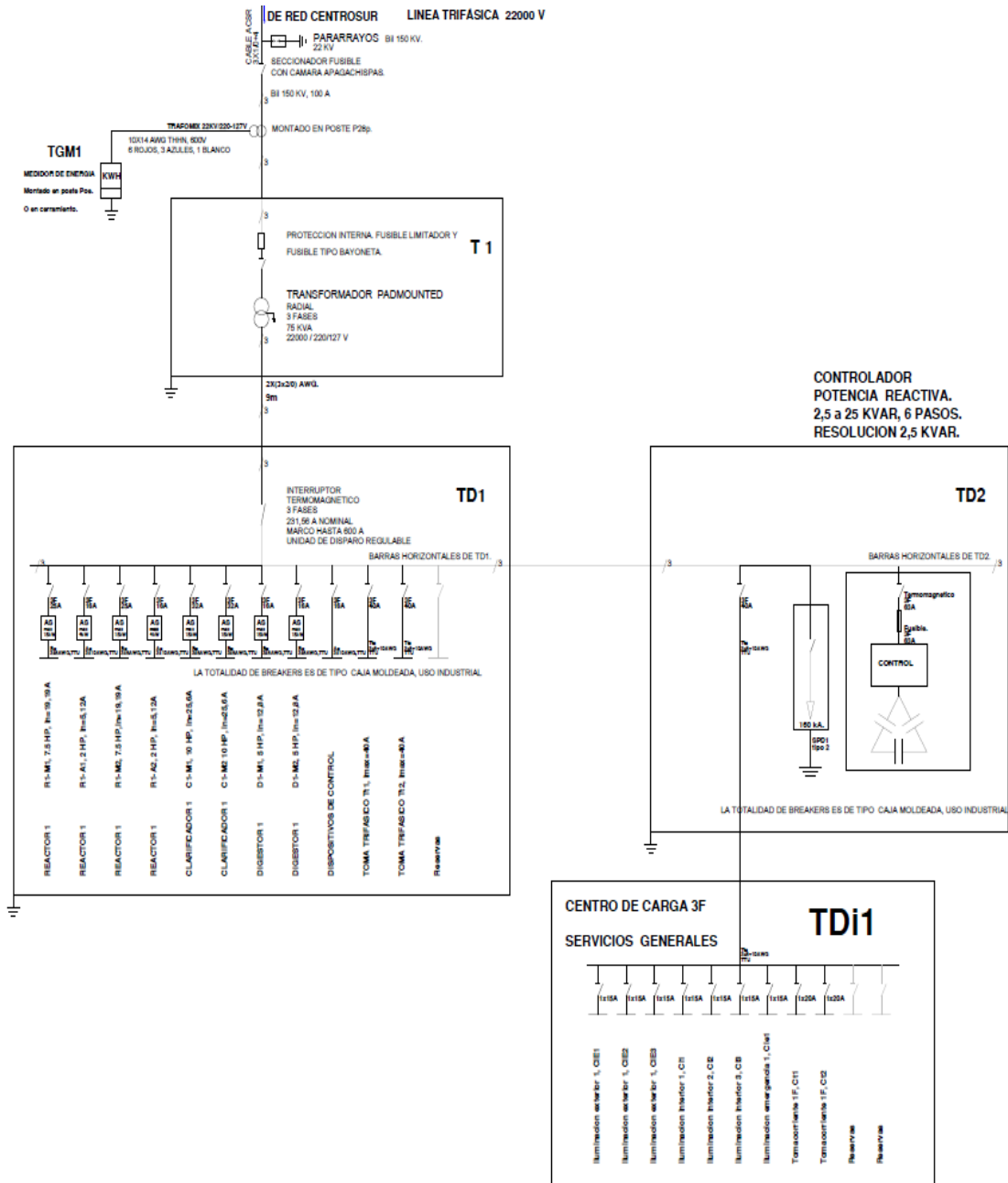


Figura 13. Diagrama unifilar.
Fuente: El Autor.

En la Tabla 1 se muestra el número de elementos relacionados con los elementos instalados en la palta de tratamiento

Tabla 1. Potencia consumida tablero 1.

CUADRO DE POTENCIA INSTALADA POR ELEMETOS					
TABLERO	TABLERO/ CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL (kW)
TDP1	Reactor 1	C1-M1	10 hp	1	7.46
	Reactor 1	C1-M2	10hp	1	7.46
	Reactor 1	D1-M1	5hp	1	3.73
	Reactor 1	D1-M2	5hp	1	3.73
	CLARIFICADOR1	C1-M1	10hp	1	7.46
	CLARIFICADOR1	C1-M2	10hp	1	7.46
	DIGESTOR1	D1-M1	5hp	1	3.73
	DIGESTOR1	D1-M2	5hp	1	3.73
TOTAL POTENCIA (kW)					44.76

Fuente: El Autor.

En la Tabla 2 se indican las potencias instaladas de cada elemento que se encuentra en el tablero 2.

Tabla 2. Potencia consumida tablero 2.

CUADRO DE POTENCIA INSTALADA POR ELEMETOS						
TABLERO	TABLERO/ CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL (W)	POTENCIA TOTA; (kW)
TDi2	I. EXTERIOR 1	CIE1	LAMPARA LED, 75W	10	75	0.75
	I. EXTERIOR 1	CIE2	LAMPARA LED, 75W	6	75	0.45
	I. EXTERIOR 1	CIE3	LAMPARA LED, 75W	4	75	0.3
	I.INTERIOR 1	Ci1	LAMPARA LED 2x32W	3	64	0.192
	I.INTERIOR 2	Ci2	LAMPARA LED 2x32W	5	64	0.32
	I.INTERIOR 3	Ci3	LAMPARA LED 2x32W	3	64	0.192
	I. EMERGENCIA	Cle1	L.EMERGENCIA 20W	13	20	0.26
	TOMACORRIENTE 1F	Ct1	Tomacorrientes.	3	200	0.6
	TOMACORRIENTE 1F	Ct2	Tomacorrientes.	6	200	1.2
	TOTAL POTENCIA (kW)					

Fuente: El Autor.

Según la información recolectada la planta tiene una potencia instalada de **49,02 kW**.

3.9 Diseño del Sistema Fotovoltaico trifásico.

Se llevará a cabo el diseño de un sistema fotovoltaico con una potencia nominal que mediante la regulación 003/18 del ARCONEL quien desee instalar un sistema de micro generación fotovoltaica μ SFV con una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW en medio y/o bajo voltaje, que operen en sincronismo con la red, cuya producción sea auto consumido en sus propias instalaciones y aporten eventuales excedentes a la red de distribución, en caso de que existan.

3.9.1 Análisis de la radiación solar

Mediante el atlas solar del Ecuador se obtendrá los índices de radiación, mediante bases de datos climatológicos se tendrá que diseñar el valor ideal de radiación que nos servirá para el estudio del sistema fotovoltaico.

3.9.2 Base de datos de PVGIS-NSRDB

En el programa PVsyst se encuentran una base de datos meteorológicos de todo el planeta mediante las respectivas coordenadas se puede obtener con mayor exactitud los datos de radiación solar de cada día y mes, los cuales están en la Tabla 3.

Tabla 3. HSP Horas solar pico Base de Datos: PVGIS-NSRDB.

Mes	HSP Horas solar pico por día (kWh/m ² /d)	Producción total estimada diaria Por kWp Instalado	Promedio HSP Horas solar pico por mes (kWh/m ² /m)	Producción total estimada Mes Por kWp Instalado
Enero	4.95	4.59	153.40	142.23
Febrero	4.78	4.44	133.95	124.24
Marzo	4.86	4.52	150.53	140.20
Abril	4.83	4.53	145.01	135.85
Mayo	5.03	4.72	155.78	146.22
Junio	5.06	4.81	151.73	144.33
Julio	5.34	5.11	165.41	158.27
Agosto	5.14	4.91	159.30	152.18
Septiembre	5.34	5.05	160.14	151.41
Octubre	5.36	5.02	166.04	155.50

Noviembre	5.3	4.94	159.01	148.19
Diciembre	5.17	4.82	160.23	149.31
Peor Mes: Febrero (4.78HSP/d)				
Mejor Mes: Octubre (5.36HSP/d)				
Promedio Anual: 5.09666666666667-HSP-				

Fuete: El autor.

3.9.3 Base de datos de PV sol

Mediante la base de datos obtenidos de PVsyst se logró obtener la siguiente información de la Tabla 14 para poder obtener las horas pico solar.

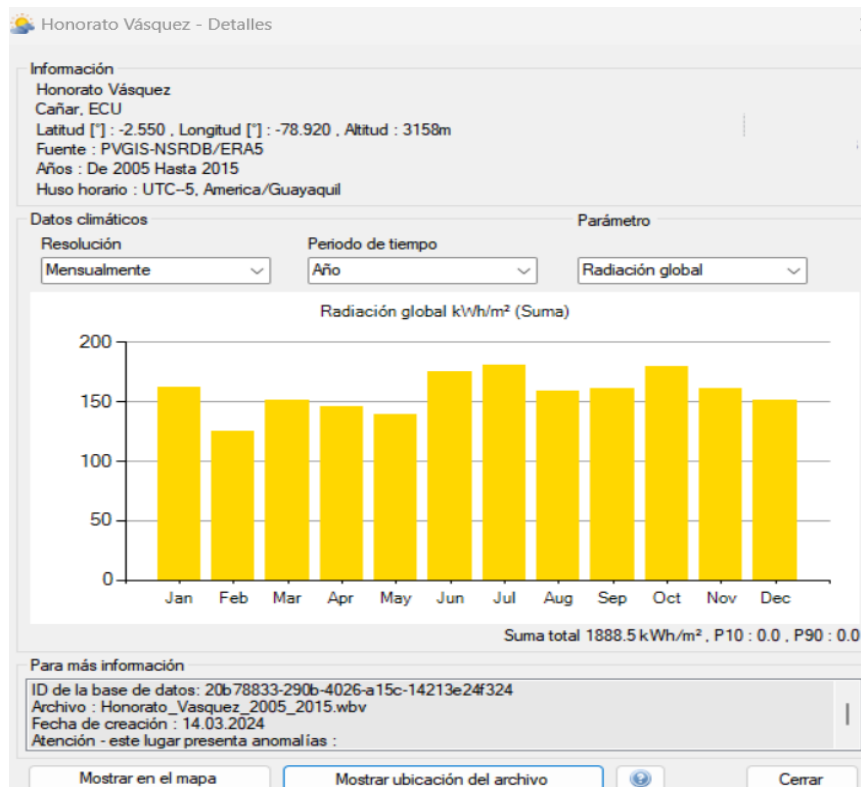


Figura 14. Base de datos de PVsol.

Fuente: El autor.

3.9.4 Angulo de inclinación del panel

Los ángulos de inclinación del sistema es el ángulo óptimo para los paneles solares y es un factor crucial para maximizar su eficiencia. La mejor orientación para los paneles solares es hacia el **SUR** como se muestra en la Figura 15.

La dirección descrita permite que los rayos solares incidan perpendicularmente en las superficies de los paneles, lo que provoca su máxima la producción de energía.

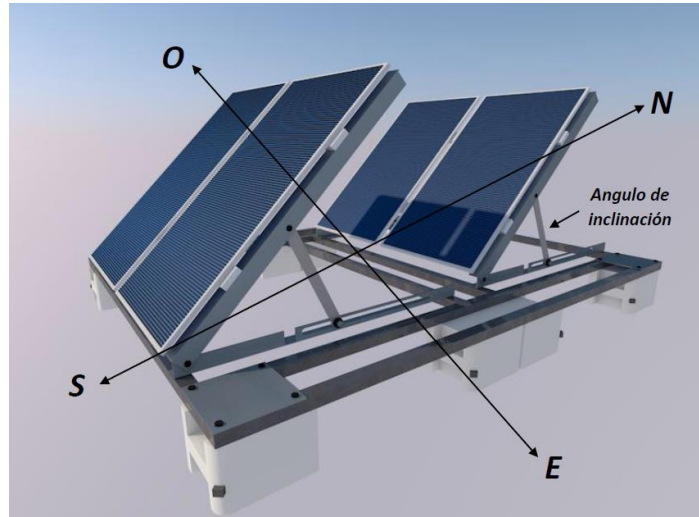


Figura 15. Angulo de inclinación del panel.

Fuente: El autor.

$$\text{Angulo de inclinacion} = 3.7 + 0.69 * \text{lat} \quad (1)$$

$$\text{Angulo de inclinacion} = 3.7 + 0.69 * 2.544759$$

$$\text{Angulo de inclinacion} = 11.17 \approx 15$$

3.10 Dimensionamiento del sistema.

Obteniendo los datos de radiación solar o HSP podemos dimensionar el sistema solar fotovoltaico.

Para obtener la energía total a consumir por los paneles se realiza el siguiente calculo.

Se tiene por lo tanto un punto de inicio, la irradiación más baja es de 4.78 HSP en el mes de febrero y la potencia necesaria es de 49.02kW. se lleva a cabo un cálculo de con un promedio de 8 hora diarias su potencia seria 392.16kWh

$$P_{\text{fotovoltaica}} = \frac{\text{Consumo diario} \frac{\text{kWh}}{\text{dia}}}{\text{HPS}} \quad (2)$$

$$P_{\text{fotovoltaica}} = \frac{392.16\text{kWh}}{4.78 \text{ HPS}}$$

$$P_{\text{fotovoltaica}} = 82.0418 \text{ kWp}$$

3.10.1 Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

En el sistema fotovoltaico se utilizarán módulos solares de la empresa Jinko Solar con el modelo Tiger Neo N-type78HL4-BDV590-610 Watt que posee 156 (2*78) celdas dando una potencia de 600 Wp el cual tiene un peso de 76.38 lbs (34.6kg) y las dimensiones son la de la Figura 16 y la ficha técnica descrita en la Tabla 4, ANEXO 1.

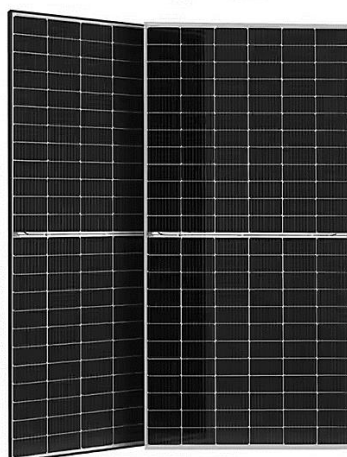


Fig.16. Panel solar. Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt
Fuente: El Autor.

Tabla 4. Características técnicas del panel solar

<i>Tipo de módulo</i>	<i>78HL4-BDV590</i>
	STC
Potencia Nominal (P max)	600Wp
Tensión de máxima potencia-Vmpp	45.25 V
Corriente de máxima potencia-Impp (A)	13.26 A
Tensión en circuito abierto-Voc (V)	55.03 V
Corriente de cortocircuito-Isc (A)	13.87 A
Eficiencia del módulo (%)	80%
Temperatura de funcionamiento (°C)	40°C~+85°C
Tensión máxima del sistema	1500VDC (IEC)

Valor máximo del fusible en serie	30 ^a
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.30%/°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.25%/°C
Coeficiente de temperatura de Isc	0.046%/°C
Temperatura de operación nominal de la célula	45±2°C
Ref. factor bifacial	80±5%

Fuente: El Autor.

Se procede al cálculo de los paneles fotovoltaicos usando la siguiente ecuación.

$$N_m = \frac{P_{\text{fotovoltaica}}}{\text{Potencia del módulo}} \quad (3)$$

$$N_m = \frac{82.04}{600W}$$

$$N_m = 136.73 \approx 137 \text{ módulos}$$

3.10.2 *Perdidas y factores de corrección*

Estos conceptos son lo más necesarios para obtener un resultado más exacto y evitar que el sistema fotovoltaico alcance la potencia deseada.

Eficiencia del inverso

Condiciones atmosféricas

Para asegurar un mejor rendimiento tomamos un factor de protección del 20% para el consumo y para la demanda máxima.

$$N \text{ de módulos} = N_m * 20\% \quad (4)$$

$$N \text{ de módulos} = 82 * 20\%$$

$$N \text{ de módulos} = 171.52 \approx 162 \text{ módulos}$$

3.10.3 Configuración de los paneles fotovoltaicos

Se lleva a cabo la configuración de los paneles solares según la potencia requerida, esta configuración estará tanto en serie como en paralelo.

La cantidad de paneles según la referencia seleccionada que podremos conectar al inversor estará basada en base a la potencia.

$$N_{\max} = \frac{\text{Potencia inversor} \cdot 3}{\text{Potencia del módulo}} \quad (5)$$

$$N_{\max} = \frac{30\text{kW} \cdot 3}{600\text{W}}$$

$$N_{\max} = 150 \text{ paneles}$$

3.10.3.1 Cálculo de número de serie máximo

Obteniendo el valor de Voltaje del módulo en circuito abierto se calcula el máximo de circuitos en serie.

$$M_{\text{seri max}} = \frac{V_{\text{inv max}}}{V_{\text{oc}}} \quad (6)$$

Donde:

V_{oc} = Tensión de circuito abierto del panel

$V_{\text{inv max}}$ = tensión máxima del inversor

$$M_{\text{seri max}} = \frac{550\text{V}}{55.03\text{V}}$$

$$M_{\text{seri max}} = 9.99 \approx 10 \text{ paneles en serie}$$

3.10.3.2 Cálculo del número en serie mínimo.

Se calcula la temperatura máxima para calcular la cantidad mínima de módulos.

$$M_{\text{seri min}} = \frac{V_{\text{inv min}}}{V_{\text{mp}}} \quad (7)$$

Donde:

V_{oc} = Tensión de circuito abierto del panel

$V_{inv\ max}$ = Tensión mínima del inversor

$$M_{seri\ min} = \frac{150}{45.25}$$

$$M_{seri\ min} = 3.31 \approx 3$$

3.10.3.3 Cálculo de Módulos en paralelo.

Mediante la siguiente ecuación 8 se lleva a cabo el cálculo del número de módulos en paralelo.

$$M_p = \frac{M_t}{M_s} \quad (8)$$

Donde:

M_t = es número total de paneles.

M_s = es número de paneles en conexión serie.

M_p = es número de paneles en conexión paralelo.

$$M_p = \frac{162}{10}$$

$$M_p = 16.2 \approx 16$$

3.10.3.4 Energía generada al año por los paneles.

Para calcular la cantidad de energía que produce un panel solar al año se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_{generada\ año} = T_p * HPS * Eficiencia\ panel * 365\ dias \quad (9)$$

Donde

T_p = Tamaño del panel (en kW)

HPS = Radiación solar (en kWh/m²/día)

Energía generada año = $600 * 4.78 * 80\% * 365$ días

Energía generada año = $2294.44W * 365$ días

Energía generada año = 837.45 Wh al año por panel

Cada panel genera 837.45 kWh al año la cantidad total es

Energía generada año total = Energía generada año * Nmax (10)

Energía generada año total = $837.45W * 162$

Energía generada año total = 135667.87 kWh al año

3.10.4 Configuración del inversor

Se seleccionó el Inversor Solar Híbrido Trifásico Modelo: 30K-3P-208V el cual va estar conectado los paneles, a la red y a las baterías, teniendo una mejor eficiencia de acuerdo a las condiciones energéticas, el inversor de la Figura 17 tiene la función de funcionar en forma de autoconsumo como se indica en la ficha técnica del ANEXO 2.

Selección del inversor

$$P_{\text{max inversor}} = \frac{P_{\text{max diaria}}}{\text{Eficiencia inversor}} \quad (11)$$

$$P_{\text{max inversor}} = \frac{82.04}{0.97}$$

$$P_{\text{max inversor}} = 84.45\text{kW}$$

Se deberán instalar 3 inversores de 30kW para poder suministra la carga adecuado.



Figura 17. Inversor Solar Híbrido Trifásico Modelo: 30K-3P-208V.

Fuente: (Sol-ark, 2024)

La figura 18, se indica las características técnicas del inversor de 30kW.

Datos de Entrada (FV)	
Máx. Potencia FV Permitida (STC)	39,000W
Rango de Voltaje de Operación de MPPT	150-500V
Voltaje de Arranque	180V
Máx. Voltaje de Entrada ¹	550V
Máx. Corriente de Entrada por MPPT	36A
Máx. Corriente de Corto Circuito por MPPT	55A
No. de MPPT	4
No. de Cadenas Solares por MPPT	2
Máx. Entrada de Acoplamiento CA	51,800W
Datos de Salida (CA)	
Voltaje Nominal (3Φ)	120/208V
Frecuencia de la Red	50 / 60Hz
Potencia Real, máx. continua (3Φ)	30,000W
Máx. Corriente de Salida	83.4A
Potencia Aparente, pico (10s, off-grid, 3Φ)	45,000VA
Corriente de Paso de la Red Máxima	200A
Corriente de Paso de la Red Continua	180A
Rango de Factor de Potencia	+/- 0.8 ajustable
Tiempo de Transferencia de Respaldo	5ms (ajustable)
Eficiencia CEC	96.5%
Eficiencia Máxima	97.5%
Diseño (CD a CA)	Sin transformador CD
Apilable en Paralelo	Hasta 12 en paralelo

Figura 18. Características técnicas del inversor.

Fuente: (Sol-ark, 2024)

Conexión de 3 inversores de 30 kW para obtener una potencia de 90 kW como se indica en la Figura 19.

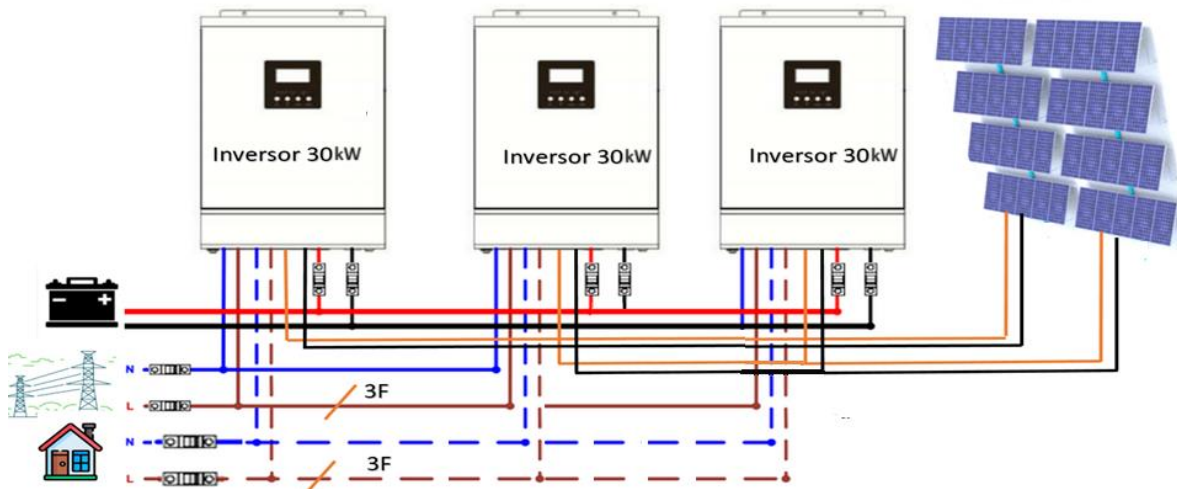


Figura 19. Conexión de 3 inversores de 30 kW.

Fuente: El autor

3.10.5 Dimensionamiento de las baterías

Mediante el análisis obtenido se determinó utilizar baterías de ciclo profundo, este tipo de baterías está diseñado para tener ciclos de descarga bajos y su tiempo de carga es rápida en ciclos continuos.

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías en Ah se necesita valores de la demanda total energía por parte de las cargas de respaldo y los días de autonomía deseado, la profundidad de descarga, la eficiencia y voltaje nominal de la batería.

Se lleva a cabo la utilización del tipo de Batería Litio 100Ah Pylontech US5000 48V como mejor opción y eficiencia para este proyecto como se indica en la Figura 20 y en la ficha técnica del ANEXO 3.



Figura 20. SCifp48100 lithium-ion battery system de 48v a 100Ah. 48V.

Fuente: (Aspowerbattery., 2024)

La tabla 5, indica las características técnicas de la batería 100Ah.

Tabla 5. Características técnicas de la batería.

Modelo	scifp48100 lithium-ion battery system de 48v a 100Ah.
Tensión de trabajo nominal (V):	48V
Capacidad útil	4800Wh
Dimensiones físicas (en mm)	442 x 420 x 161
Peso	38Kg
Interfaces de comunicaciones	RS485, CAN
Certificaciones	IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3, UL1973, UKCA
Vida útil estimada	más de 15 años (25°C)
Ciclos de vida	más de 6000 con descargas al 95% DoD
Max. Permanent Discharge Current	100A

Fuente: El Autor.

Se llevo a cabo el cálculo del número de baterías a utilizar para nuestro banco de acumuladores o baterías necesarias.

La potencia del grupo de baterías es

$$C_{n \text{ banco}} = \frac{C_d * H_t}{V_{desc} * V_{nom}} \quad (12)$$

Donde.

C_d = Consumo diario

H_T = Horas de trabajo

$V_{descarga}$ = Voltaje de descarga

V_{nom} = Tención nominal en el que va a trabajar el banco de baterías.

$$C_{n \text{ banco}} = \frac{49020W * 8h}{0.97 * 336V}$$

$$C_{n \text{ banco}} = \frac{392160Wh}{0.97 * 336V}$$

$$C_{n \text{ banco}} = 1203.24Ah$$

Para calcular el número de baterías necesarias se utiliza la siguiente ecuación.

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} * C_{n \text{ banco}}}{V_{n \text{ bat}} * C_{n \text{ bateria}}} \quad (13)$$

Donde.

V_{nom} = Tención nominal en el que va a trabajar el banco de baterías.

$C_{n \text{ banco}}$ = Capacidad nominal del banco de baterías.

$V_{n \text{ bat}}$ = Tensión nominal de la batería.

$C_{n \text{ bateria}}$ = Capacidad nominal de la batería.

$$N_{BT} = \frac{336V * 1203.24Ah}{48V * 100Ah}$$

$$N_{BT} = 84.22 \approx 84$$

Cálculo de numero de baterías en serie

$$N_{bs} = \frac{V_{nom}}{V_{n\ bat}} \quad (14)$$

$$N_{bs} = \frac{336}{48}$$

$$N_{bs} = 7$$

Cálculo de numero de baterías en Paralelo

$$N_{bp} = \frac{N_{BT}}{N_{bs}} \quad (15)$$

$$N_{bp} = \frac{84}{7}$$

$$N_{bp} = 12$$

El banco de baterías necesarias es de 84 baterías las cuales están conformado por una serie de 7 baterías en serie y 12 en paralelos como se indica en la Figura 21.

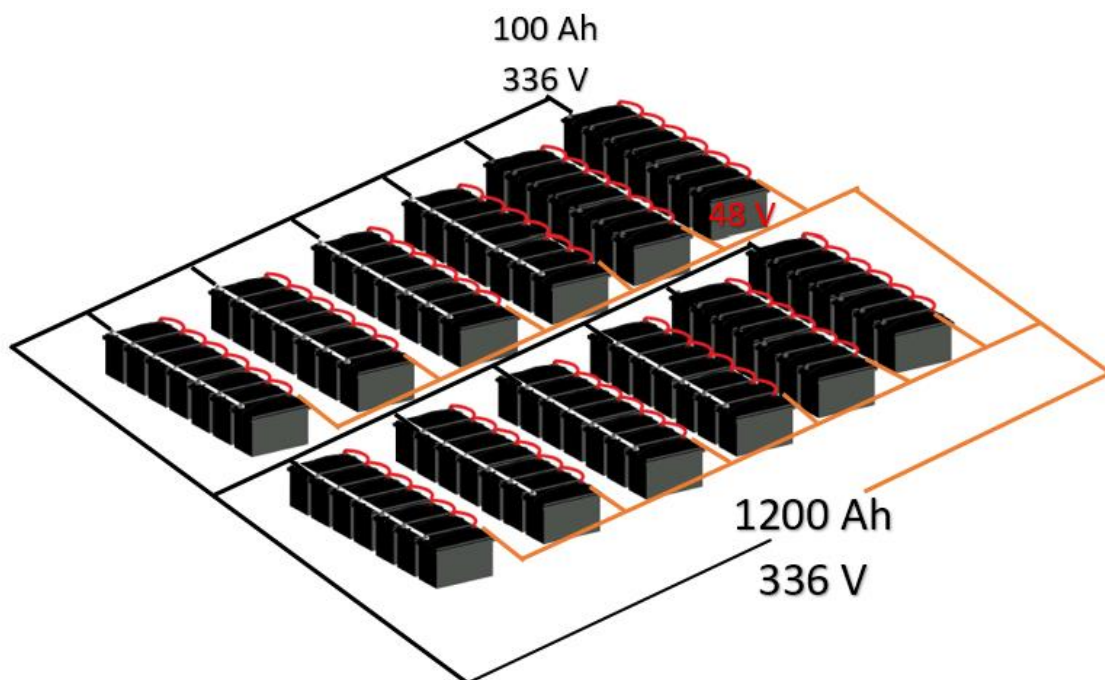


Figura 21. Banco de 82 baterías de 48V- 100 Ah.
Fuente: El Autor.

Hay 7 baterías de 48V conectadas en serie

$$V_{\text{serie}} = 7 * 48$$

$$V_{\text{serie}} = 336V$$

También tenemos 12 serie (de 7 baterías) en conexión paralelo

$$I_{\text{hp}} = 100 \text{ Ah} * 12$$

$$I_{\text{hp}} = 1200 \text{ Ah}$$

3.10.6 Dimensionamiento de los conductores de cobre de los paneles, batería y tablero de control.

De acuerdo a la norma del código eléctrico ecuatoriano (NEC), o del Instituto Ecuatoriano de Normalización (IEC) los diferentes tipos de conductores se van a utilizar en la instalación del sistema fotovoltaico deberán cumplir con lo siguiente

1. Todo tipo de conductor para exterior deben cumplir con el 3% más de la caída de tensión ya que tiene te soportar la máxima corriente de corto circuito
2. Los conductores deben soportara 1.25 veces la corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico.
3. Los conductores para exterior deben soportar todas las condiciones climáticas como es la temperatura, la humedad doble aislamiento y resistente a rayos ultravioleta

Se llevará a cabo el dimensionamiento del tipo de conductores de cobre para los paneles solares de acuerdo a la corriente máxima que soporta un panel. Se lo llevara de acuerdo al tabal especifica.

En la tabla 6 se indica el tipo de conductor con respecto a la corriente adecuada al modelo del panel Tiger Neo N-type78HL4-BDV590-610 Watt es de 13.26 A para Corriente de máxima potencia- I_{mpp} (A).

Tabla 6. Cables THW y THHN/THWN 90°C.

Corriente Normalizada (A)	Calibre Seleccionado (AWG o kcmil)	
	Cables THW	Cable THHN/THWN 90°C
25	12	14
30	10	12
35	10	10
40	8	10
60	8	8

Fuente: El Autor.

Según la Tabla 7 el conductor es calibre 12 que soporta 25A. Para el cálculo del conductor de las baterías del modelo scifp48100 lithium-ion battery system de 48V a 100Ah utilizamos la Tabla 8.

Tabla 7. Cables TTU para Baterías.

Corriente Normalizada (A)	Calibre Seleccionado TTU	
	Cables	Hilos
50	8	7
65	6	7
85	4	7
105	2	7
150	1/0	19
175	2/0	19
200	3/0	19
230	4/0	19

Fuente: El Autor.

Según la corriente se necesita un calibre de cable TTU número 4 para las conexiones de las baterías y así el calibre de conductor del inversor es TTU número 3/0.

3.11 Simulación en software

Mediante el software de la Figura 22 bajo licencia PVsyst podemos diseñar y simular un sistema fotovoltaico que puede ser un sistema aislado o interconectado a la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Centro Sur, para nuestro caso considérenos un sistema híbrido.



Figura 22. Software PVsyst.
Fuente: El Autor.

Para empezar con este análisis de factibilidad es necesario poner la información en la ventana del proyecto a ejecutar

El a la Figura 23 nos encontramos con una ventana en la cual nos indica los tipos de sistemas fotovoltaicos que existen en nuestro caso vamos a utilizar lo opción que está conectado a la red.

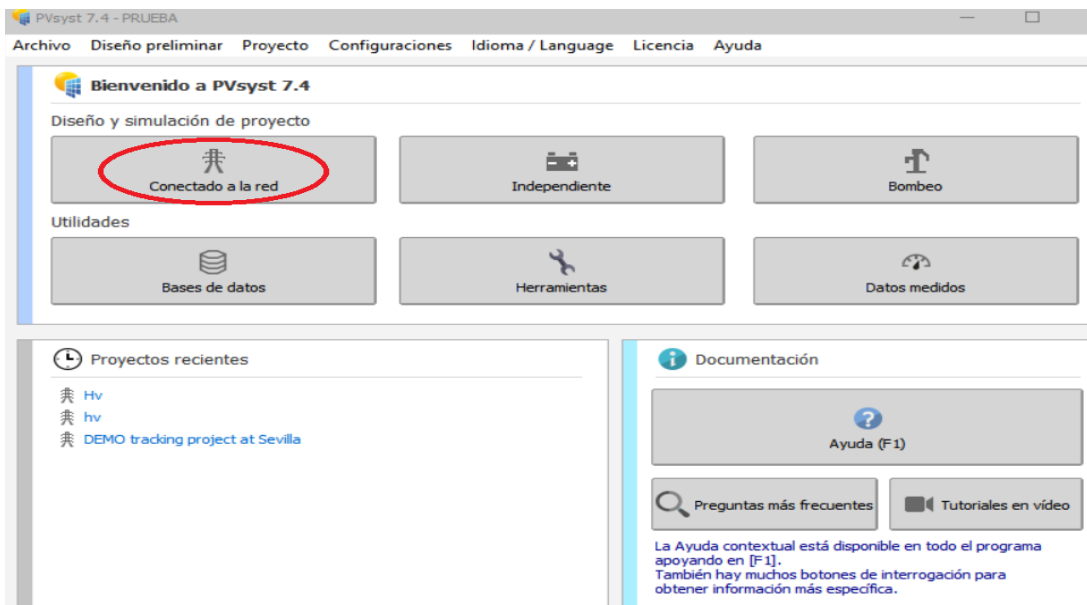


Figura 23. Software PVsyst. Pantalla de inicio.
Fuente: El Autor.

En la Figura 24 se muestra un inicio de un nuevo proyecto es necesario dar un reporte del diseño a realizarse es decir el nombre del diseño el nombre del autor una breve explicación del proyecto etc.

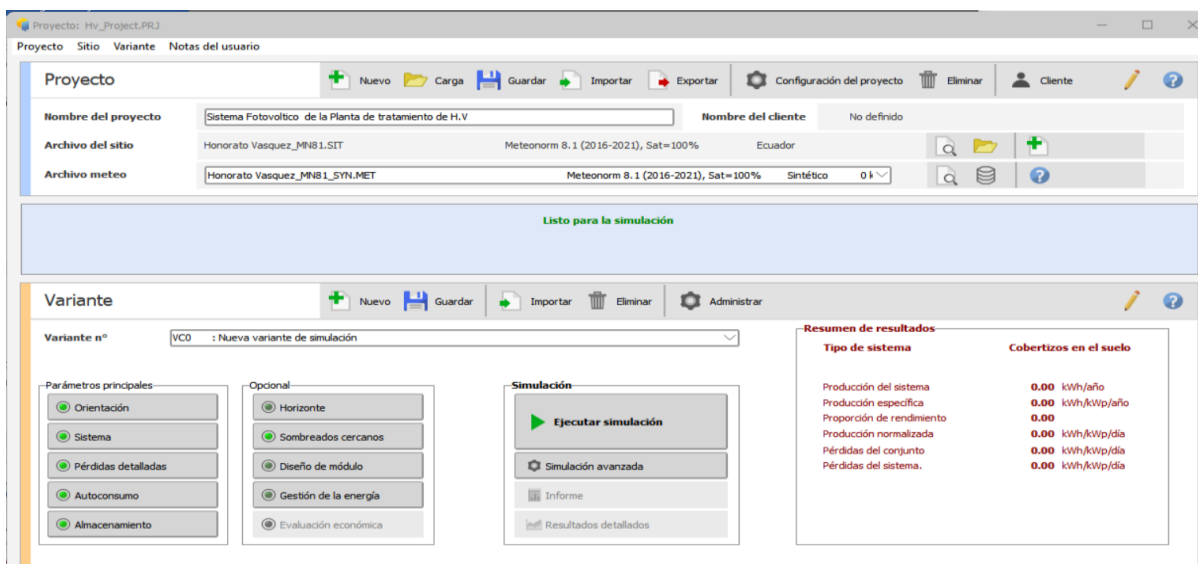


Figura 24. Software PVsyst. diseño y simulación del proyecto.
Fuente: El Autor.

Procedemos a los parámetros geográfica del sitio mediante los datos generales de cada país y ciudad. Para este caso el proyecto está ubicada en Cañar – Ecuador seleccionando las coordenadas del sitio del diseño como se detalla en la Figura 25.



Figura 25. Ventana de Coordenadas geográficas.
Fuente: El Autor.

Con los datos ingresados de las coordenadas del sitio donde se va a llevar el análisis del sistema fotovoltaico se puede obtener también la información de la irradiación horizontal global, temperatura, velocidad del viento, horas solar pico como se indica en la Figura 26.

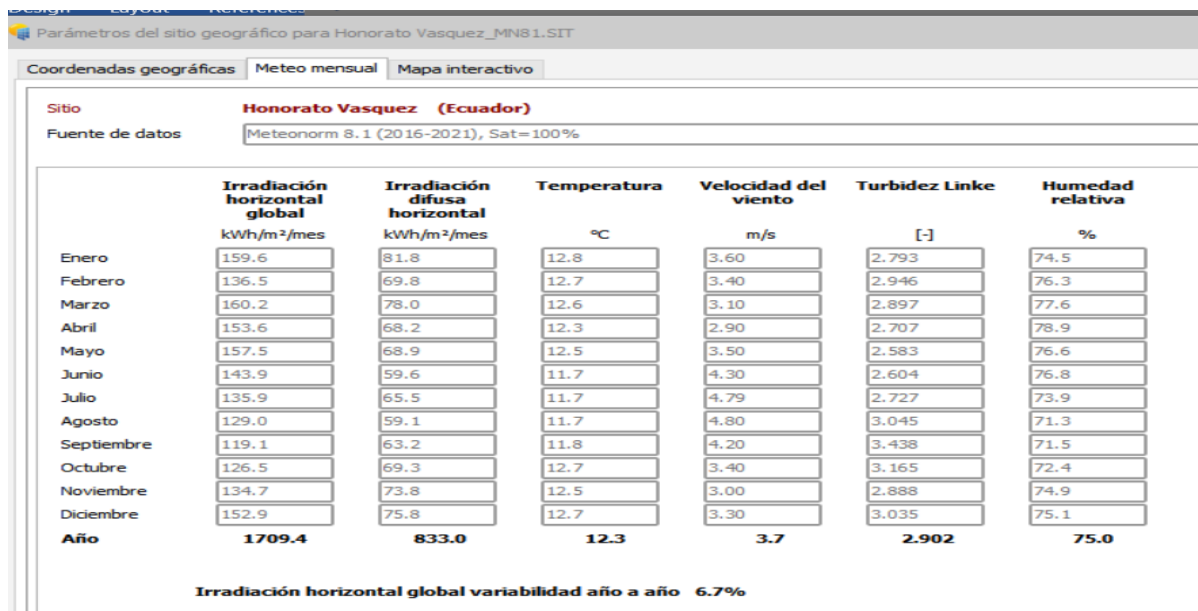


Figura 26. Software PVsyst. Meteo Mensual.
Fuente: El Autor.

En la ventana principal se encuentra los diferentes sub ventanas en los que podemos ingresar los datos de los diferentes componentes para ejecutar dicho estudio

La figura 27 muestra los parámetros de inclinación del plano y de su dirección lo cual podemos modificar de acuerdo a las necesidades o ubicación geográfica del sistema fotovoltaico.

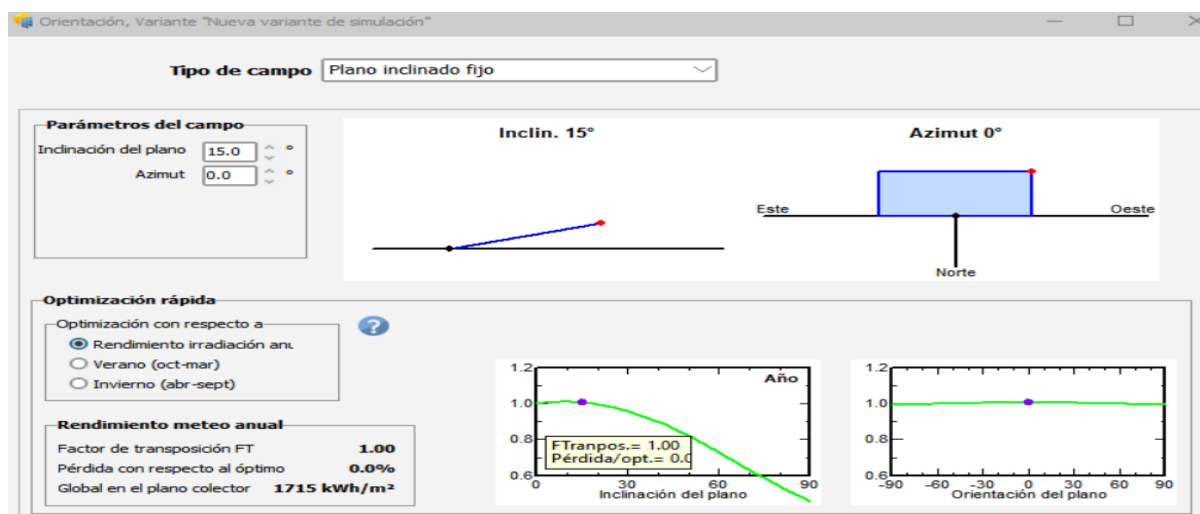


Figura 27. Orientación de los módulos.
Fuente: El Autor.

La figura 28. Indica una venta en la cual encontramos la información de los respectivos módulos e inversores que se llevara en nuestro modelo.

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre: Generador FV
 Oriente: Plano inclinado fijo
 Inclinación: 15°
 Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Ingrese potencia planeada: 90.0 kWp
 ... o área disponible(módulos): 417 m²

Selección del módulo FV
 Disponible ahora: Filtro: Todos los módulos F
 Módulo bifacial / Sistema bifacial
 Jinkosolar: 605 Wp 38V Si-mono JKM-605N-78HL4-BDV Desde 2022 Datasheets 2022

Selección del inversor
 Disponible ahora: Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz
 Vacon: 30 kW 340 - 800 V 50/60 Hz NXV0030 Desde 2011
 Núm. de inversores: 3
 Voltaje de funcionamiento: 340-800 V Poder global inversor: 90.0 kWca
 Voltaje máximo de entrada: 900 V Inversor "String" con 2 entradas

Diseño el conjunto
 Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: 10 (entre 9 y 15)
 Núm. cadenas: 16 (entre 15 y 18)
 Pérdida sobrecarga: 0.5 %
 Proporción Pnom: 1.08

Condiciones de operación
 Vmpp (60°C): 407 V
 Vmpp (20°C): 464 V
 Voc (-10°C): 599 V
 Irradia. plano: 1000 W/m²
 Imp (STC): 213 A
 Isc (STC): 223 A
 Isc (en STC): 223 A

Resumen sistema global
 Núm. de módulos: 160
 Área del módulo: 447 m²
 Núm. de inversores: 3
 Potencia FV nominal: 96.8 kWp
 Potencia de CA nominal: 90.0 kWCA
 Proporción Pnom: 1.076

Figura 28. Software PVsyst. Selección de Módulos e Inversores
 Fuente: El Autor.

La Figura 29. Nos muestra la configuración de los modelos mediante un diagrama unifilar indicando que el sistema requiere de 3 inversores de 30 kVA y de 160 módulos para una Potencia de CA normal de 90.0 kWCA.

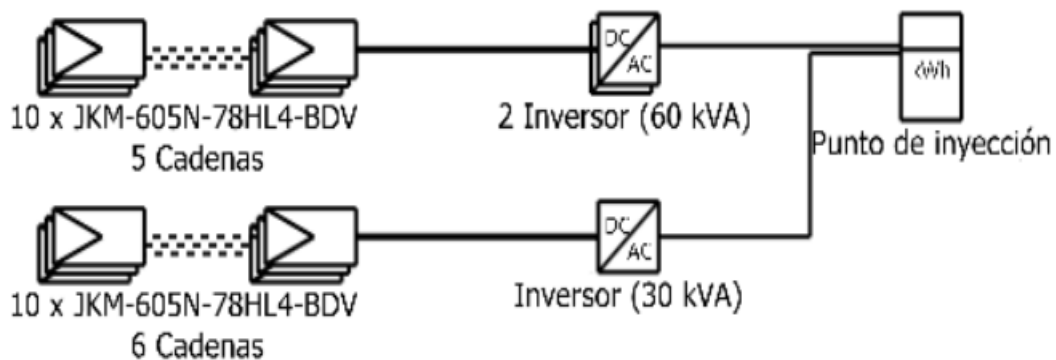


Figura 29. Software PVsyst. Diagrama de Paneles solares.
 Fuente: El Autor.

En la ventana siguiente del PVsyst se seleccionará las baterías adecuadas para el óptimo funcionamiento de sistema como se muestra en la Figura 30.

Tipo de sistema - Estrategia de almacenamiento

Autoconsumo

Autoconsumo

La potencia máxima de carga (1.9 kW) parece muy baja.
Debe garantizar una potencia de carga de alrededor de 64.8 kW (en condiciones de cielo despejado).

Paquete de almacenamiento Autoconsumo

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por voltaje capacidad fabricante

ZTE

48 V

100 Ah

Li LFP

ZXESM R311, 100Ah

Abrir

Lithium-ion La batería seleccionada es una módulo

<input type="text" value="7"/>	<input type="checkbox"/> módulos en series	Número de módulos	84	Voltaje paquete de baterías	336 V
<input type="text" value="12"/>	<input checked="" type="checkbox"/> módulos en paralelo	Número de elementos	2520	Capacidad global (C10)	1200 Ah
<input type="text" value="100.0"/> %	Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)			Energía almacenada (80% DOD)	323 kWh
<input type="text" value="100.0"/> %	Estado inicial de desgaste (estático)			Peso total	3612 kg
				Núm. de ciclos a 50% DOD	5469
				Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	1158.7 MWh

Temperatura de funcionamiento batería

Modo de temperatura Promedio entre TAmb. y Fija

Temperatura fija °C

La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería.
Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la batería "estática" por un factor de dos

Información del sistema

Pnom del generador FV **96.8 kWp**

Producción diaria del campo FV (día claro de verano) **569 kWh**

Potencia del usuario máxima **50.0 kW**

Necesidades medias diarias del usuario **400 kWh**

Este paquete de baterías representan alrededor :

Tiempo de carga en condiciones de pleno sol. **3.3 horas**

Descarga bajo carga media **19.4 horas**

Descarga bajo carga máxima **6.5 horas**

Figura 30. Software PVsyst. Selección de baterías.
Fuente: El Autor.

Después de ingresar la información adecuado podemos obtener la posición e inclinación de los diferentes módulos como se indica en la Figura 31.

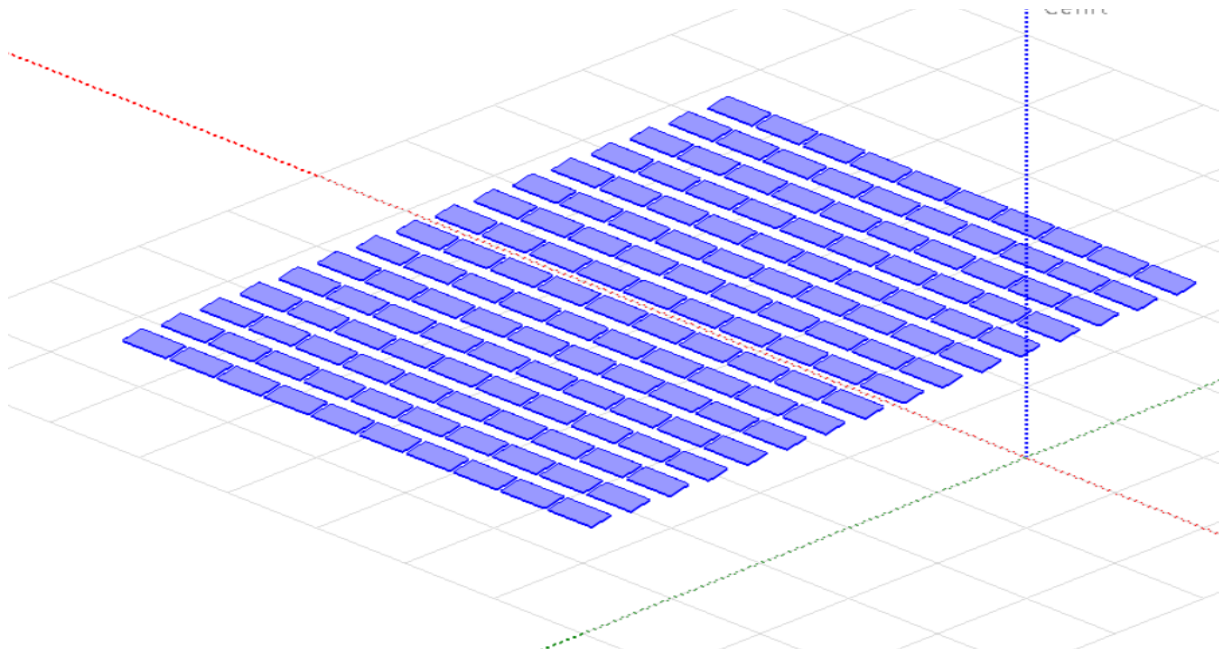


Figura 31. Software PVsyst. Ubicación de los módulos.
Fuente: El Autor.

En la Figura 32 se obtiene el porcentaje de sombreado que tiene los módulos durante el transcurso del día.

Tabla de factores de sombreado (lineal), para el componente del haz, Oriente #1

Azimut	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
Altura																				
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.147	0.190	0.147	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2°	Detrás	Detrás	Detrás	0.000	0.000	0.087	0.458	0.599	0.669	0.720	0.669	0.599	0.458	0.087	0.000	0.000	Detrás	Detrás	Detrás	0.000

Factor de sombreado para difuso: 0.016 y para albedo: 0.625

Figura 32. Software PVsyst. Factor de sombreado.
Fuente: El Autor.

Ya ingresados todos los datos y comprobado los elementos de la simulación llegamos a la finalización de la simulación y comprobación de la factibilidad técnica de la planta fotovoltaica, el software PVsyst, proporciona los datos de producción mensual y anual de energía como se muestra a continuación en la Figura 33.

Parámetros de simulación

Variante: Nueva variante de simulación

Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Sitio: Honorato Vasquez Módulo FV: JKM-605N-78HL4-BDV Inversor: NXV0030

Horizonte: Horizonte libre Unidad potencia: 605 Wp Unidad potencia: 30.0kW

Sistema: Conectado a la red Núm. de módulos: 160 Núm. de inversores: 3

 Potencia del conjunto: 96.8 kWp Pnom AC: 90.0kWca

Herramientas avanzadas

Definiciones adicionales opcionales, Solo para análisis de datos refinados.

Almacen. de datos por hora Simulación por lotes

Gráficos especiales Herramienta de optimización

Comparaciones Herramienta de envejecimiento

Archivo de salida .csv Activar archivo de salida

Fechas de simulación

Estas fechas corresponden a las fechas de su archivo meteo. No pueden ser superados.

desde: 1/1/1990 Inicio de datos meteo

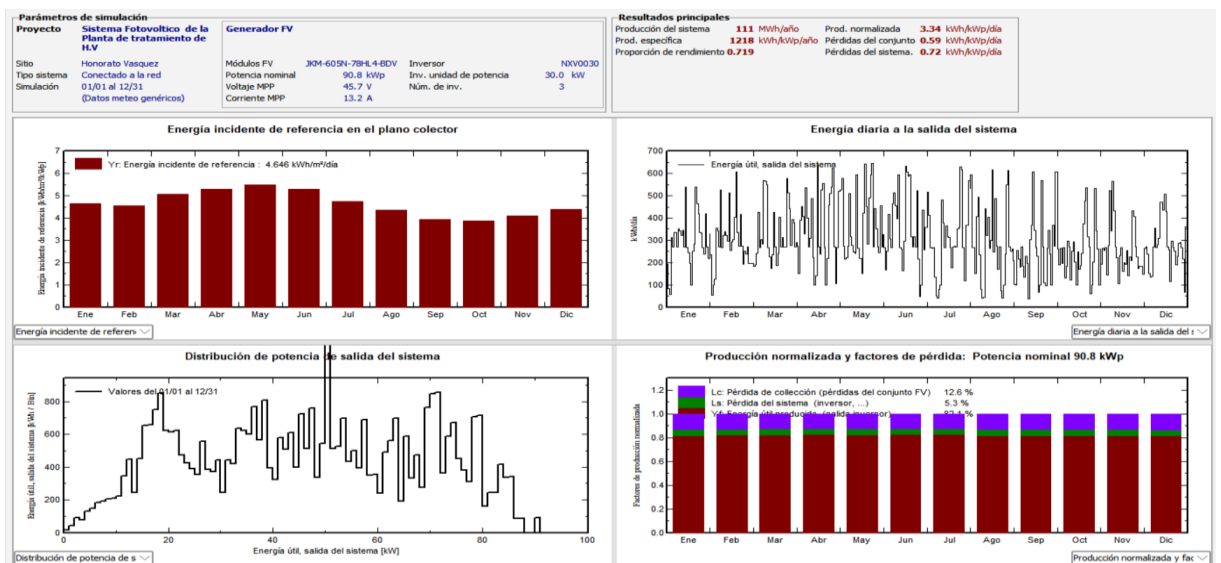
hasta el: 12/31/1990 Fin de datos meteo

NB: 1990 indica un año genérico, es decir, que no corresponde a datos realmente medidos para un momento dado

Figura 33. Software PVsyst. Parámetros de simulación.

Fuente: El Autor.

Los resultados obtenidos en la simulación son parecidos a los resultados de los cálculos obtenidos anteriormente como se muestra en la Figura 34 y en el informe final en el ANEXO 4.



Emissiones reemplazadas

Total: 1284.1 tCO₂

Sistema de producción: 134.18 MWh/año

Emissiones del ciclo de vida de la red: 319 gCO₂/kWh

Fuente: Lista IEA

País: Ecuador

Toda la vida: 30 años

Degradación anual: 1.0 %

Figura 34. Software PVsyst. Resultados finales.

Fuente: El Autor.

3.12 Diseño estructural del Sistema Fotovoltaico

Todas las partes que componen el sistema fotovoltaico conforman los resultados imprescindibles para captar la energía en un sistema fotovoltaico para llevar a cabo una generación de energía limpia. Tratándose de un recurso eficaz cuya demanda ha ido en aumento al ser responsable de suministrar energía eléctrica a viviendas aisladas que no cuentan con red eléctrica.

Para este proyecto se partirá de las medidas normalizadas de un módulo fotovoltaico ya existente, por lo que la distribución de las vigas no variará según lo planteado y se logre una mayor exactitud de la estructura para el sistema fotovoltaico como se indica en la Figura 35.



Figura 35. Estructura para el sistema fotovoltaico
Fuente: El Autor.

3.12.1 Tipo de panel solar dimensiones y peso

El panel a utilizar es el Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt con una capacidad de 600W y un peso de que posee 156 (2*78) celdas dando una potencia de 600 Wp el cual tiene un peso de 76.38 lbs (34.6kg) y las dimensiones son la de la Figura 36.

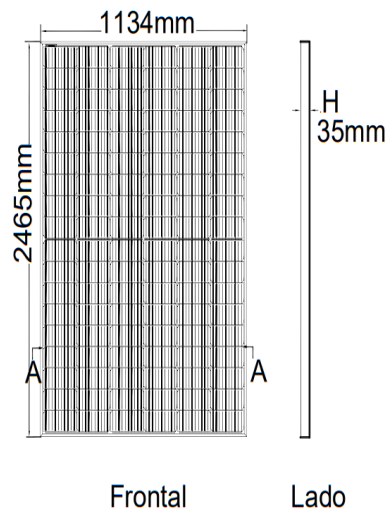


Figura 36. Panel solar. Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt.
Fuente: El Autor.

La Figura 37 muestra un esquema para llevar a cabo el cálculo de la altura y distancia mínima de los paneles solares para evitar sombras entre la fila de paneles.

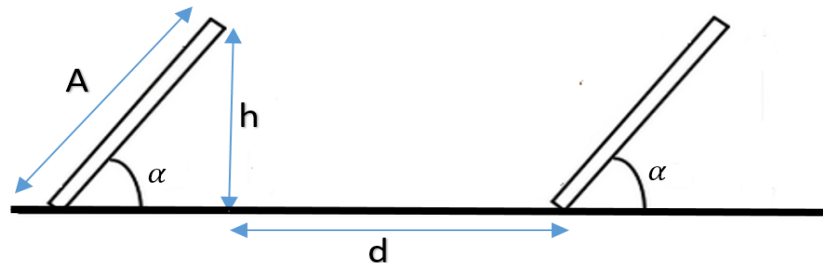


Figura 37. Distancia y altura de los paneles.

Fuente: El Autor.

Obtenemos la altura mediante la medida del panel. Inclinación de soporte del módulo: 15 grados y la latitud del lugar que es Latitud: -2.544759

$$h = A * \text{sen}(\alpha) \quad (16)$$

$$h = 2465\text{mm} * \text{sen}(15)$$

$$h = 637.989\text{mm} \approx 0.64 \text{ m}$$

coeficiente k, en función de la latitud es.

$$k = \frac{1}{\tan(61 - \text{latitud})} \quad (17)$$

$$k = \frac{1}{\tan(61 - (-2.544759))}$$

$$k = 0.49771$$

y a la distancia mínima de sombreado.

$$d = k * h \quad (18)$$

$$d = 0.49771 * 0.64$$

$$d = 0.31\text{m}$$

La distancia calculada entre panel y panel es de 0.31m, pero para instancias de mantenimiento y limpieza de paneles se considera una distancia de 0.50m garantizando así el fácil acceso.

$$d = 0.50\text{m}$$

3.12.2 Estimación de la Superficie para la implementación de los módulos del Sistema Fotovoltaico

Se lleva a cabo un estimado de la superficie necesaria para el caso de los paneles solares para la instalación del sistema, se toma una inclinación de 0° con respecto a la horizontal y se tomara las dimensiones del módulo proporcionadas por el fabricante.

$$\text{Superficie módulo} = \text{Dimensión del módulo} \quad (19)$$

$$\text{Superficie módulo} = 2.465\text{m} * 1.134\text{m}$$

$$\text{Superficie módulo} = 2.795\text{m}^2\text{módulos}$$

La superficie adecuada será.

$$\text{Superficie estimada para módulo} = \text{Dimensión del módulo} * \text{Npaneles} \quad (20)$$

$$\text{Superficie estimada para módulo} = 2.795\text{m}^2\text{módulos} * 162 \text{ módulos}$$

$$\text{Superficie estimada para módulo} = 452.79\text{m}^2 \approx 453\text{m}^2$$

La superficie real del terreno para la construcción de las estructuras es de 500 m^2 y el espacio calculado es de 453m^2 teniendo una sufrienteamente adecuado para la construcción de las estructuras de los módulos. En la Figura 38 se indica un modelo de las estructuras a construir.

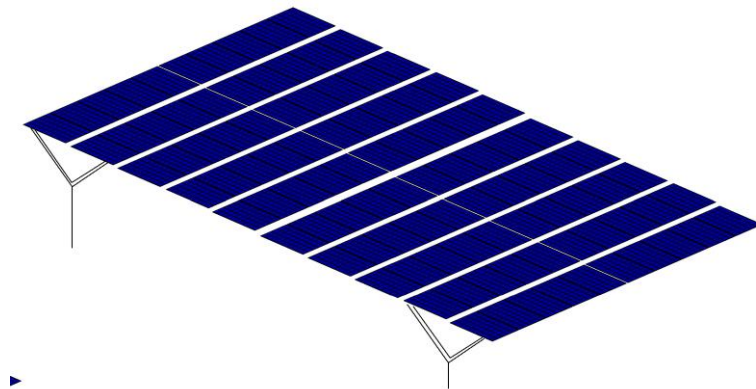


Figura 38. Área de construcción 475 m^2 .
Fuente: El autor.

La superficie real del terreno es de 500 m² para la mejor adecuación de los módulos y sus respectivos ductos del cableado desde los módulos así el inversor y las baterías.

3.13.3 Estimación de la Superficie para la instalación de los módulos en serie

En la Figura 39 se llevará a cabo el cálculo de la distancia aproximada de los paneles solares para la fila de paneles.

$$\text{Superficie estimada para la fila} = \text{ancho del módulo} * N_{\text{paneles}} + 5\% \quad (21)$$

$$\text{Superficie estimada para módulo} = (1.134 \text{ m} * 10) + 5\%$$

$$\text{Superficie estimada para módulo} = 11.5 \text{ m}$$

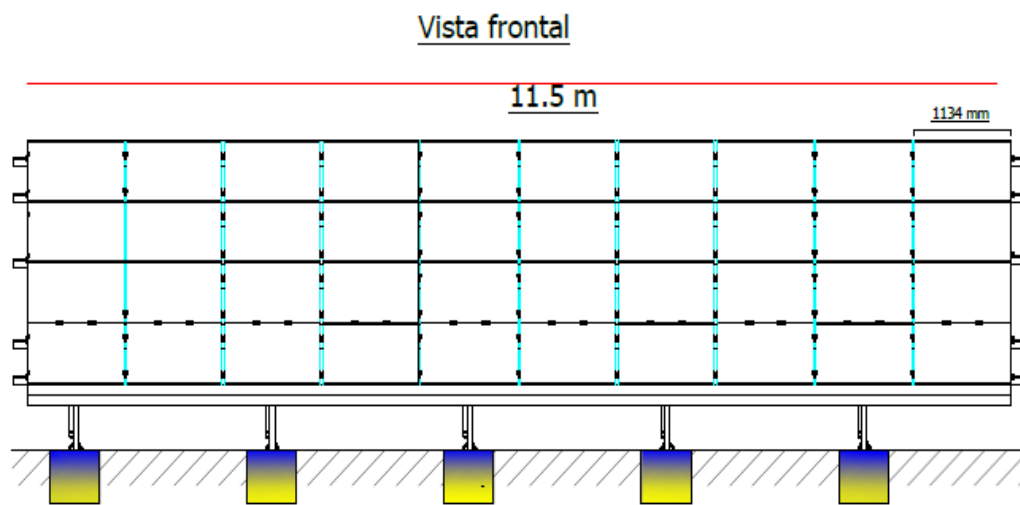


Figura 39. Dimensión de la estructura de los módulos.
Fuente: El autor.

3.12.4 Diagrama de la estructura

Se ha diseñado un diagrama de la estructura para los paneles en AutoCAD con sus respectivas vistas. Como se indican Figura 40.

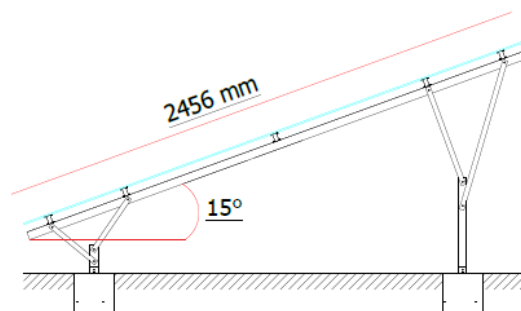


Figura 40. Vista lateral de la estructura.
Fuente: El autor.

La Figura 41 Muestra él esquema de la vista frontal de la estructura con sus respectivos paneles.

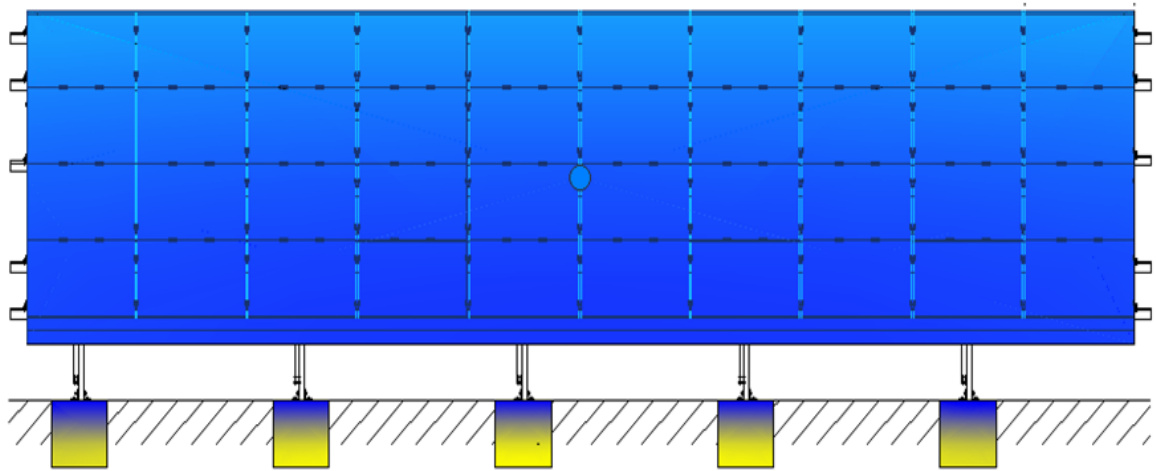


Figura 41. Vista Frontal de la estructura.
Fuente: El autor.

La Figura 42 Muestra él diseño de la vista posterior de la estructura con sus respectivos bases y armazón.

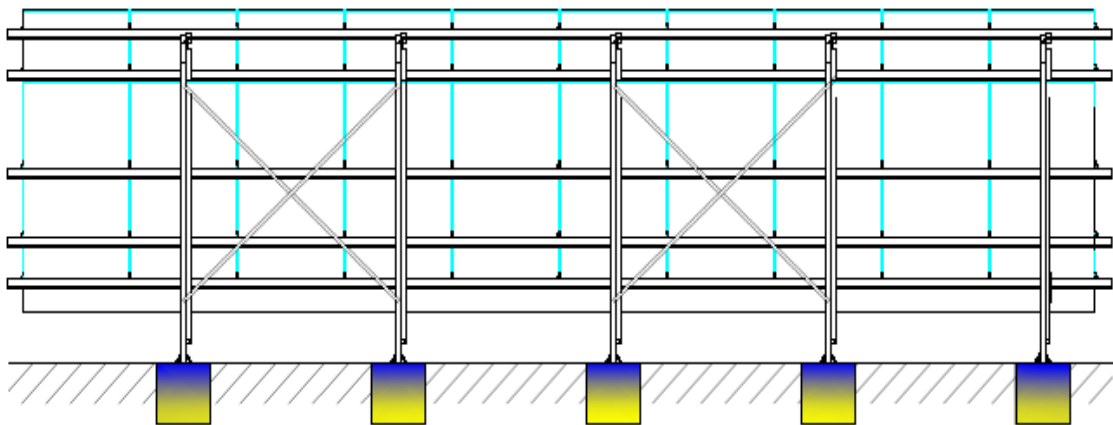


Figura 42. Vista trasera de la estructura.
Fuente: El autor.

3.13.5 Ductos y pozos de revisión

El pozo tendrá un diámetro de construcción que será de 60x60x60cm el trayecto subterráneo se protegerá mediante ductería de PVC 110mm color naranja a una profundidad de 0,60 m lo cual garantizara los condurares que irán desde los paneles asía el inversor. Cono se indica en la Figura 43.

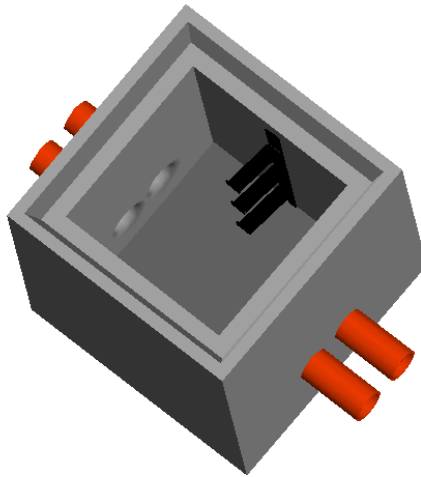


Figura 43. Pozo de comunicación y revisión 60x60x70.
Fuente: (Minas, 2022).

La Figura 44 se indicará que las tapas tendrán un marco y brocal metálico construido de pletina de acero de espesor.

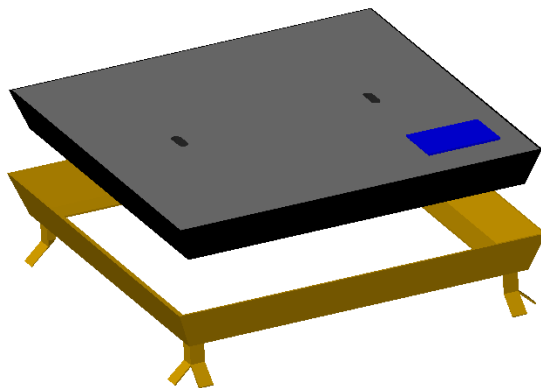


Figura 44. Tapa de hormigón 60x60.
Fuente: (Minas, 2022).

CAPITULO 4

4. Análisis de costo del sistema fotovoltaico para la planta de tratamientos de aguas residuales de Honorato Vásquez.

Para llevar a cabo el análisis del sistema fotovoltaico sugerido se tendrá en cuenta los paneles fotovoltaicos de modelo Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt, con lo cual se procede a realizar el diseño y análisis técnico-económico para la generación de energía solar de auto consumo para la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Honorato Vásquez de la Provincia del Cañar.

Mediante este análisis se pretende dar una alternativa eficiente, confiable y sobretodo amigable con el medio ambiente aprovechamiento de los recursos de la energía renovable solar.

4.1 Análisis del costo de los implementos del sistema fotovoltaico.

Mediante la Tabla 8 se presenta los componentes que influirán en el diseño e instalación del sistema fotovoltaico proyectado.

Cabe reiterar que estos precios son aproximados, puesto que los valores del mercado pueden alterarse dependiendo de la estabilidad económica del país

Tabla.8. Materiales y componentes

Descripción	Cantidad unidades	Costo (USD)	\$ Costo total \$ (USD)
Panel Solar 2.46x1.13m 605 W	160	370,45	\$59272
Inversor Solaris 30kw	3	16.594,7	\$49784.1
Baterías litio 48V 100 Ah	82	1400	\$114800
Estructura panel 12x2.41m alm	16	650	\$10400
Base de hormigón 30x 30x45cm	160	13	\$2080
Pozo de conexión 60x60x60cm inc tapa	17	243	\$4131
Cable concéntrico 2x12 AWG	100 m	1.80	\$180
Cable TTU 3/0 AWG superfex (salida del inversor)	30	2.70	\$81

Cable de baterías Cobre N 4 AWG	10 m	4.50	\$45
Cable AWG flex N12	200 m	0.67	\$134
Abrazadera intermedia (para panel solar)	288	1.25	\$360
Abrazadera final 40mm (para panel solar)	64	1.25	\$80
Terminal de conexión a tierra – Cooper 40mm (para panel solar)	160	1.50	\$240
Soportes de montaje inclinable ajustables para panel solar	160	16.50	\$2640
Gabinete Metálico 20X20X15 Doble Fondo	16	20	\$200
Gabinete Metálico 30X20X15 Doble Fondo	1	35	\$35
Breaker-riel- 20 A monofásico	16	6.50	\$104
Breaker-caja-moldeada-3-polos 250 A	3	95	\$285
Varilla Copperweld Alta Camada 5/8 X 1.80 Mtrs	2	7	\$14
Tubería ducto eléctrico naranja PVC 6m	12	20	\$240
Amaras práctica , citas aislante, cinta autofundente, etc.	1	100	\$50
<i>Total</i>			\$245155

Fuente: El autor.

El costo del sistema fotovoltaico es de \$245155 USD aproximadamente esto varía dependiendo del mercado y su inflación monetaria.

4.2 Análisis del costo inicial del sistema fotovoltaico.

En la Tabla 9 se presenta el costo inicial que se necesitara para la implementación del sistema fotovoltaico proyectado.

Se debe tener en cuenta que estos valores son aproximados y va tener una variación dependiendo de las circunstancias y valor monetario del mercado.

Tabla.9. Costo inicial del sistema fotovoltaico.

Actividades	P. Total
Estudio del sistema fotovoltaico	\$750
Adecuación del terreno (graba, lastre, maquinaria)	\$1080
Cimentación de bases para el soporte del panel	\$300
Construcción de ductos eléctricos	\$350
Costo de instalación del sistema fotovoltaico	\$11870
Trasporte de material del sistema fotovoltaico.	\$ 800
Adquisición de componente y materiales para el sistema fotovoltaico	\$245155
TOTAL	\$260.305

Fuente: El autor

4.3 Análisis de costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico.

En la Tabla 10 se especifica el mantenimiento de sistema fotovoltaico se lo debe realizar cada 3 meses a 5 meses al año cuando así lo requiera según lo estación climática ya sea invierno o verano.

Tabla.10. Mantenimiento del sistema fotovoltaico.

Actividad	Personal requerido	Horas - hombre	P. Hora-h	P. total
Limpieza de paneles	Ing. Eléctrico	8-hh	\$ 8.50	\$ 104.8
	Tec. Eléctrico		\$ 4.62	
Limpieza de maleza en la superficie de las estructuras	Jardinero	6-hh	\$ 2.80	\$ 16.80
Revisión de caja de distribución y protección	Ing. Eléctrico	4-hh	\$ 8.50	\$ 52.48
	Tec. Eléctrico		\$ 4.62	
Control de plagas	Jardinero	2-hh	\$ 2.80	\$ 5.60
Control de humedad en cuarto de baterías	Ing. Eléctrico	4-hh	\$ 8.50	\$ 52.48
	Tec. Eléctrico		\$ 4.62	
Megado de conductividad de los conductores subterráneos	Ing. Eléctrico	4-hh	\$ 8.50	\$ 52.48

	Tec. Eléctrico		\$ 4.62	
Total				\$284.64

Fuente: El autor.

4.4 Presentación de resultados.

En la Tabla 11 se realizará el análisis y resultados del sistema instalado, se tendrá en cuenta que este proyecto tendrá una vida útil de 25 años con un análisis del 100% de respaldo por parte del fabricante en condiciones normales, los inversores tendrían una potencia de 30kW cada uno para nuestro sistema se implementó tres inversores para una potencia de 90kW lo que proporciona un adecuado funcionamiento.

Tabla 11. Características técnicas

Descripción	Cantidad	Variable
Energía generada	90	kWh
Potencia del inversor	30	kW
Cantidad de inversores	3	u
Tiempo que garantiza la potencia nominal	25	años
Costo del kWh	0.077	cUSD
Tiempo del costo de garantía	25	años
Porcentaje anual del incremento del precio	15%	Anual

Fuente: El autor.

El sector comercial paga \$ 0.077 cUSD el kilovatio hora (kWh) como se pudo analizar según el valor que es tomado como referencia de la EERCS.

Se identifica el costo de instalación, en la Tabla 12 para esto se analizó los cálculos basados en la Tabla 8, dando nos un valor aproximado de contrición de \$ 260155 USD los cuales se pretende reponer en un lapso aproximado de 25 años, tomando el costo de cuidad técnico dos veces al año es de 569.28 USD el cual puede llegar a modificarse dependiendo del personal técnico del mantenimiento del sistema.

Tabla 12. Costo de inversión del sistema fotovoltaico.

Descripción	Cantidad	Variable
Valor aproximado de la instalación	\$260155	Dólar
Amortización	25	años
Costo de mantenimiento anual	\$569.28	Dólar
Total en 25 años	\$2742122	Dólar

Fuente: El autor.

4.5 Análisis de factibilidad economía del sistema.

En el siguiente tema se llevará el análisis de factibilidad de instalación de un sistema fotovoltaico mediante una evaluación técnica y económica en el uso de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Honorato Vásquez para la cual se tomará en cuenta las variables de entrada, elementos a utilizarse para el dimensionamiento del sistema, simulación optimización del sistema eléctrico.

La Tablas 13, muestran los valores facturados del consumo de energía anual para la tarifa horaria de 8 am a 22 pm y de 22 pm a 8 am con la medición en kWh.

Tabla 13. Valor mensual facturado en tarifa del año 2023-2024.

Mes	Consumo Energía			
	USD/kWh	kWh	Comercialización (\$)	Subtotal \$
Abril	0.077	13501.74	1.41	1041.04
Mayo	0.077	10111.1	1.41	779.96
Junio	0.077	9444.44	1.41	728.63
Julio	0.077	10666.7	1.41	822.74
Agosto	0.077	8556.56	1.41	660.26
Septiembre	0.077	5730.34	1.41	442.64
Octubre	0.077	6777.83	1.41	523.30
Noviembre	0.077	5556.64	1.41	429.27
Diciembre	0.077	5558.64	1.41	429.42
Enero	0.077	6767.83	1.41	522.53
Febrero	0.077	6811.56	1.41	525.90
Marzo	0.077	5729.34	1.41	442.56
Total de consumo anual		95212.72kWh		\$ 7348.29

Fuente: El autor.

En la siguiente Tabla 14 se muestra el consumo mensual producido por sistema fotovoltaico.

Tabla.14. Valor mensual del sistema fotovoltaico.

Mes	Consumo Energía		
	USD/kWh	kWh	Subtotal \$
Enero	13806	13806	1063.06
Febrero	12055.5	12055.5	928.27
Marzo	13547.7	13547.7	1043.17
Abril	13050.9	13050.9	1004.91
Mayo	14020.2	14020.2	1079.55
Junio	13655.7	13655.7	1051.48
Julio	14886.9	14886.9	1146.29
Agosto	14337	14337	1103.95
Septiembre	14412.6	14412.6	1109.77
Octubre	14943.6	14943.6	1150.66
Noviembre	14310.9	14310.9	1101.94
Diciembre	14420.7	14420.7	1110.39
Total, anual		167447.7kWh	\$12893.47 UDS

Fuente: El autor

En base a la información obtenidos de proyección la demanda de cada mes del sistema fotovoltaico en funcionamiento y con el informe obtenido de las planillas del año 2023-2024 se calcula un ahorro anual lo que se indicara en la Tabla 15.

Tabla 15. Ahorro porcentual mensual sin SFVR vs con SFVR.

Mes	Subtotal \$	Subtotal \$	Ahorro
	Sistema fotovoltaico.	Valor mensual facturado	
Enero	1063.06	521.12	541.93
Febrero	928.27	524.49	403.78
Marzo	1043.17	441.15	602.01
Abril	1004.91	1039.63	-34.71
Mayo	1079.55	778.55	301.00
Junio	1051.48	727.22	324.26
Julio	1146.29	821.33	324.95

Agosto	1103.94	658.85	445.09
Septiembre	1109.77	441.24	668.53
Octubre	1150.65	521.89	628.76
Noviembre	1101.93	427.86	674.07
Diciembre	1110.39	428.01	682.37
Total	\$ 12893.47 USD	\$ 7331.37 USD	\$5562.09 USD

Fuente: El autor

El porcentaje de ahorro e mínimo es de \$5562.09 USD al año.

En la Tabla 16 se verificar si en los 25 años el sistema fotovoltaico es factible.

Tabla 16. Ahorro porcentual de 25 años con SFVR.

Años	Inversión \$	Ahorro \$	Total \$
1	274212	5562.09	268649.90
2	268649.90	5562.09	263087.81
3	263087.81	5562.09	257525.72
4	257525.7	5562.09	251963.62
5	251963.62	5562.09	246401.53
6	246401.53	5562.09	240839.43
7	240839.43	5562.09	235277.34
8	235277.34	5562.09	229715.25
9	229715.25	5562.09	224153.15
10	224153.15	5562.09	218591.06
11	218591.06	5562.09	213028.97
12	213028.97	5562.09	207466.87
13	207466.87	5562.09	201904.78
14	201904.78	5562.09	196342.69
15	196342.69	5562.09	190780.59
16	190780.59	5562.09	185218.50
17	185218.50	5562.09	179656.41
18	179656.41	5562.09	174094.31
19	174094.31	5562.09	168532.22
20	168532.22	5562.09	162970.13
21	162970.13	5562.09	157408.03
22	157408.03	5562.09	151845.94
23	151845.94	5562.09	146283.85
24	146283.85	5562.09	140721.75
25	140721.75	5562.09	135159.66

Fuente: El autor.

La figura 44. Muestra el ahorro porcentual en un lapso de 25 años del sistema fotovoltaico.

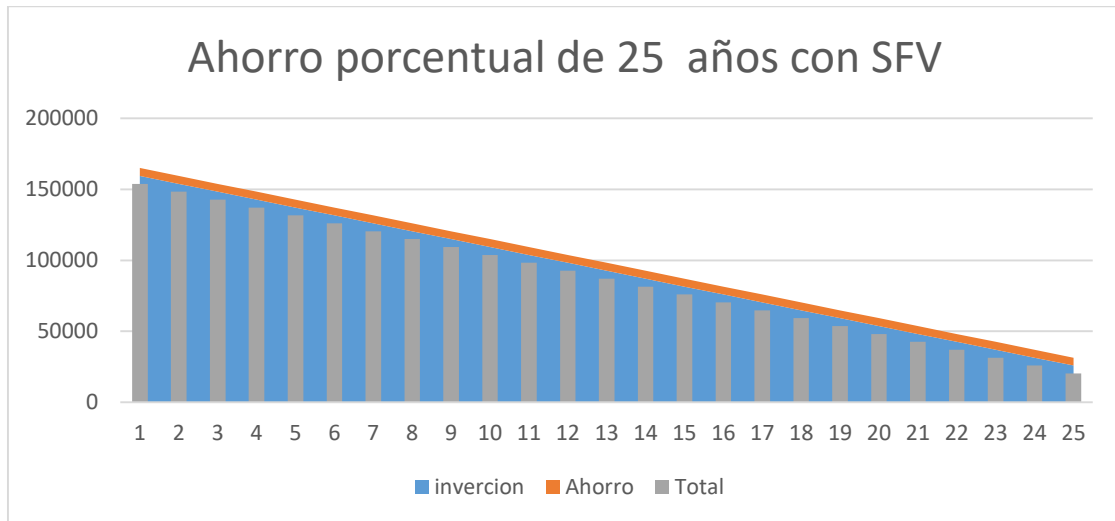


Figura 44. Ahorro porcentual de 25 años con SFV.

Fuente: El autor

De acuerdo a los datos obtenido se ve que no se recupera la inversión en un plazo de 25 años lo que no es factible la inversión por el costo de los elementos que es demasiado elevado.

Lo cual nos deja con un monto en contra de \$1 351 159.66.

La Tabla 17 indica otro tipo de análisis en el que podemos obtener otro tipo de sistema fotovoltaico el mismo que estaría en modo de autoconsumo sin el banco de baterías lo cual nos reducirá en un gran porcentaje la inversión inicial

Tabla 17. Ahorro porcentual de 30 años con SFV sin banco de baterías.

Años	Inversión \$	Ahorro \$	Total \$
1	159412	5567.09	153849.90
2	153849.90	5567.09	148287.81
3	148287.81	5567.09	142725.71
4	142725.71	5567.09	137163.62
5	137163.62	5567.09	131601.53
6	131601.53	5567.09	126039.43
7	126039.43	5567.09	120477.34
8	120477.34	5567.09	114915.25
9	114915.25	5567.09	109353.15
10	109353.15	5567.09	103791.06
11	103791.06	5567.09	98228.97
12	98228.97	5567.09	92666.87
13	92666.87	5567.09	87104.78
14	87104.78	5567.09	81542.69

15	81542.69	5567.09	75980.59
16	75980.59	5567.09	70418.50
17	70418.50	5567.09	64856.41
18	64856.41	5567.09	59294.31
19	59294.31	5567.09	53732.22
20	53732.22	5567.09	48170.13
21	48170.13	5567.09	42608.03
22	42608.03	5567.09	37045.94
23	37045.94	5567.09	31483.85
24	31483.85	5567.09	25921.75
25	25921.75	5567.09	20359.66
26	20359.66	5567.09	14796.57
27	14796.57	5567.09	9232.47
28	9232.47	5567.09	3667.38
29	3667.38	5567.09	-1898.71
30	-1898.71	5567.09	-7465.80

Fuente: El autor.

La figura 45. Muestra el ahorro porcentual en un lapso de 30 años del sistema fotovoltaico en modo autoconsumo y sin el implemento del banco de baterías.

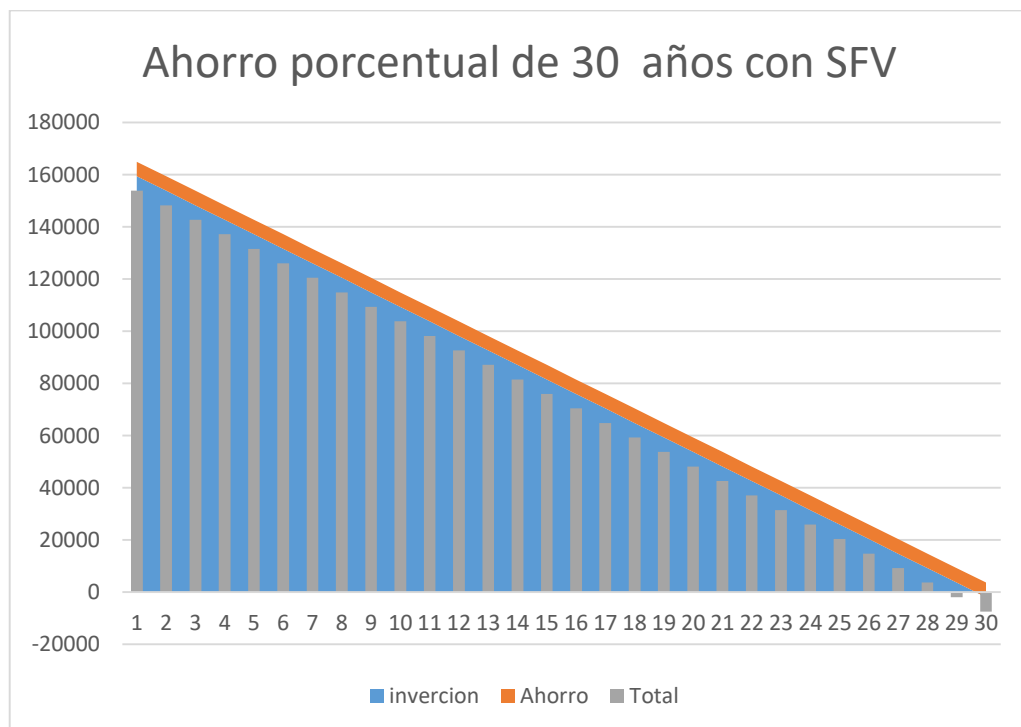


Figura 45. Ahorro porcentual de 30 años con SFV sin banco de baterías.

Fuente: El autor

De acuerdo a los datos obtenidos podemos recuperar la inversión en un plazo de 30 años.

Lo cual nos deja con un monto de \$ 7 465.80 USD.

CONCLUSIONES

El tipo de energía alternativa y renovable que hoy en día tenemos a nuestra disposición y con la aplicabilidad a sistemas eléctricos convencionales ya existentes, hace que los mismos sistemas puedan operar de forma híbrida, es decir, con energía convencional y energía renovable, en este caso un sistema fotovoltaico, como se presenta en el análisis y estudio de este proyecto aplicado a una planta de tratamiento de desechos residuales.

Para realizar el análisis de factibilidad del sistema fotovoltaico para la planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia de Honorato Vázquez de la Provincia del Cañar se lo ha realizado mediante los principios de la normativa ARCERNR-001/2021, en la cual nos indica la nueva actualización a la normativa en esta resolución. Nos indica cual sería la capacidad máxima de producción de un sistema fotovoltaico por parte del cliente tendrá que ser hasta de 100 kW, con la cual podemos tener un límite estipulado por el ARCONEL.

Se realizó el estudio de la factibilidad económica y técnica aplicado a un sistema fotovoltaico híbrido. Como alternativa al uso de energía convencional en una planta de tratamiento de desechos residuales ubicada en la provincia del Cañar parroquia Honorato Vázquez, de tal manera que la energía solar que irradia en la zona es la más idónea ya que en los meses de mayor incidencia es de 5.36 HSP/d y la más baja es de 4.78 HSP/d por la ubicación geográfica en la que se encuentra el país concluyendo que el sistema. Fotovoltaico es aplicable para el desarrollo de dicho proyecto.

Se diseñó un sistema fotovoltaico el cual está conformado por 160 paneles solares, asumiendo el nivel de incidencia más bajo que es de 4.78 HSP/d, generando al año 135667.872 kWh, y con un resultado aproximado en la simulación de 134180 kWh garantizando de este modo el sistema abastece de forma eficiente el consumo de la planta de tratamiento que en el año registra 95,212.72 kWh.

En el desarrollo del proyecto se analizó la factibilidad económica del mismo, concluyendo que, para el sistema solar fotovoltaico propuesto, el almacenamiento de energía a través de baterías encarece el proyecto por tanto se recomienda que funcione como un sistema híbrido o de autoconsumo evitando así el uso de baterías garantizando de esta forma la recuperación de la inversión en un plazo de 30 años aproximadamente.

RECOMENDACIONES

Para realizar este tipo de estudio se debe desarrollar un estudio previo de la cantidad de irradiación solar que puede suministrar en el lugar donde se va a llevar el diseño del sistema fotovoltaico mediante diferentes páginas web para así tener un mejor resultado y poder cumplir con todas las normativas presentes en el ARCONEL con el cual evitamos tener problemas con el cliente por el mal uso de la energía renovables

Para implantar este tipo de sistema energético se requiere de una gran capacitación y conocimiento para obtener una adecuada instalación y mantenimiento lo cual se recomienda una actualización de conocimientos por parte de la universidad y del estudiante.

Elaborar un adecuado dimensionamiento del sistema fotovoltaico de acuerdo a las necesidades del cliente, así garantizaremos su óptimo funcionamiento a lo largo de su vida útil

Finalmente se explica cómo varios países del mundo han sido capaces de aprovechar estos recursos de manera factible de esta manera mejorar la tecnología de un sistema fotovoltaico logrando reducir los costos de inversión lo cual provoca que los usuarios puedan realizar sus inversiones con facilidad

En el Ecuador se debería tener presente este tipo de construcciones para que sea más factible la construcción de un sistema fotovoltaico y garantizar la recuperación de la inversión a largo plazo para poder continuar con este tipo de energía

REFERENCIAS

- Aspowerbattery. (2024). www.aspowerbattery.com. Fonte: www.aspowerbattery.com/ES/productshow_2160.html.
- Chapman, S. J. (s.f.). *Máquina Eléctricas*. Colombia: Mc Graw Hill.
- Cuauhtli, D., & Sánchez, F. (2009). Estudio del ajuste y operación de la aplicación del relevador SEL-300G Aplicado a un generador síncrono. Mexico D.F.: s.e.
- Google Earth. (01 de 2024). Obtenido de www.google.es/intl/es/earth/index.html: www.google.es/intl/es/earth/index.html
- Sol-ark. (2024). <https://es-la.sol-ark.com>. Fonte: <https://es-la.sol-ark.com/productos/30k-3p-208v-n/>.
- Bolaños Jiménez, C. A., & Gómez Ramírez, G. (2023). Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias Methodology for the implementation of photovoltaic systems with storage for small industries, 36, 18–32.
- Borbor Merchan, W. F. (2021). Sistema Fotovoltaico Para Casas Individuales En La Comunidad Masa 2 – Golfo De Guayaquil. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19742/1/UPS-GT003110.pdf>
- Barreto, C. J. (2022). Proyecto modelo para la gestion del desarrollo de sistema fotovoltaico para conjuntos residenciales de la ciudadela la prosperidad madrid cundinamarca. Madrid.
- Cabrales, A., De la Cruz, F., Otero, M., & Andres, R. (2022). Photovoltaic systems: energy solution in isolated communities. Periodicidad: Semestral, 9(2), 2022. Retrieved from <http://portal.amelica.org/ameli/journal/690/6903714009/html/>
- Cabrera W, & Villa I. (2022). Diseño E Implementacion De Un Sistema Solar Fotovoltaico Para Una Residencia QueIncluye Sistemas Smart Home En El Cantón Paute, Sector San Cristobal.
- Castillo, A. P., & Benítez, A. S. (2015). Rediseño del Sistema de Gestión Energético de la Comunidad Cerrito de los Morreños.
- Coronel, B. J. (2023). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energia electrica al caserio Barn guar. Bagua
- Domingo, E., Domingo, E., & Domingo, E. (2023). ISSN : 2806-5905, 4.
- Electricista, I. (2022). Análisis de la incidencia de reflexión solar sobre un sistema fotovoltaico.
- Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). "Estudio e implementación de un Sistema Fotovoltaico aplicado a luminarias: Caso de estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero". Universidad Politecnica Salesiana, 0(0), 1–97. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>
- Guardarrama, J. R. (2023). Consideraciones teóricas de la integración de los parques solares fotovoltaicos en los sistemas Eléctricos de potencia . Autores :, (March).

- Kutlu, T. (2023). EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS PERTURBACIONES EN EL SEP. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 4(1), 88–100.
- Máster, T. F. De, Utoconsumo, E. S. D. E. L. A., Ndalucía, V. D. E. A., Marín, C., Francisco, P. D., & Muñoz, J. (2017). ESTUDIO DEL AUTOCONSUMO FOTOVOLTAIC. ANALISIS DE SISTEMAS DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICOPARA DIFERENTES VIVIENDAS DE ANDALUCIA.
- Mecánica, F. DE, por, P., & Diego Cruz Freire Darwin Vinicio Chimbo Chimbo, J. (2015). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Ministerio de Desarrollo Humano y de Vivienda. (2011). Norma Ecuatoriana De Construcción, Nec - 11. Capítulo 14 Energías Renovables, 110.
- Minas, M. d. (2022). SECCIÓN 2: MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS.
- Plutzer, M. B. B. and E. (2021). DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MEDIANTE LODOS ACTIVADOS PARA LA COMUNIDAD DE PESILLO, PARROQUIA OLMEDO.
- Prat Viñas, L. (2010). Dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos, (3500), 61. Retrieved from <http://ocw.upc.edu/>
- Sebastián, G., & Yajamín, I. (2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances , desafíos y perspectivas Evaluation of the current state of photovoltaic systems in Ecuador : progress , challenges and outlook, 9493–9509.
- Sistemas_fotovoltaicos_Sistemas_Fotovolt.pdf. (n.d.).
- Jimbo, M. H. (2018). Iluminacion del parque de la Universidad Catolica de Cuenca con energia fotovoltaica . Cuenca.

ANEXO 1.

www.jinkosolar.com



Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

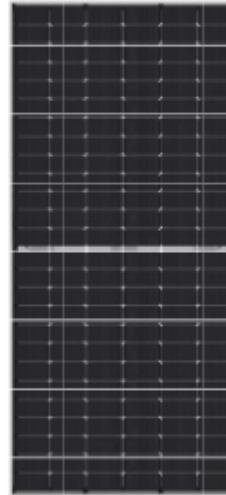
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

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



Hot 2.0 Technology

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



PID Resistance

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



Enhanced Mechanical Load

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



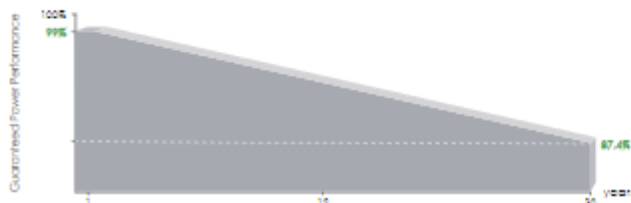
Higher Power Output

Module power increases 3-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



POSITIVE QUALITY
Customer Satisfaction

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

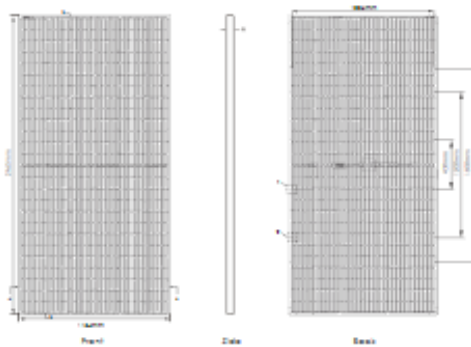


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

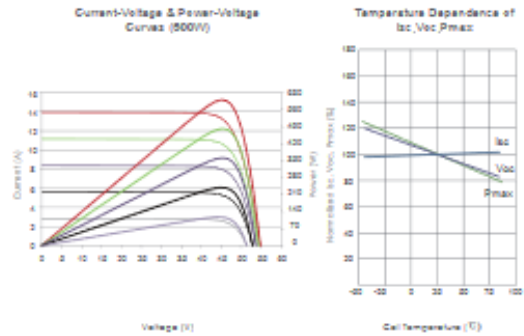


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallet, 62pcs/stack, 676pcs/ 40HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2665x1134x35mm (97.05x44.65x1.38 inch)
Weight	34.6kg (76.35 lb)
Front Glass	3.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	3.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM570N-78HL4-8DV		JKM575N-78HL4-8DV		JKM600N-78HL4-8DV		JKM605N-78HL4-8DV		JKM610N-78HL4-8DV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (P _{max})	570Wp	444Wp	575Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	457Wp
Maximum Power Voltage (V _{mp})	44.91V	41.89V	45.08V	42.00V	45.25V	42.12V	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V
Maximum Power Current (I _{mp})	13.14A	10.89A	13.20A	10.65A	13.26A	10.71A	13.32A	10.77A	13.38A	10.83A
Open-circuit Voltage (V _{oc})	54.74V	52.02V	54.90V	52.15V	55.03V	52.27V	55.17V	52.41V	55.31V	52.56V
Short-circuit Current (I _{sc})	13.71A	11.07A	13.79A	11.13A	13.87A	11.20A	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A
Module Efficiency STC (%)	21.11%		21.29%		21.46%		21.46%		21.82%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficient of P _{max}	-0.30%/°C									
Temperature coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C									
Temperature coefficient of I _{sc}	0.044%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

%		JKM570N-78HL4-8DV		JKM575N-78HL4-8DV		JKM600N-78HL4-8DV		JKM605N-78HL4-8DV		JKM610N-78HL4-8DV	
		Maximum Power (P _{max})	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (P _{max})	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (P _{max})	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (P _{max})	Module Efficiency STC (%)	Maximum Power (P _{max})	Module Efficiency STC (%)
5%	Maximum Power (P _{max})	620Wp	22.14%	625Wp	22.35%	630Wp	22.54%	635Wp	22.73%	641Wp	22.91%
	Module Efficiency STC (%)										
15%	Maximum Power (P _{max})	679Wp	24.27%	684Wp	24.48%	690Wp	24.68%	694Wp	24.87%	702Wp	25.10%
	Module Efficiency STC (%)										
25%	Maximum Power (P _{max})	738Wp	26.38%	744Wp	26.61%	750Wp	26.83%	754Wp	27.05%	763Wp	27.38%
	Module Efficiency STC (%)										

[†]STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 🌡 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 🌡 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

©2021 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. JKMS90-610N-78HL4-8DV-F1-EN (IEC 2016)

ANEXO 2.



COMMERCIAL

30K-3P-N

208V



INSTALLATION GUIDE | USER MANUAL



FICHA TÉCNICA

30K-208V

Inversor Híbrido Comercial e Industrial

Modelo: **30K-3P-208V**
SKU: **30K-3P-208V**

Datos de Entrada (FV)	
Máx. Potencia FV Permitida (STC)	39,000W
Rango de Voltaje de Operación de MPPT	150-500V
Voltaje de Arranque	180V
Máx. Voltaje de Entrada ¹	550V
Máx. Corriente de Entrada por MPPT	36A
Máx. Corriente de Corto Circuito por MPPT	55A
No. de MPPT	4
No. de Cadenas Solares por MPPT	2
Máx. Entrada de Acoplamiento CA	51,800W
Datos de Salida (CA)	
Voltaje Nominal (3Φ)	120/208V
Frecuencia de la Red	50 / 60Hz
Potencia Real, máx. continua (3Φ)	30,000W
Máx. Corriente de Salida	83.4A
Potencia Aparente, pico (10s, off-grid, 3Φ)	45,000VA
Corriente de Paso de la Red Máxima	200A
Corriente de Paso de la Red Continua	180A
Rango de Factor de Potencia	+/- 0.8 ajustable
Tiempo de Transferencia de Respaldo	5ms (ajustable)
Eficiencia CEC	96.5%
Eficiencia Máxima	97.5%
Diseño (CD a CA)	Sin transformador CD
Apilable en Paralelo	Hasta 12 en paralelo
Datos de Entrada de Batería (CD)	
Tecnologías de Batería	Litio
No. de Entradas de Batería	2
Capacidad de Terminales de Batería	50A
Voltaje Nominal CD	≥300V
Rango de Operación de Voltaje	160 - 500V
Rango de Capacidad de Batería	50 - 9900Ah
Máx. Corriente de Carga / Descarga	100A (50A por entrada)
Controlador de Carga	3-Etapas con Ecuilibración
Eficiencia de Carga de Red a Batería	96.0%
Arranque de Generador Automático	Arranque de dos hilos - Integrado
Comunicación BMS ²	CANBus & RS485
Datos Generales	
Dimensiones (H x W x D)	894 x 528 x 295 mm (35.2 x 20.8 x 11.6 in)
Peso	80 Kg / 176 lb.
Recinto (Carcasa)	IP65 / NEMA 3R
Temperatura Ambiente	-40~60°C, > 45°C reducción de potencia
Ruido / Sonido	< 30 dB @ 25°C (77°F)
Consumo Inactivo - Sin Carga	60W
Comunicación y Monitoreo	Hardware Wi-Fi & LAN incluido
Garantía Estándar ³	10 años (15 años)
Protecciones y Certificaciones	
Certificaciones y Listados (Inversor Interactivo con Soporte a la Red)	UL 1741-2021 (UL1741SB), CSA C22.2 No 107.1-16, IEEE 1547-2018 & 1547a-2020 & 1547.1-2020 (SRD V2.0), UL 1741 CRD-PCS, UL1699B, CEC, SGIP ⁴
Interruptor de desconexión FV - NEC 240.15	Integrado
Detección de Fallos a Tierra - NEC 690.5	Integrado
Control de Apago Rápido de FV - NEC 690.12	Integrado
Detección de Arco Eléctrico (FV) - NEC 690.11	Integrado
Protección de entrada FV contra rayos	Integrado
Protección Contra Polaridad Inversa de FV	Integrado
Protección Contra Sobrecarga	CD Tipo II / CA Tipo II

1. Consulta la Guía de Instalación para detalles sobre dimensionamiento de cadenas FV; el voltaje máximo se basa en el voltaje de circuito abierto de la cadena y la temperatura mínima de diseño.

2. Se requiere comunicación activa de BMS para todas las baterías de litio. Se puede encontrar la lista de baterías compatibles en nuestro sitio web.

3. Extensión de garantía de 5 años disponible únicamente para instaladores registrados de nivel Oro.

4. En espera de ser listado.

ANEXO 3.



Energy Storage 48V100Ah(3U)

SCIFP48100 lithium-ion battery system

SCIFP48100, a powerful 48V LiFePO₄ battery product, has been especially designed to provide power backup for off-grid, on-grid and household usage energy storage systems. Its modular design enables parallel installation meeting also the needs for larger power back up.



Benefits

- Super cycle life time for energy storage application
- Compatible with multiple inverters
- Increased energy in given space
- Easy installation and upscaling
- High operational reliability
- Optimized supervision strategy through remote control/diagnostic
- Built-in intelligent BMS to protect the battery pack at any time and prolong its service life

Standards

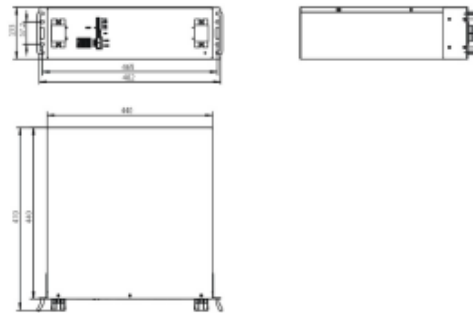
a. Product

- IEC 60950
- IEC 62321
- IEC 62133
- UN 38.3
- UL 1642
- UL 1973

b. MS certification

- ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001

Drawing



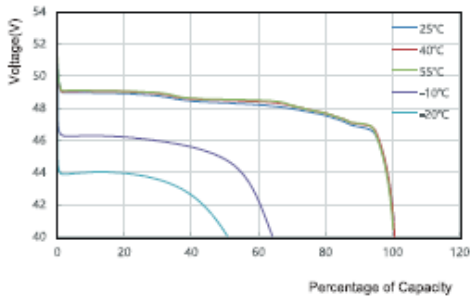
Specifications

Nominal Characteristics		
Battery Model		SCIFP48100
Nominal Voltage		48V
Typical Capacity		100Ah(25°C,0.2C)
Typical Energy		4800 Wh
Volumetric Energy Density		207.1 Wh/dm ³
Gravimetric Energy Density		118.2 Wh/kg
Dimensions	Width	440mm
	Height	133mm(3U)
	Depth	440mm
Reference Weight		39.7Kg
Electrical Characteristics		
Voltage Window		40.5~54.0V
Charge Voltage Range		52.5~54.0V
Max. Permanent Discharge Current		100A
Max. Permanent Charge Current		100A
Faradic Charge Efficiency		99% (+20°C)
Energy Charge Efficiency		94% (+20°C)
Communication Interface (optional feature)		Modbus/SNMP/TACP
Additional Features (optional feature)		LCD Display
Operation Environment		
Charge Temperature		0°C to +55°C
Discharge Temperature		-20°C to +60°C
Storage Temperature		-20°C to +60°C
Protection Class		IP20

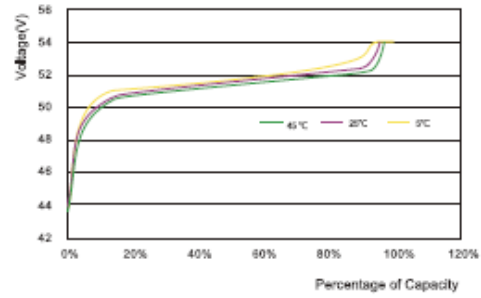
Discharge Data

Constant Current Discharge Data(25°C)												
Voltage/V	Current/A		0.1C	0.2C	0.3C	0.4C	0.5C	0.6C	0.7C	0.8C	0.9C	1.0C
	Time/h											
45.0			9.560	4.902	3.283	2.442	1.943	1.601	1.369	1.191	1.050	0.950
43.5			10.017	4.993	3.339	2.475	1.978	1.634	1.399	1.210	1.080	0.970
42.0			10.094	5.041	3.374	2.517	2.008	1.654	1.409	1.232	1.090	0.980
40.5			10.201	5.090	3.390	2.533	2.021	1.674	1.420	1.240	1.099	0.989

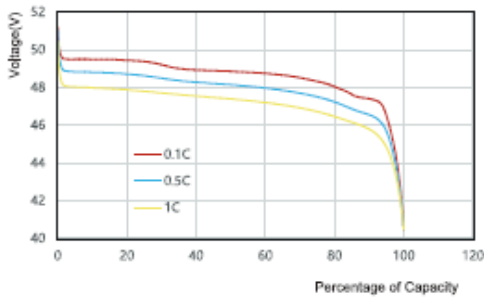
Performance Curve



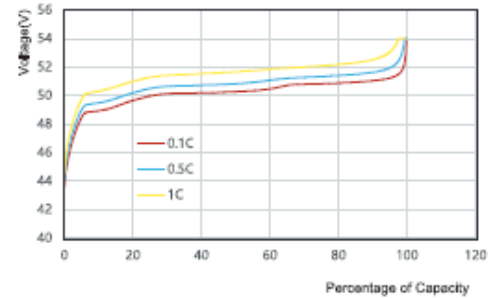
Discharge Curve at Different Temperature



Charge Curve at Different Temperature



Discharge Curve at Different Rate (25°C)



Charge Curve at Different Rate (25°C)

<p>Sacred Sun Power Sources Co., Ltd. Add: No.3 Shengyang Road, Qufu 271000 PRC Tel: +86-537-4022018 Fax: +86-537-4411580 Email: sales@sacredsun.com</p>	<p>Sacred Sun Hong Kong Co., Limited Add: RM 29C Lockhart CTR 381-387 Lockhart RD Wan Chai, Hong Kong Email: admin.hk@sacredsun.hk</p> <p>Sacred Sun Asia Pacific Pte Ltd. Add: 1, Ubi View, #04-12, Foss One, Singapore 408555 Email: admin.ap@sacredsun.sg</p>	<p>Sacred Sun Europe SARL Add: 296 Fontaine, 33210 Feytaud, France Email: admin.eu@sacredsun.eu</p> <p>Sacred Sun MEA FZE Add: No. 313 office, Building 108 1A, JAFZA, Dubai, UAE Email: admin.me@sacredsun.ae</p>
--	--	--

Sacred Sun reserves the right to change specifications or design without notice, please keep in touch with us for the latest information.



Versión 7.4.5

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

Cobertizos en el suelo

Potencia del sistema: 60.5 kWp

Honorato Vasquez - Ecuador



Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VCD, Fecha de simulación:
05/06/24 10:37
con V7.4.6

Resumen del proyecto

Sitio geográfico Honorato Vasquez Ecuador	Situación Latitud -2.55 °S Longitud -78.92 °W Altitud 3058 m Zona horaria UTC-5	Configuración del proyecto Albedo 0.20
--	--	--

Datos meteo

Honorato Vasquez
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red Simulación para el año n° 10	Cobertizos en el suelo	Necesidades del usuario Perfil diario Constante durante el año Promedio 400 kWh/Día
Orientación campo FV Plano fijo Inclinación/Azimet 15 / 0 °	Sombreados cercanos Sombreados lineales : Rápido (tabla)	Paquete de baterías Estrategia de almacenamiento : Autoconsumo Núm. de unidades 84 unidades Voltaje 336 V Capacidad 1200 Ah
Información del sistema Generador FV Núm. de módulos 160 unidades Pnom total 96.8 kWp	Inversores Núm. de unidades 3 unidades Pnom total 90.0 kWca Proporción Pnom 1.076	

Resumen de resultados

Energía producida 133534 kWh/año	Producción específica 1379 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 81.35 %
Energía usada 146000 kWh/año		Fracción solar (SF) 2.10 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Necesidades detalladas del usuario	6
Resultados principales	7
Diagrama de pérdida	8
Gráficos predefinidos	9
Diagrama unifilar	11
Balance de emisiones de CO ₂	12



Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VCO, Fecha de simulación:
05/06/24 10:37
con V7.4.6

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación
Plano fijo
Inclinación/Azimut 15 / 0 °

Cobertizos en el suelo

Configuración de cobertizos

Núm. de cobertizos 160 unidades
Tamaños
Espaciado entre cobertizos 2.20 m
Ancho de colector 1.13 m
Proporc. cob. suelo (GCR) 51.5 %
Ángulo límite de sombreado
Ángulo límite de perfil 14.9 °

Modelos usados

Transposición Perez
Difuso Perez, Meteonom
Circunsolar separado

Horizonte

Horizonte libre

Sombreados cercanos

Sombreados lineales: Rápido (tabla)

Necesidades del usuario

Perfil diario
Constante durante el año
Promedio 400 kWh/Día

Almacenamiento

Tipo Autoconsumo

Estrategia de carga

Cuando hay un exceso de potencia solar

Estrategia de descarga

Tan pronto como se necesite potencia

Carga por hora	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	

Características del generador FV

Módulo FV

Fabricante Jinkosolar
Modelo JKM-605N-78HL4-BDV
(Base de datos PVsyst original)
Unidad Nom. Potencia 605 Wp
Número de módulos FV 160 unidades
Nominal (STC) 96.8 kWp
Módulos 16 cadena x 10 En series
En cond. de funcionam. (50°C)
Pmpp 89.6 kWp
U mpp 421 V
I mpp 213 A

Inversor

Fabricante Vacon
Modelo NXV0030
(Base de datos PVsyst original)
Unidad Nom. Potencia 30.0 kWca
Número de inversores 3 unidades
Potencia total 90.0 kWca
Voltaje de funcionamiento 340-800 V
Proporción Pnom (CC:CA) 1.08

Potencia FV total

Nominal (STC) 97 kWp
Total 160 módulos
Área del módulo 447 m²

Potencia total del inversor

Potencia total 90 kWca
Número de inversores 3 unidades
Proporción Pnom 1.08

Almacenamiento de batería

Batería
Fabricante ZTE
Modelo ZXESM R311, 100Ah

Paquete de baterías

Núm. de unidades 7 en series
x 12 en paralelo
Descarga mín. SOC 20.0 %
Energía almacenada 334.4 kWh

Características del paquete de baterías

Voltaje 336 V
Capacidad nominal 1200 Ah (C10)
Temperatura Promedio entre fijo 5 °C y Exterior



PVsyst V7.4.6

VCO, Fecha de simulación:
05/08/24 10:37
con V7.4.6

Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

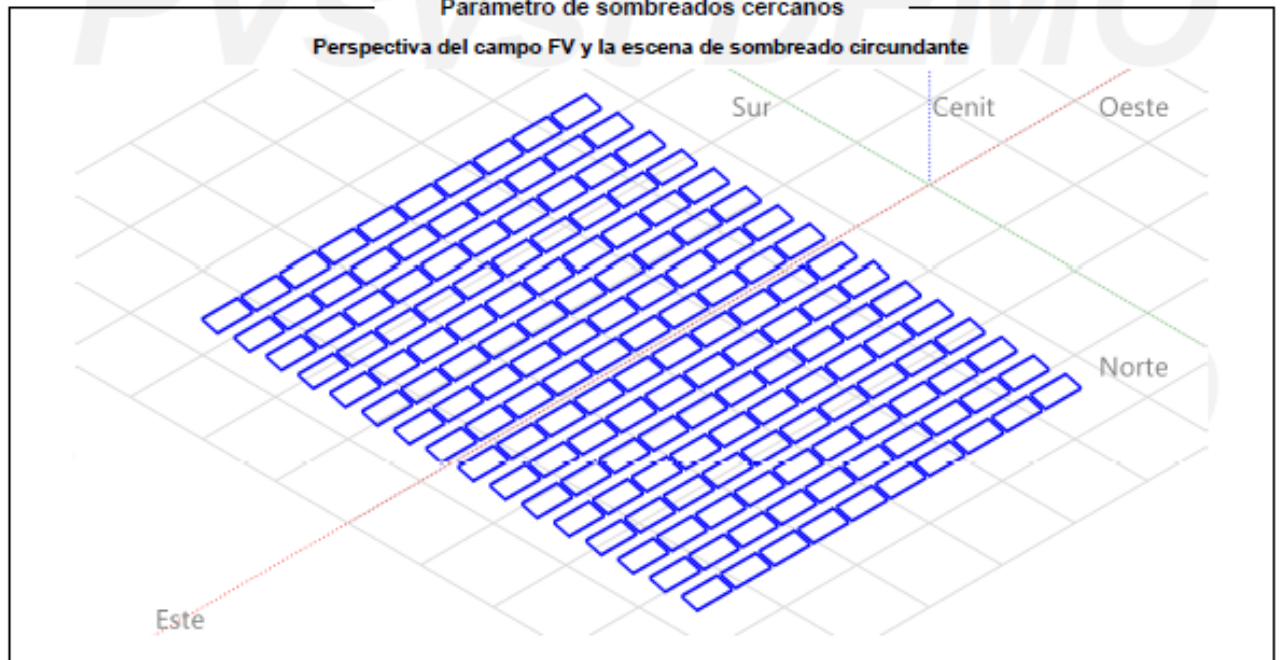
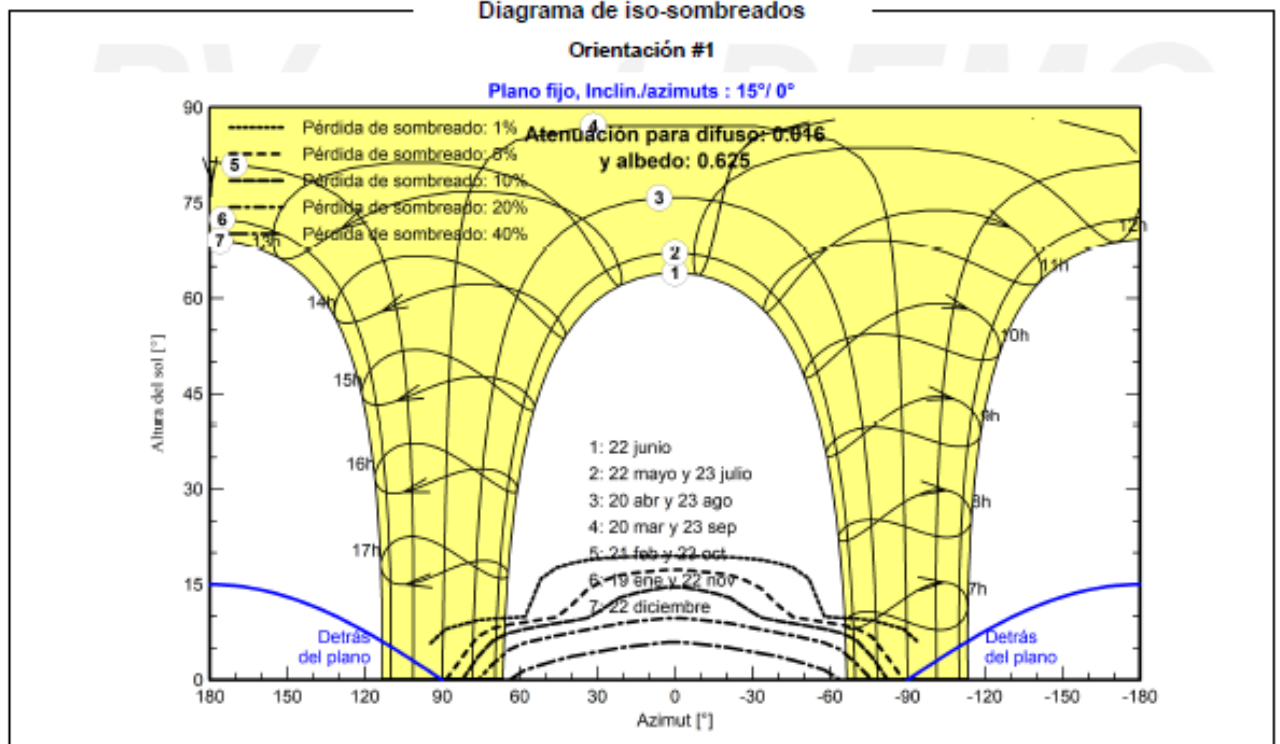


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1

Plano fijo, Incl./azimuts : 15°/ 0°





Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

PVsyst V7.4.6

VCO, Fecha de simulación:
05/08/24 10:37
con V7.4.6

Variante: Nueva variante de simulación

Resultados principales

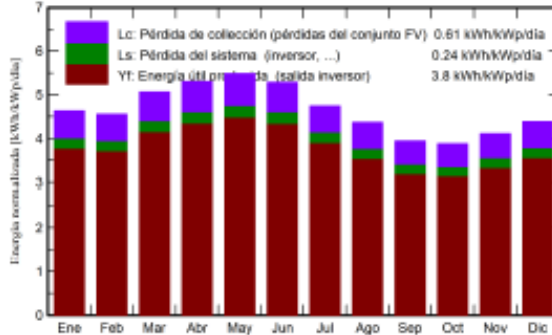
Producción del sistema

Energía producida	133534 kWh/año	Producción específica	1379 kWh/kWp/año
Energía usada	146000 kWh/año	Proporción rend. PR	81.35 %
		Fracción solar (SF)	2.10 %

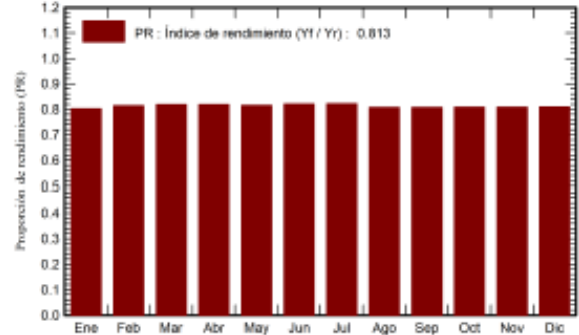
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW	99.3 %
SOW estático	93.3 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	159.8	81.77	12.77	143.6	137.4	12054	12400	249.0	10911	12151
Febrero	136.5	69.83	12.68	127.5	122.8	10721	11200	224.0	9831	10976
Marzo	160.2	78.01	12.58	157.0	151.9	13231	12400	248.4	12191	12152
Abril	153.6	68.20	12.32	159.0	154.6	13412	12000	241.0	12357	11759
Mayo	157.5	68.95	12.51	170.1	165.4	14295	12400	250.7	13184	12149
Junio	143.9	59.56	11.72	158.6	154.4	13407	12000	240.4	12356	11760
Julio	135.9	65.51	11.65	147.1	142.8	12462	12400	248.5	11447	12151
Agosto	129.0	59.13	11.67	135.3	131.3	11333	12400	248.8	10341	12151
Septiembre	119.1	63.22	11.80	118.2	114.2	9923	12000	249.9	8993	11750
Octubre	126.5	69.33	12.69	120.1	115.6	10100	12400	299.3	9106	12101
Noviembre	134.7	73.76	12.50	123.3	118.3	10351	12000	301.7	9357	11698
Diciembre	152.9	75.80	12.72	135.9	129.9	11387	12400	267.4	10389	12133
Año	1709.3	833.07	12.30	1695.8	1638.6	142676	146000	3069.1	130464	142931

Legendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_User	Energía suministrada al usuario
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energía del sol
GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red

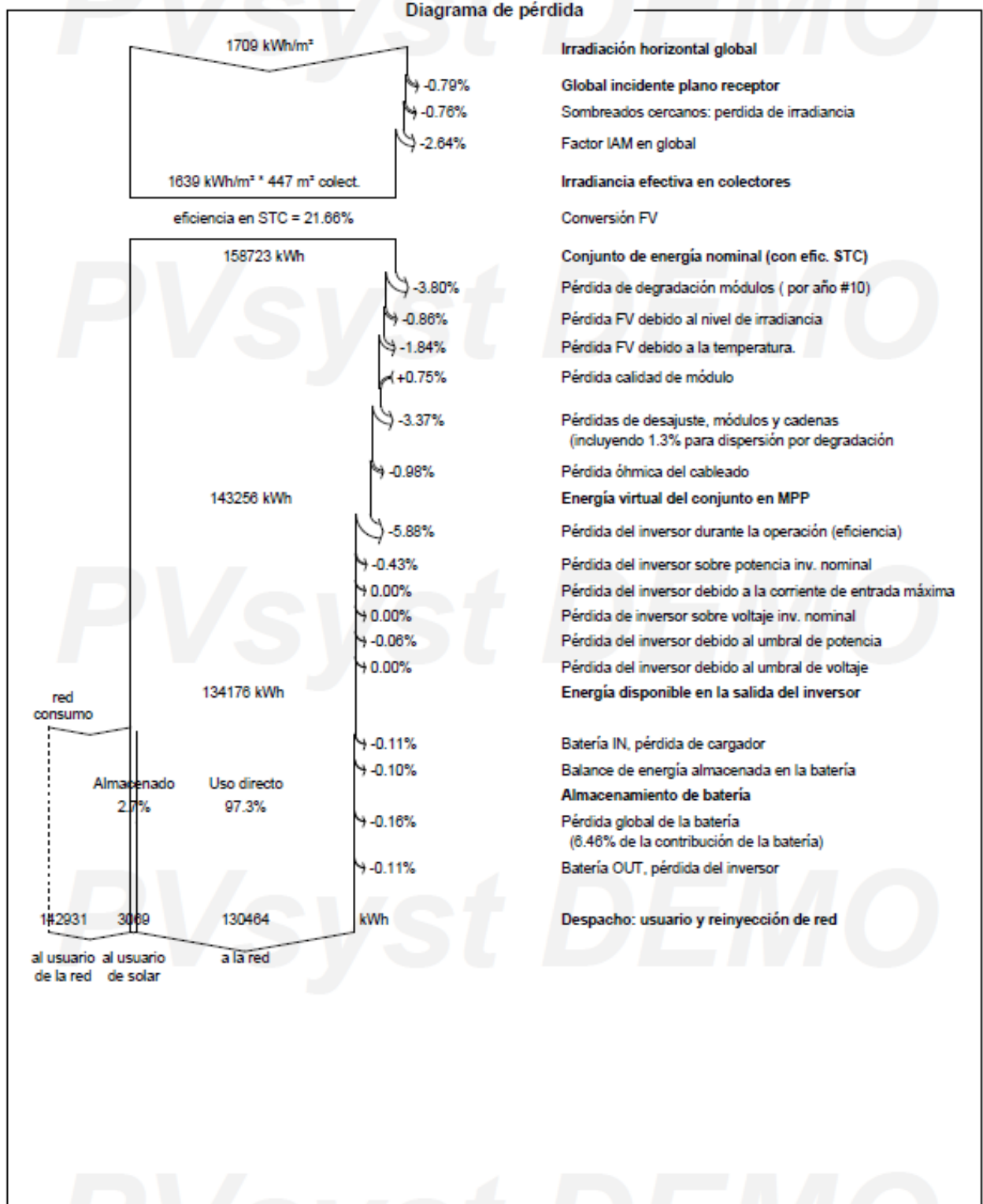


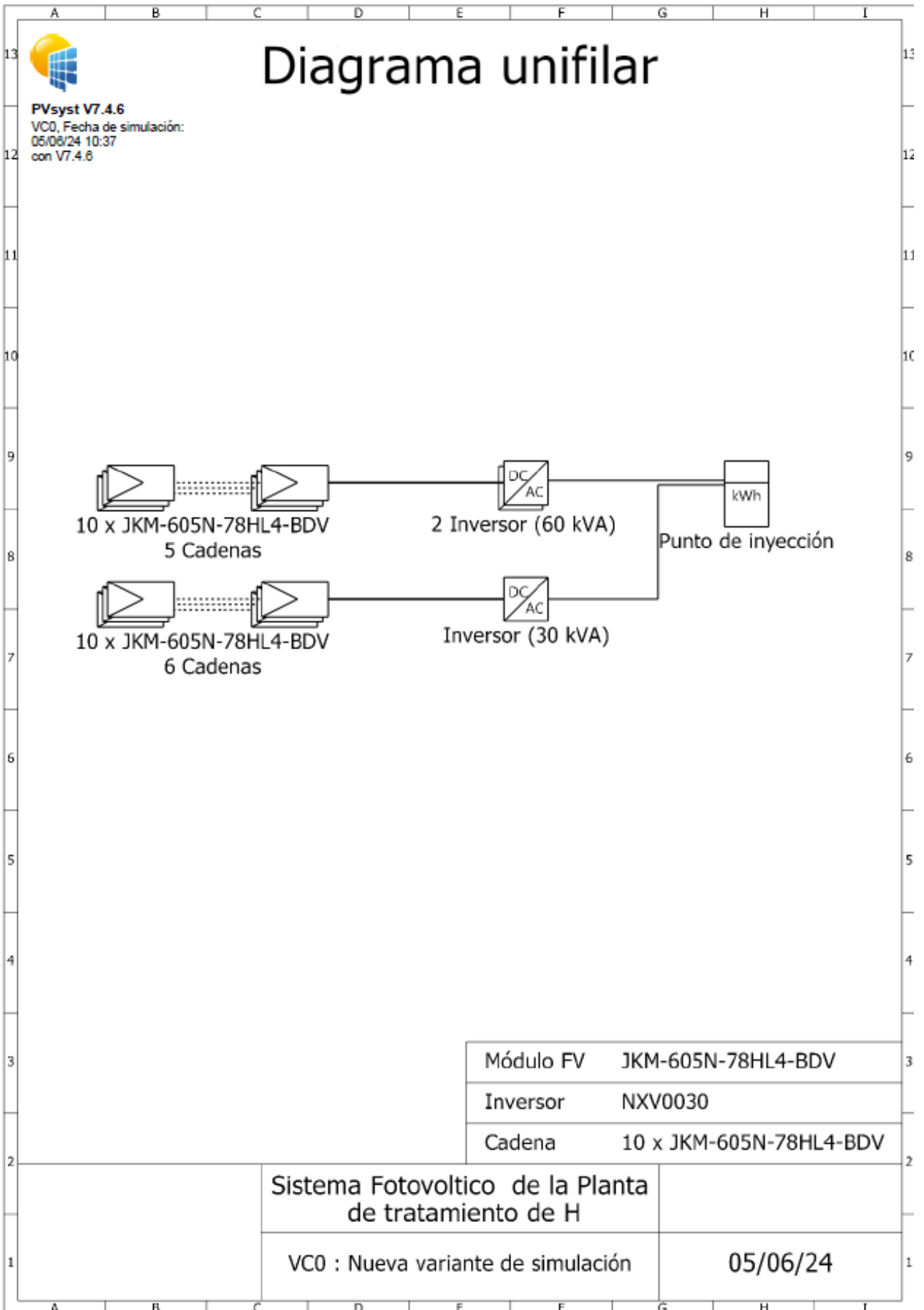
Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VCO, Fecha de simulación:
05/06/24 10:37
con V7.4.6







Proyecto: Sistema Fotovoltaico de la Planta de tratamiento de H.V

Variante: Nueva variante de simulación

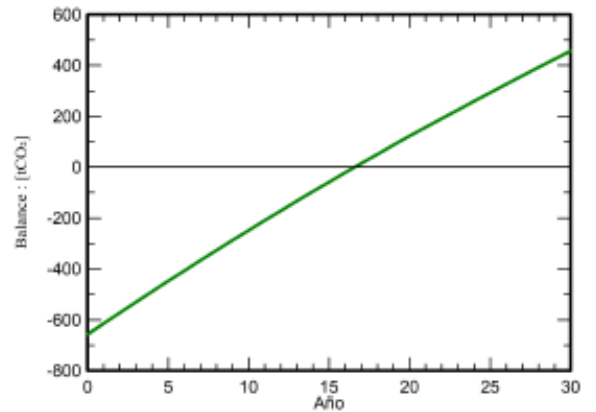
PVsyst V7.4.6

VCO, Fecha de simulación:
05/08/24 10:37
con V7.4.6

Balace de emisiones de CO₂

Total: 456.8 tCO₂
Emisiones generadas
Total: 657.32 tCO₂
Fuente: Cálculo detallado de la siguiente tabla
Emisiones reemplazadas
Total: 1284.1 tCO₂
Sistema de producción: 134.18 MWh/año
Emisiones del ciclo de vida de la red: 319 gCO₂/kWh
Fuente: Lista IEA
País: Ecuador
Toda la vida: 30 años
Degradación anual: 1.0 %

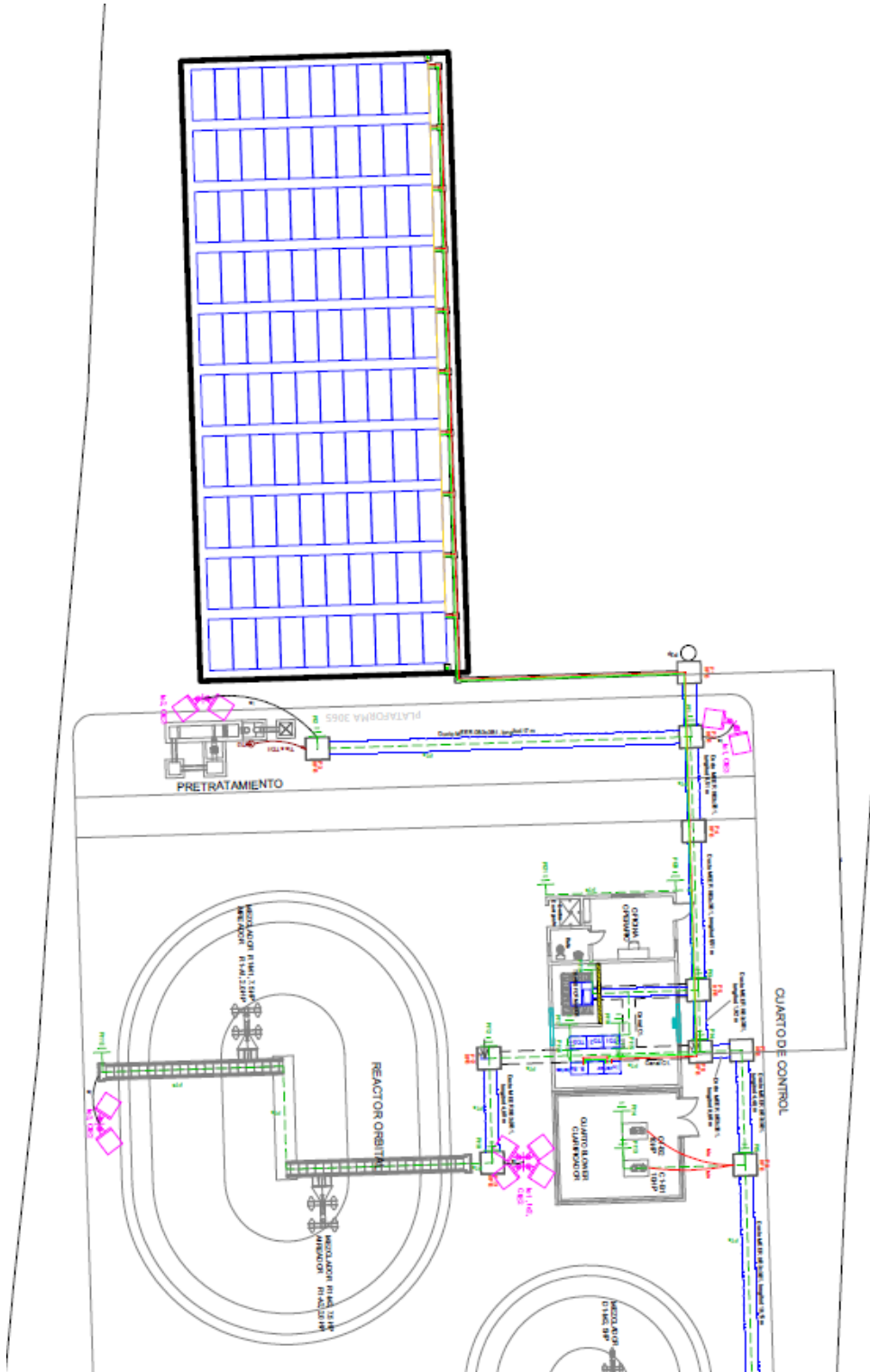
Emisión de CO₂ ahorrada vs tiempo



Detalles de emisiones del ciclo de vida del sistema

Artículo	LCE	Cantidad	Subtotal
			[kgCO₂]
Módulos	1713 kgCO ₂ /kWp	376 kWp	643477
Soportes	2.13 kgCO ₂ /kg	6210 kg	13213
Inversores	211 kgCO ₂ /	3.00	632

ANEXO 5.



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Juan Carlos Valdez Bermejo portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302012463. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis de factibilidad y Diseño de un Sistema Fotovoltaico para la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Honorato Vásquez en la Provincia del Cañar” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de mayo de 2024



F:

Juan Carlos Valdez Bermejo

0302012463