



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas
de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Guevara de la Cruz, Cesar Jesus (orcid.org/0000-0002-2138-9639)

Valdivia Vilca, Anthony (orcid.org/0009-0001-0302-4740)

ASESOR:

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber (orcid.org/0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres y hermanos, quienes con su apoyo incondicional me ayudaron y aconsejaron para poder llevar a cabo este proyecto, en especial a mi madre María Inés quien es mi motor y motivo y por ser la persona que me enseñó desde pequeño a luchar cada día por lo que uno quiere y anhela, a superar cada obstáculo y adversidades que nos presentaba la vida y a dar nuestro mejor esfuerzo en cada cosa que hagamos.

Cesar Guevara DLC.

La presente tesis está dedicada a Dios, porque siempre me acompaño y me levanta de mi continuo tropiezo, ya que gracias a él eh logrado concluir mi carrera.

A mi madre que ha sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi padre que desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis metas y proyectos, porque siempre quiso de mí, ser una persona de bien en el ámbito profesional.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Anthony Valdivia V.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios por ser mi fortaleza en aquellos momentos difíciles y de debilidad, agradecer a mi madre y hermana por darme su apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento. Agradecer a mis familiares y amistades quienes, con su apoyo, ayuda y motivación constante en esta etapa de nuestra vida profesional hicieron posible realizar este proyecto.

Cesar Guevara DLC.

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida, quiero extender un profundo agradecimiento a mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Mi gratitud también a la escuela de ingeniería mecánica eléctrica, mi agradecimiento sincero al asesor de mi tesis. Mg. Cuadros Camposano Edwin Huber, por su apoyo y enseñanza durante todo el desarrollo de la tesis

Anthony Valdivia V.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía", cuyos autores son GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS, VALDIVIA VILCA ANTHONY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 03 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 16- 05-2024 17:21:07

Código documento Trilce: TRI - 0741631





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS, VALDIVIA VILCA ANTHONY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS DNI: 73629526 ORCID: 0000-0002-2138-9639	Firmado electrónicamente por: CJGUEVARA el 01-07-2024 17:42:35
VALDIVIA VILCA ANTHONY DNI: 45673992 ORCID: 0009-0001-0302-4740	Firmado electrónicamente por: ANTHONYV el 01-07-2024 17:42:26

Código documento Trilce: INV - 1647636



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III.METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo y diseño de investigación	29
3.2. Variable y operacionalización	29
3.3. Población, muestra y muestreo.....	29
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos	31
3.5. Procedimiento	33
3.6. Método de análisis de datos	35
3.7. Aspectos éticos.....	35
IV. RESULTADOS.....	37
V. DISCUSIÓN	73
VI. CONCLUSIONES	79
VII. RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de Zona del mapa de Perú.....	21
Tabla 2: Factores de suelo.	21
Tabla 3: Periodos de suelos.	21
Tabla 4: Estados límites de miembros en tracción.	22
Tabla 5: Estado límite de elementos comprimidos.	22
Tabla 6: Tabla de conversión de litros de diésel a emisiones de CO ₂ litros	26
Tabla 7: Temperaturas máximas y mínimas del sector las pampas de dios. ...	38
Tabla 8: Irradiación solar sobre una superficie inclinada de 10°.....	39
Tabla 9: Irradiación máxima, mínima y promedio de un plano inclinado del distrito de Guadalupito.	40
Tabla 10: Litros de agua al día que necesitan para bombear en la hectárea 1 y hectárea 2 en el campo agrícola las pampas de dios.	41
Tabla 11: Características técnicas de electrobomba seleccionada.	46
Tabla 12: Valores referenciales para la tensión del sistema.....	48
Tabla 13: Resultado de consumo diario de carga eléctrica en el campo agrícola la pampa de dios	49
Tabla 14: Características y protecciones para el sistema.....	56
Tabla 15: Resumen de resultados de componentes del sistema off-grid.	65
Tabla 16: Resultado de gastos de generación de energía eléctrica por campaña en el campo agrícola la pampa de dios.....	67
Tabla 17: Consumo de energía de los equipos eléctricos de forma anual para el campo agrícola las pampas de dios.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El terreno de dos hectáreas de maracuyá ubicado en el campo agrícola las pampas de dios del distrito de Guadalupeito.	2
Figura 2. Los tipos de componentes de la radicación global y su inclinación sobre un panel del sistema fotovoltaico off grid.	7
Figura 3. Ángulos de inclinación con respecto a la latitud	8
Figura 4. Concepto de horas solar piso HSP.....	9
Figura 5. Sistema off grid o sistema autónomo	9
Figura 6. Partes de la estructura de la célula solar.....	10
Figura 7. Partes de un panel fotovoltaico	11
Figura 8. Regulador de carga solar	13
Figura 9. Batería cargada vs batería descargada.....	14
Figura 10. Inversor fotovoltaico	15
Figura 11. Sistema de puesta a tierra con malla.	17
Figura 12. Simulación de estructuras en el software SAP2000.	18
Figura 13. Zonas sísmicas del Perú.	20
Figura 14. Diseño medólogo.....	24
Figura 15. Coordenada de ubicación del campo agrícola las pampas de dios, del distrito de Guadalupeito, provincia de Virú, departamento de La Libertad.	37
Figura 16.	39
Irradiación solar (kWh/m ² /día) promedio de cada mes del año 2023	39
Figura 17. Pozo elevado de almacenamiento de agua existente.	43
Figura 18. Campo de prestaciones para electrobombas sumergibles	44
Figura 19. Curvas y características de electrobomba Pedrollo 4SR75G.....	45
Figura 20. Datos de electrobomba sumergible a seleccionar.	46
Figura 21. Resultado de consumo diario de carga eléctrica en porcentaje del campo agrícola la pampa de dios.....	50
Figura 22. Configuración estructural de los pórticos.....	59
Figura 23. Carga distribuida considerada en el pórtico de 0.02T/m.	63
Figura 24. Capacidad de servicio de elementos estructurales.	64
Figura 25. Presupuesto del sistema off-grid para el campo agrícolas las pampas de dios.....	69

RESUMEN

Este trabajo aborda los altos costos de generación de energía, que conducen al uso de combustibles fósiles, afectando económica y ambientalmente los cultivos. El objetivo es Diseñar un sistema off-grid para este campo agrícola. La investigación es aplicada, con enfoque cuantitativo, con diseño no experimental con objetivo explicativo. Se obtuvo: electrobomba de 5Hp, irradiación solar mínima de $4.58 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$, 18 paneles solares, inversor de 5000W, un regulador MPPT150/100 48V, conductor de 25mm^2 para el sistema generador. Se realizó el diseño que alimentará una demanda de 15520Wh/día . El costo de generación mediante combustible, es 1,26 soles por (KWh), el costo de energía en la red eléctrica en zonas rurales, es 0,66 soles por KWh (Distriluz, 2023), esta diferencia representa un aumento del 90,91%. Tumbaco & Pantaleón (2023) propone un sistema off-grid para la generación de energía eléctrica en una zona rural, para alimentar 592Wh/día , teniendo una radiación solar de 3.90KW/m^2 del software PVSYST para el diseño off-grid. Se discrepa con esta investigación porque utilizan un software para obtener la radiación y cálculos de los equipos para el sistema off-grid, no considera el sistema de protección de puesta a tierra y los cálculos necesarios para los soportes de los paneles solares. Por ello nuestra investigación se basó en ecuaciones para determinar el sistema de PAT y estudio para las estructuras de soportes para los paneles. Se concluye con el diseño del sistema off-grid, ya que el sistema de energía fotovoltaico es aplicado en lugares remotos para generar energía eléctrica.

Palabras clave: *Radiación solar, Sistema fotovoltaico, sistema off-grid*

ABSTRACT

This work addresses the high costs of energy generation, leading to the use of fossil fuels, affecting both the economy and the environment of crops. The objective is to design an off-grid system for this agricultural field. The research is applied, with a quantitative approach, employing a non-experimental design with an explanatory objective. The following components were obtained: a 5Hp electric pump, minimum solar irradiation of 4.58 Kwh/(m²/day), 18 solar panels, a 5000W inverter, an MPPT150/100 48V regulator, and 25mm² conductor for the generator system. The design was carried out to meet a demand of 15520Wh/day. The cost of generation using fuel is 1.26 soles per kWh, while the cost of energy from the electric grid in rural areas is 0.66 soles per kWh (Distriluz, 2023). This difference represents an increase of 90.91%. Tumbaco & Pantaleón (2023) propose an off-grid system for electrical energy generation in a rural area, to supply 592Wh/day, with solar radiation of 3.90KW/m² from the PVSYST software for off-grid design. This research is disagreed with because they use software to obtain radiation and equipment calculations for the off-grid system, without considering the grounding protection system and the necessary calculations for the supports of the solar panels. Therefore, our research was based on equations to determine the PAT system and study the support structures for the panels. The conclusion is drawn with the design of the off-grid system, as photovoltaic energy systems are applied in remote locations to generate electrical energy.

Keywords: *Solar radiation, Photovoltaic system, off-grid system*

I. INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles ha sido una práctica arraigada en muchos lugares debido a su disponibilidad y facilidad de uso. Sin embargo, esta dependencia ha llevado consigo altos costos tanto económicos como ambientales que afectan directamente a sectores clave como la agricultura. En los últimos años, el precio del petróleo ha experimentado un aumento significativo, lo que ha exacerbado aún más la presión sobre los costos de generación de energía y, por ende, sobre los agricultores y otros usuarios finales.

La motobomba es un mecanismo con el que se puede transportar agua de un lugar a otro, especialmente útil en sitios remotos donde no llega la red eléctrica. Sin embargo, su eficacia y accesibilidad pueden verse comprometidas debido a los altos costos de combustible, lo que afecta directamente la productividad y la rentabilidad en los campos agrícolas o en estas áreas alejadas. En este sentido, la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y económicas para abordar los desafíos energéticos en la agricultura se vuelve cada vez más apremiante.

Por ello, este trabajo de investigación se basa en lugares remotos donde no llega la red eléctrica, y se utiliza otra alternativa para producir electricidad, el recurso natural fósil es más utilizado, que provocó el 40% del efecto invernadero. (Torres Ramón, 2021)

Este proyecto de investigación se enfoca en el sector Pampas de Dios, en el distrito de Guadalupito, provincia de Virú, región La Libertad. En esta área, se produce energía eléctrica para bombear agua en dos hectáreas de maracuyá, utilizando materiales costosos que generan perjuicios económicos para los cultivos y al mismo tiempo contaminan el medio ambiente. Anteriormente, se utilizaba una motobomba de 15.7 kW para generar 62.8 kWh durante cuatro horas al día. Sin embargo, esta motobomba fue seleccionada de manera arbitraria y empírica por el agricultor, quien no realizó los cálculos y el dimensionamiento adecuados. En la Figura 1 se muestra las plantaciones de maracuyá ubicado en el sector Pampas de Dios, distrito de Guadalupito, alimentada por una motobomba de 15.7Kw.

Figura 1.

El terreno de dos hectáreas de maracuyá ubicado en el campo agrícola las pampas de dios del distrito de Guadalupe.



Fuente: Elaboración propia

Esta decisión ha llevado a un uso ineficiente de la energía y a sobrecostos operativos. Además, la dependencia de fuentes de generación eléctrica no renovables, como el petróleo, cuyo precio ha aumentado considerablemente en los últimos años, ha incrementado significativamente los gastos de generación de energía eléctrica en este campo agrícola, especialmente entre los años 2019 y 2023.

Los agricultores se ven directamente afectados por el hecho de que los precios de las materias primas e insumos están cambiando constantemente, lo que afecta toda la economía de estos agricultores, ya que tienen mucha inversión y cada vez que aumenta el precio de los insumos para cultivar, tienen que ir por encima del presupuesto y causar más pérdidas.

A partir de la problemática anterior, se formula el siguiente problema: ¿Como disminuir los costos energéticos del campo agrícola Las pampas de Dios que se encuentra ubicado en el distrito de Guadalupe, provincia de Virú, región de la Libertad?

Por lo cual, se lleva a cabo este trabajo de investigación respaldado por una justificación científica. El sistema off-grid, impulsado por paneles solares, es objeto de un extenso estudio en la actualidad, respaldado por una sólida base científica gracias a los avances tecnológicos recientes.

El presente trabajo de investigación tiene como fundamento científico la teoría referida a los paneles solares, especificaciones técnicas, componentes de estos sistemas fotovoltaicos, la radiación solar y softwares de ingeniería. Este proyecto de investigación ofrece nuevos conocimientos sobre la utilización del bombeo de agua solar para generar energía aislada, como alternativa al bombeo con combustibles fósiles.

Y también se justifica socialmente, ya que el desarrollo de este sistema fotovoltaico permitirá a disminuir el costo a generar energía eléctrica y también ayudará a las fabricaciones a nuevos puestos laborales para las demás personas en el área eléctrica y mantenimiento. Y, por último, también se justifica en ámbito ambiental: A través de este proyecto de investigación se impulsa el uso eficiente del sistema fotovoltaico y de esta manera poder disminuir la contaminación ambiental que tanto daño le hace al planeta. El cual se refiere al sol como fuente de energía renovable, ilimitada y limpia.

El Por qué se realiza esta investigación, para solucionar la problemática que está ocurriendo del alto costo para generación energía eléctrica para bombear agua para el cultivo de maracuyá y la alta contaminación que provoca utilizar los recursos fósiles.

Y el para qué se realiza esta investigación, para incrementar la ganancia en el sector agrario y para dar a conocer los beneficios que es utilizar los recursos renovables y lo inagotable que es, lo cual nos permitirá reducir la contaminación del medio ambiente, e impartir nuevos conocimientos para las nuevas generaciones.

Aquí se propone el siguiente objetivo general: Diseñar un sistema off-grid alimentado por energía solar para reducir el costo de energía eléctrica al bombear agua para las dos hectáreas de cultivo de maracuyá que se encuentra ubicado en el sector pampas de Dios, en el distrito de Guadalupito, Provincia de Virú, región la Libertad, de los cuales se plantea los siguientes objetivos específicos: (i) Determinar la radiación solar del sector pampas de Dios, distrito de Guadalupito, Provincia de Virú, región la Libertad, (ii) Determinar la potencia del sistema bombeo,

(iii) Realizar el cálculo y el diseño del sistema off-grid, (iv) Evaluar los costos de energía, (v) Elaborar la evaluación económica del diseño off-grid.

Como se vio anteriormente, Es necesario disminuir los gastos de producción de electricidad para el bombeo de agua destinada a dos hectáreas de cultivos de maracuyá ubicadas en el sector pampas de Dios en el distrito de Guadalupito de la provincia Virú, región la Libertad. sin utilizar equipos que utilicen combustibles fósiles.

II. MARCO TEORICO

En el transcurso nacional e internacional se observa que existe una diversidad de trabajos de investigación relacionado al sistema off-grid alimentado por energía solar, pero con diferentes unidades de análisis y los cuales nos sirve como antecedentes para la presente investigación:

Tumbaco Chumo Kevin & Pantaleón Iñiguez Kevin Roger (2023) en su investigación “Generación de energía eléctrica a través de un sistema solar off grid en la zona rural de Guayaquil”, Planteó la creación de un sistema de paneles solares independiente para producir energía eléctrica para los residentes rurales de Las Guayas utilizando análisis de carga y simulación de software, para lo cual se realizó una recolección de datos y se desarrolló un plan estratégico para cubrir la demanda eléctrica, junto con el cálculo y diseño de la instalación fotovoltaica y su implementación, observando que los paneles solares reciben el 98% de la energía solar. El principal aporte de este trabajo de investigación es determinar la carga necesaria para efectuar los cálculos y diseñar el sistema fotovoltaico.

Da Silva Costa Aleff Ramon (2022) en su investigación “Montaje y estudio de un sistema fotovoltaico off-grid para bombeo de agua”, se propone con el objetivo de demostrar la viabilidad de un sistema fotovoltaico aislado para el bombeo de agua, principalmente en zona rurales, para lo cual desarrolló una metodología cuantitativo y experimental. Los resultados de la investigación indican que el sistema

fotovoltaico para bombeo de agua es eficaz, factible y rentable. La principal contribución de este trabajo de investigación es determinar la viabilidad del proyecto para su aplicación en actividades agrícolas.

Muñoz Campoverde Jean Álvaro & Torres Sánchez María Isabel (2022) en su investigación “Factibilidad técnico - económica en un sistema de energía solar “off- grid” para suministro eléctrico residencial en el sector la Virginia de la ciudad de Quevedo”, propuso el diseño de un sistema de energía solar para la zona rural del sector “La Virginia”, para lo cual Comenzaron con la ubicación del proyecto, determinando su latitud y longitud, lo que les permitió calcular la demanda total. Posteriormente, llevaron a cabo el diseño, obteniendo los siguientes resultados: un ángulo de inclinación de 17° para los paneles solares y un diseño de conexión en serie, alcanzando una potencia instalada de 32 kW con una radiación solar de 88.2 kWh/día. La principal contribución de esta investigación es la necesidad de determinar primero la ubicación para obtener las coordenadas de latitud y longitud, y así calcular teóricamente la inclinación adecuada de los paneles solares.

De Sousa, Michelle Daiana (2021) en su investigación “Implementación de un sistema solar off grid con energías renovable en el centro de educación ambiental de la ong verde, Brasil”, Se plantean objetivos dirigidos a comprender y conocer métodos que faciliten el diseño y desarrollo de la electrificación efectiva de comunidades rurales en Brasil y a nivel mundial. Este trabajo se lleva a cabo en el Centro de Educación Ambiental (CEDUCA), para lo cual desarrolló el cálculo de solar, viento, caudal, la demanda máxima y la selección de la tecnología de los materiales para el sistema fotovoltaico. La investigación obtuvo los siguientes resultados, el sistema suministrado trabaja con 12 y 24 V en corriente continua. El principal aporte de este trabajo de investigación es calcular la radiación en la zona donde se realizará el proyecto de investigación, luego se estima la demanda eléctrica requerida y posteriormente se selecciona la tecnología adecuada para satisfacer la demanda requerida.

Montaño Pisfil Jorge Alberto (2021) en su investigación “Sistemas solar off grid y la electrificación rural sostenible de las zonas aisladas. Un caso de estudio”, se propone con el objetivo de demostrar que la electrificación rural con sistemas de energía solar aislada mejora la sostenibilidad de la población rural de la región Lambayeque, 2020, para lo cual desarrolló una investigación aplicada, un diseño de investigación cuasi experimental. La investigación reveló que la electrificación rural mediante sistemas de energía solar fuera de la red mejora el desarrollo relativamente sostenible de la población rural en la región de Lambayeque. La principal contribución de este trabajo es la sostenibilidad del proyecto fotovoltaico.

Rojas Gómez Edison Fabian & Herrera Serrano Carolina (2021) en su trabajo de investigación “Estudio en un método de generación de energía mediante un sistema solar off grid aplicada al sector rural en una corraleja en Zapatoca Municipio de Santander”, el objetivo que se pretende es realizar un estudio de factibilidad económica, diseño y análisis de un sistema de energía alternativa fotovoltaica utilizando un sistema aislado de más de 1000 W, y un estudio de factibilidad para ser aplicado en el sector ganadero rural del municipio de Zapatoca Santander., en donde desarrollaron una recolección de datos, determino el consumo día en horas/días, estudio del climas, la hora solar diaria, humedad de la zona, selección de los equipos del sistema fotovoltaico y por último, la investigación sobre sostenibilidad y recuperación de inversiones mediante TIR y VAN (se ha realizado una metodología descriptiva con un enfoque tecnológico). La principal contribución de este trabajo de investigación es la recolección de datos de energía solar, ya que esto permitirá implementar el sistema, realizar un estudio del clima y de la temperatura donde se va a realizar el proyecto, para que así poder realizar los cálculos para poder seleccionar los equipos y accesorios del sistema.

El sol es una esfera de $13,9 \times 10^5$ km por muchas capas de gases, que se encuentra progresivamente más caliente en el transcurso que se acerca a su centro. La energía que es irradiado hacia el sistema solar,

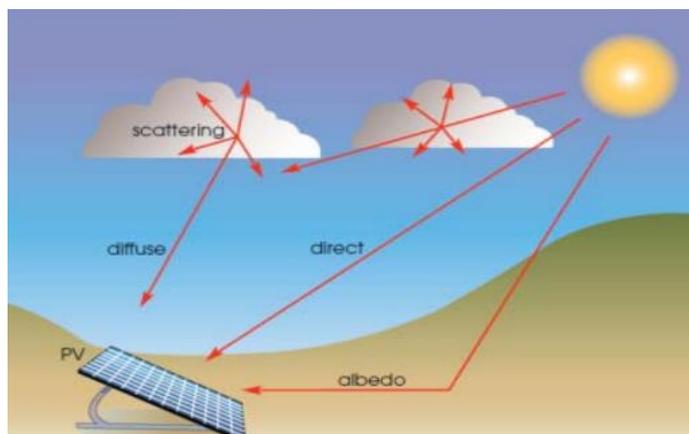
se encuentra aproximadamente a una temperatura de cuerpo negro equivalente de 5760°K . la tasa de la emisión de la energía es $3,8 \cdot 10^{23} \text{kW}$, de la cual solo una pequeña porción, aproximadamente de $1,7 \cdot 10^{14} \text{kW}$, es captado por el planeta Tierra, que está a 150 millones de kilómetros del sol. (Gosvami, 2015)

La radiación solar cuando es interceptado por la superficie terrestre, al ingresar se observa a tres tipos de radiación que se puede apreciar a continuación: La radiación directa, también conocida como radiación de haz (Zhang y Yan, 2022), se refiere a la radiación que entra en la atmósfera terrestre sin ningún intermediario (Miguel Pareja, 2010). Por otro lado, la radiación difusa cambia de dirección debido a la influencia de las moléculas y partículas en la atmósfera terrestre (Miguel Pareja, 2010). Además, se explica la radiación reflejada, o radiación albedo, que es el resultado de la suma de la radiación directa y la radiación difusa. (Duffie y Beckman, 2013)

La radiación total es la suma de las tres radiaciones (Miguel Pareja, 2010). Radiación total es igual radiación directa más radiación difusa más radiación de albedo.

Figura 2.

Los tipos de componentes de la radiación global y su inclinación sobre un panel del sistema fotovoltaico off grid.



Fuente: Lynn (2010)

El sistema off-grid fotovoltaico debe de contener un ángulo de inclinación

óptimo (β_{opt}), dependiendo a la ubicación donde se encuentre. Se desarrolla mediante la siguiente ecuación 1: (Mejía, 2019)

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\text{Latitud}| \quad (1)$$

Donde:

β_{opt} : ángulo de inclinación del panel solar

Latitud: lugar donde ira instalado los paneles

Según (Toro, 2021) nos muestra una tabla donde enumera los ángulos de inclinacion recomendados para unsistema fijo.

Figura 3.

Ángulos de inclinación con respecto a la latitud

Latitud: $ \varphi $ en grados	Ángulo de inclinación fijo: β en grados
$0^\circ \leq \varphi < 15^\circ$	= 15
$15^\circ \leq \varphi < 25^\circ$	= $ \varphi $
$25^\circ \leq \varphi < 30^\circ$	= $ \varphi + 5$
$30^\circ \leq \varphi < 35^\circ$	= $ \varphi + 10$
$35^\circ \leq \varphi < 40^\circ$	= $ \varphi + 15$
$40^\circ \leq \varphi $	= $ \varphi + 20$

Fuente: Toro, 2021

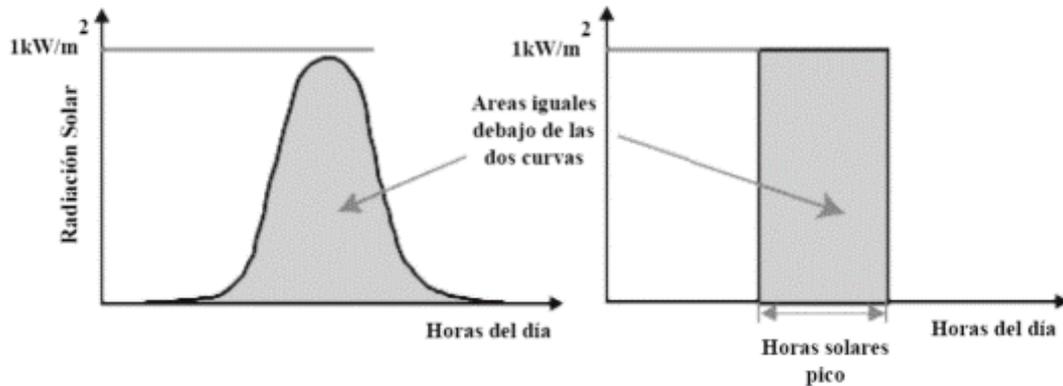
Para diseñar sistemas fotovoltaicos, es fundamental contar con información sobre la cantidad de energía solar que incide en una superficie con un ángulo de inclinación determinado, conocida como irradiación.

Hay varias formas de calcular esto, y en este proyecto utilizamos datos meteorológicos junto con la información proporcionada por la plataforma Comision Europea (PVGIS).

El concepto de Horas Sol Pico (HSP) representa el tiempo promedio diario en el que la radiación solar es suficientemente intensa para ser utilizada por los paneles solares. Este cálculo considera las horas en las que la radiación solar alcanza un nivel óptimo para la generación de energía, que generalmente se sitúa alrededor de 1 000 w/m² (Mejía, 2019).

Figura 4.

Concepto de horas solar piso HSP

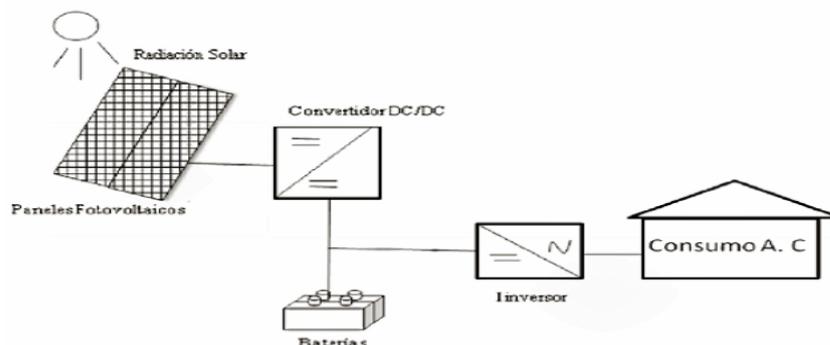


Fuente: Mejía, 2018

La tecnología fotovoltaica es el sistema más eficiente para recolectar energía de la fuente solar ilimitada, en comparación con otros sistemas de energía solar. Los sistemas fotovoltaicos independientes se utilizan ampliamente para suministrar energía a áreas que no tienen acceso a la red eléctrica. (Zhang et al, 2023) En los tipos de sistema fotovoltaicos autónomos fuera de la red, la batería que es utilizada como almacenamiento aumenta la confiabilidad del sistema y reduce el costo del capital total, en generar el sistema de bombeo a agua. (Krieger et al, 2013). El sistema consta de un generador, una batería electroquímica y un controlador de carga y descarga, y si la demanda eléctrica incluye cargas variables, se recomienda agregar un inversor al sistema aislado. Es importante mencionar que es posible que el consumo consista en cargas continuas y alternas. (Perpiñán, 2012)

Figura 5.

Sistema off grid o sistema autónomo



Fuente. Graw y Hill, 2019

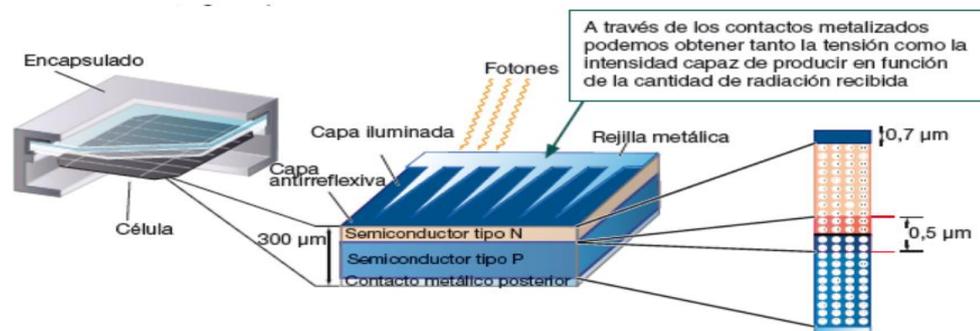
Una celda solar funciona de manera similar a un diodo; la parte expuesta a la radiación solar se considera como N, mientras que la parte oscura se considera como P (Graw-Hill, 2019). Las células solares operan con semiconductores que aprovechan una longitud de onda específica de la luz para ionizar los átomos en el material, generando un efecto fotovoltaico. Esta energía desplaza los electrones libres, permitiéndoles fluir libremente y creando así un circuito eléctrico que resulta en una diferencia de potencial. (Núñez y Salazar, 2014)

El factor de forma (FF) es la relación entre la potencia máxima que la celda puede suministrar a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. Para las células solares más comunes, los valores típicos de FF son 0.7 o 0.8.

La figura 6 muestra los componentes de la celda solar y las dimensiones por capa.

Figura 6.

Partes de la estructura de la célula solar



Fuente: Cepeda y Sierra (2017)

Ahora podemos observar que un panel solar está compuesto por una serie de celdas conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte, como se muestra en la Figura 6. Este panel proporciona un voltaje constante en sus salidas de conexión y está diseñado para operar a ciertos valores de voltaje (6 V, 12 V, 24 V), los cuales determinan la tensión de funcionamiento del sistema fotovoltaico. (Ramírez et al, 2020)

Seguidamente con la Ecuación 2, se va a determinar energía real del módulo. (Heredia y Sánchez, 2017)

$$\text{Energía Real (E)} = \frac{(ET)}{(R)} \quad (2)$$

Donde:

- ET= Energía Total
- R= Rendimiento global

Luego, para el rendimiento global de la instalación (R) teniendo en cuenta las pérdidas totales del sistema. (Heredia y Sánchez, 2017)

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{K_a \times N}{P_d}\right) \quad (3)$$

Donde:

- N= días de autonomía.
- $K_a = 0,005$ (generalmente). Coeficiente de autodescarga; fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.
- $K_b = 0,05$ Coeficiente de pérdidas en el acumulador, fracción de energía con respecto a la acumulación de energía en baterías.
- $K_c =$ Coeficiente de pérdidas en el inversor. Los inversores que trabajan a régimen óptimo 0,05 y para condiciones lejos del óptimo 0,1. Suministrado por el fabricante.
- $K_v =$ Coeficiente de otras pérdidas. Entre las que se encuentran el rendimiento de red, efecto joule, etc. Tomando como valores de referencia de 0,05 – 0,15.
- $P_d =$ Profundidad de descarga máxima de la batería

Figura 7.

Partes de un panel fotovoltaico



Fuente: Tecnología (2018)

Los diferentes tipos de paneles solares se definen por la tecnología de fabricación de las células y se componen principalmente de silicio cristalino (monocristalino) y silicio amorfo. (Ramírez et al., 2020)

El La cantidad de células presentes en los paneles varía según la aplicación requerida. Conectando las celdas se encuentran las tensiones y corrientes deseadas según los siguientes criterios (Tello, 2010, p.27)

Ahora con la Ecuación 4, se va a determinar el número de paneles que tiene el sistema off-grid. (Heredia y Sánchez, 2017).

$$N_T = \frac{E}{P_P \times h_{sp}} \quad (4)$$

Donde:

N_T = Número total de paneles solares

E = Energía Real

P_P = Potencia de módulo

h_{sp} = Hora solar pico

Luego, para determinar la disposición de los paneles en serie, se utiliza la ecuación 5.

$$N_s = \frac{V_{sist.}}{V_{mp}} \quad (5)$$

Donde:

N_s : Número de paneles solares en serie

$V_{sist.}$: Voltaje del sistema (V)

V_{mp} : Potencia máxima voltaje (V)

A continuación, para determinar la disposición de los paneles en paralelo, se emplea la ecuación 6.

$$N_p = \frac{N_T}{N_s} \quad (6)$$

Donde:

N_T : Número total de paneles solares

N_s : Número de paneles solares en serie

A continuación, se explica el controlador de carga solar, que básicamente cumple las siguientes funciones: previene la sobrecarga de las baterías y evita su descarga nocturna en el campo solar debido a la

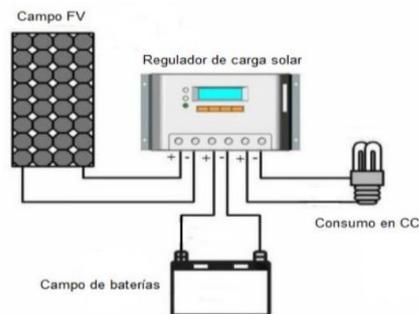
corriente inversa, y desconecta la corriente de las baterías a las fotocélulas, el controlador de carga solar suele tener otras funciones que cumple solo cuando el consumo de CC está conectado. Esta es la protección contra la descarga profunda.

Hay dos tipos de controladores de carga para paneles solares: controladores PWM (modulación por anchura de pulso), controladores MPPT (seguidor del punto de máxima potencia).

En la Figura 8, muestra que el controlador monitorea y controla la intensidad de carga y descarga de las baterías, lo que permite optimizar el sistema para aumentar su vida útil.

Figura 8.

Regulador de carga solar



Fuente: monsolar (2018)

Más adelante, explicaremos sobre las baterías, que almacenan energía química en un momento dado para luego liberarla como energía eléctrica en otro momento. Es crucial medirlas adecuadamente para garantizar la autonomía cuando el sistema de energía solar no está generando electricidad.

Las baterías típicamente contienen dos tipos de placas (electrodos) sumergidas en una solución de ácido electrolítico. (Tello, 2010).

Utilizando la Ecuación 7, se termina la cantidad de baterías en serie de acuerdo al sistema. (Heredia y Sánchez, 2017).

$$N_{Bat Serie} = \frac{V_{Sistema}}{V_{batería}} \quad (7)$$

Donde:

$V_{Sistema}$: Voltaje del sistema (V)

$V_{batería}$: Voltaje de la batería (V)

Con la Ecuación 8, se determinará la energía de las baterías en (Wh). (escuelacasasolar, 2023).

$$E \text{ de batería} = \frac{E * \text{Días de autonomía}}{(1 - \text{Nivel mínimo de batería})} \quad (8)$$

La capacidad nominal del banco de baterías se determinará utilizando la Ecuación 9 (escuelacasasolar, 2023).

$$C_n = \frac{E \text{ de batería}}{V_{sist.}} \quad (9)$$

Donde:

C_n = capacidad nominal de las baterías (Ah)

E: energía real (Wh)

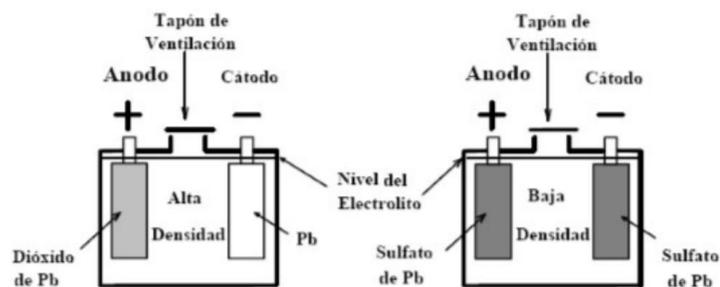
E de batería: energía de batería

$V_{sist.}$: voltaje del sistema

En la Figura 9, se puede observar dos tipos de baterías, una cargada y otra descargada.

Figura 9.

Batería cargada vs batería descargada



Fuente: Tello (2010)

Ahora se describe el inversor, un componente que convierte la energía eléctrica generada por los paneles solares (corriente continua) en

corriente alterna, con las mismas características que la de la red eléctrica.

El propósito principal del inversor es transformar el voltaje de corriente continua de entrada en un voltaje de corriente alterna simétrico con la magnitud y frecuencia deseadas por el usuario o el diseñador. Se emplea en una amplia gama de aplicaciones, que van desde pequeñas fuentes de energía hasta entornos industriales que operan con corriente continua de alta potencia, generada por paneles solares, baterías, etc. Esto permite que la energía se inyecte en la red eléctrica o se utilice en sistemas eléctricos independientes (Tello, 2010)

Los principales factores comúnmente evaluados en un inversor son: eficiencia, voltaje nominal (V), potencia nominal (VA), potencia activa (W), capacidad de sobrecarga, factor de potencia, autoconsumo, fluctuación de corriente, forma de onda, armónicos y distorsiones armónicas. Existen tres tipos de inversores: cuadrados, semi-sinusoidales y sinusoidales. Para determinar el inversor se utilizará la siguiente ecuación 10. (escuelacasasolar, 2023)

$$\text{Inversor Mínimo recomendado (W)} = \text{Pot.} \times \text{F.S.} \quad (10)$$

Donde:

Pot.: Potencia total del sistema off-grid en W

F.S.: Factor de seguridad.

En la Figura 10, se puede observar un modelo de instrumento de inversor para sistemas fotovoltaicos

Figura 10.

Inversor fotovoltaico



Fuente: Tecnología (2018)

Ahora también tenemos que tener el conocimiento del rendimiento global de la instalación, lo cual tenemos que saber que la generación va hacer afectado por el rendimiento de todo el conjunto de los elementos que lo conforma al sistema off-grid. Porque si se realiza el dimensionamiento para así poder abastecer la demanda de la energía estimada, sin tomar en cuenta las pérdidas, lo que puede pasar es que la energía aprovechable es menor de la calculada y no podríamos abastecer los consumos. (Bolaños & Gómez, 2023)

Seguidamente con la Ecuación 11, se determina la corriente máxima ($I_{\text{max.G}}$) del sistema off grid. (escuelacasasolar, 2023).

$$I_{\text{max.G}} = I_{\text{SC.panel}} * N_{\text{P.paralelo}} \quad (11)$$

Donde:

- $I_{\text{SC.panel}}$: corriente de operación del panel
- $N_{\text{P.paralelo}}$: número de paneles en paralelo

A continuación, con la Ecuación 12, se determinará la corriente máxima del controlador ($I_{\text{max.R}}$) del sistema fotovoltaico. (escuelacasasolar, 2023).

$$I_{\text{max.R}} = F_{\text{SC}} * I_{\text{Max.G}} \quad (12)$$

Donde:

- F_{SC} : factor de seguridad por corto circuito
- $I_{\text{max.G}}$: corriente máxima del sistema fotovoltaico

Con la ecuación 13, se determina la sección del cable del diseño off – grid. (Ochicua, 2019).

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V} \quad (13)$$

Donde:

- S: es la sección del cable (mm²)
- σ : conductividad del cable
- I: Intensidad máxima prevista (A)
- L: es la longitud (m)

- ΔV : caídas de tensión admisible (V)

Es esencial que todos los sistemas eléctricos dispongan de protección de puesta a tierra. El propósito de tener un sistema de puesta a tierra es asegurar una ruta segura para el flujo de corriente de fallo. Esta corriente de fallo se refiere a cualquier corriente que circule por una ruta diferente a la prevista para el funcionamiento normal del sistema. Contar con una conexión adecuada a tierra para herramientas eléctricas, maquinaria, equipo y sistemas de distribución es crucial para evitar riesgos y asegurar el correcto funcionamiento de dispositivos eléctricos y electrónicos (CNE-Suministro,2011).

Figura 11.

Sistema de puesta a tierra con malla.



Fuente: Jbelectric.cl, 2022

El objetivo de diseñar una malla de conexión a tierra es proteger a los usuarios de los equipos y los materiales empleados en las instalaciones eléctricas. Para calcular estos parámetros del sistema tenemos que seguir la ecuación 14, para determinar el (Re) radio equivalente. (IEEE STD-80, 2021)

$$Re = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (14)$$

Donde:

- $A = A_d \times L_d$
- A_d : Ancho de la red
- L_d : Longitud de la red

Seguido para determinar la sección de la red de tierras y sección de uniones con soldadura exotérmica de cobre (C_{mil}), se realizan mediante la siguiente ecuación 15. (NOM 921-26, 2012).

$$Ac = I x \left(\frac{33 x t}{\text{Log} \left[\frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1 \right]} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Tenemos:

Ac: Sección del conductor (Cmil)

I: Corriente máxima de falla (A)

Tm: Temperatura máxima en los nodos de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado.)

Ta: Temperatura ambiente (°C)

t: Tiempo máximos de despegue de la falla (seg.)

También para determinar el número de varillas que se utilizaran en la malla para el sistema se realiza mediante la siguiente ecuación 16. (IEEE STD-80, 2021).

$$N = \frac{Ro}{2 x \pi x Resp x Lvs} x LN \left[\frac{4 x Lvs}{dvs} - 1 \right] \quad (16)$$

Donde:

- Ro: Resistividad de terreno
- Lvs: Longitud de las varillas de tierra
- dvs: Diámetro de las varillas de tierra
- Resp: Resistencia de la esperada

Los paneles solares requieren ser instalados sobre unas estructuras optimas y resistentes, en esta investigación se realizó el análisis mediante un software estructural SAP2000 para determinar los momentos flectores, fuerzas cortantes y esfuerzos máximos, que permitan seleccionar la viga puente.

Figura 12.

Simulación de estructuras en el software SAP2000.



Fuente: Luchosoluciones.com/Sap2000

El proyecto de ingeniería implica la planificación preliminar, la organización, el análisis y el diseño de todos los componentes del sistema estructural. Los diseños correspondientes se llevarán a cabo siguiendo las regulaciones actuales del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2021), descritas a continuación: Norma E.020 para las cargas, Norma E.030 para el diseño Sismorresistente, Norma E.090 para las estructuras metálicas.

La norma técnica (E020, 2021) describe los sistemas estructurales, indicando que todas sus componentes deben resistir las cargas resultantes de su uso previsto. Estas cargas actuarán según las combinaciones especificadas y no deben provocar esfuerzos o deformaciones que superen los límites establecidos en las normativas de diseño de cada material. Los tipos de cargas para el análisis son: CARGA MUERTA que son los pesos de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos sostenidos por la edificación, incluyendo su propio peso, que sean permanentes o con una variación mínima en su magnitud a lo largo del tiempo. Otras cargas de análisis son las CARGA VIVA que son los pesos de todos los equipos, materiales, y otros elementos móviles soportados por la estructura. (norma E.030)

La Norma E.020 indica las distintas mezclas de cargas con lo que se llega a obtener la resistencia requerida (U). En estas mezclas se obtienen cargas muertas (CM), cargas vivas (CV), cargas de sismo (CS) y cargas de viento (CVi). Luego, se muestra las combinaciones: Carga muerta (D), Carga viva (L), Carga sísmica (E), esta última carga no requiere factor de amplificación, Carga de lluvia (R), Viento (W). A continuación, se muestran las combinaciones de cargas para determinar la resistencia requerida. (RNE- E.020, 2021)

- Combinación U1: 1.4 D, Combinación U2: 1.2 D + 1.6L + 0.5 (R), Combinación U3: 1.2 D + 1.6(R) + 0.8 (W), Combinación U4: 1.2 D + 1.3W + 0.5L +0.5 (R), Combinación U5: 1.2 D +/- E + 0.5L, Combinación U6: 0.9D+/- (1.3W o 1E)

La Norma técnica E.030 del RNE especifica las condiciones mínimas necesarias para asegurar un comportamiento sísmico conforme a los principios del diseño sismo-resistente. En el caso de estructuras especiales, se necesitan consideraciones adicionales que complementen los requisitos aplicables de esta Norma. En línea con esta filosofía, se establecen los siguientes principios para el diseño en esta Norma:

- La estructura debe ser capaz de resistir movimientos sísmicos intensos sin colapsar ni provocar lesiones graves a las personas en el sitio
- La estructura debe resistir movimientos sísmicos moderados que puedan ocurrir en el lugar durante su vida útil, permitiendo posibles daños que se mantengan dentro de límites aceptables

Para determinar los parámetros del sitio, es necesario consultar la zonificación. El territorio nacional se divide en tres zonas, como se muestra en la figura siguiente. (Norma E.030-RNE, 2021).

Figura 13.

Zonas sísmicas del Perú.



Fuente: Norma E.030 – RNE, 2021

A cada zona se le asigna un factor Z, como se indica en la Tabla 1. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10 % de ser superada en un período de 50 años.

Tabla 1:
Factores de Zona del mapa de Perú.

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030 – RNE, 2021

En el contexto de esta Norma, las condiciones geotécnicas clasifican los perfiles de suelo considerando propiedades mecánicas del suelo, espesor del estrato, período fundamental de vibración y velocidad de propagación de las ondas de corte. Se identifican cuatro tipos de perfiles de suelos.

Tabla 2:
Factores de suelo.

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO	S0	S1	S2	S3
ZONA				
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030 – RNE, 2021

En la Tabla 3 se puede observar los periodos de suelos de acuerdo a la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 3:
Periodos de suelos.

PERIODOS " T_P " Y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
$T_P (S)$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L(S)$	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E-030 – RNE, 2021

Según las características del sitio, se determina el factor de amplificación sísmica (C) mediante la expresión 17. (Norma E030–RNE, 2021)

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2,5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2,5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T_p > T_L & \quad C = 2,5 \times \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Donde:

- T_L y T_p : periodos de acuerdo al tipo de suelo

La norma técnica E.090 se enfoca en estructuras metálicas, utilizando el método de diseño de acero basado en el método de resistencia o estados límites (LRFD). Los elementos a tracción son aquellos sujetos a fuerzas axiales de tracción, lo que genera esfuerzos internos dentro del elemento. La Tabla 4 detalla los elementos a tracción que presentan dos estados límites.

Tabla 4:
Estados límites de miembros en tracción.

Caso	Estados límites	Factor de resistencia	Coficiente de seguridad
Miembros en tracción	Fluencia en el área bruta	0.90	1.67
	Rotura en el área neta	0.75	2.00

Fuente: norma técnica E-090

A diferencia de los elementos a tracción, la resistencia de los miembros sometidos a compresión axial depende de la longitud no arriostrada del elemento y de su sección transversal. Además, estos miembros presentan los siguientes estados límites.

Tabla 5:
Estado límite de elementos comprimidos.

Caso	Estados Límites	Factor de resistencia	Coficiente de seguridad
Miembros a compresión	Pandeo Flexional	0.9	1.67
	Pandeo Torsional o Flexo-torsional	0.9	1.67

Pandeo Local	0.9	1.67
--------------	-----	------

Fuente: norma técnica E-090

En los miembros de flexión Las vigas son miembros estructurales sobre los cuales actúan cargas perpendiculares a su eje originando flexión y corte a lo largo de la luz. Para satisfacer el requisito de resistencia, se debe cumplir que:

$$\phi M_n > M_u$$

Donde:

- M_u = Combinación gobernante de momento por cargas factorizadas
- M_n = Resistencia nominal por momento
- ϕ = Factor de reducción de Resistencia para flexión: 0.90

El bombeo de agua es una función clave de la agricultura porque el suministro de agua adecuado y oportuno mejora los rendimientos de cultivo Mahjoob et al (2022), y de manera similar, otro autor explica que las plantas necesitan mucha agua durante los días o meses soleados. Porque existe una correlación natural entre la demanda de agua de los cultivos y la disponibilidad de energía solar. (Khalil et al., 2017)

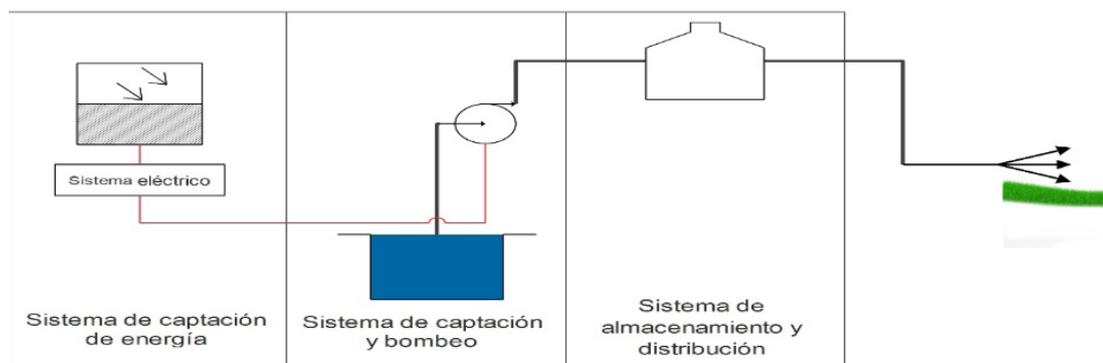
El sistema de bombeo de agua por el sistema aislado, cuenta con tres modelos de sistemas básicos, el primer sistema comienza con la captación de la radiación del sol por medio de los paneles solares y convertir la radiación en corriente eléctrica, para posteriormente ser trasladado al otro sistema, Al motor eléctrico permite impeler a la bomba que convierte la corriente eléctrica producido por el sistema off-grid en energía mecánica para desplazar el agua y el tercer sistema, es el sistema del traslado del fluido, hacia el camino final. (Freitas Machado et al., 2014).

En la figura número 14, se puede apreciar un diseño metodológico donde se encuentra los 3 tipos de subsistemas tienen cada uno sus propias características y se requiere de accesorios para llevar a cabo su labor

dependiendo de la zona donde se encuentre y del requerimiento del riego.

Figura 14.

Diseño metodológico



Fuente: Rúa y et al (2020)

Es imprescindible contar con un sistema eficiente de distribución de agua y nutrientes para mejorar la productividad de los cultivos, especialmente en las regiones escasas de agua afectadas por deficiencia de nutrientes. (Dhayal et al, 2023). La técnica de riego por goteo reduce al mínimo el uso de agua y la pérdida de nutrientes, mejorando la calidad y la productividad del cultivo. (Chen et al, 2015). A diferencia de los métodos de riego tradicionales que saturan todo el perfil del suelo, el riego por goteo suministra agua muy cerca de las plantas, mojando solo el área del suelo donde están presentes las raíces. En este sistema, el agua se aplica con mayor frecuencia (generalmente cada 1 a 3 días) en comparación con otros sistemas de riego, lo que da como resultado niveles óptimos de humedad en el suelo que permiten que las plantas prosperen. El agua, los nutrientes y otras sustancias esenciales para el crecimiento son suministrados con precisión directamente a la zona radicular de la planta mediante un orificio controlado. Gracias a la acción de la gravedad y la capilaridad, el agua y los nutrientes se infiltran en el suelo a través de los emisores, alcanzando así las raíces de la planta. Como resultado, los niveles de humedad y nutrientes de la planta se reponen rápidamente, lo que garantiza un estrés hídrico mínimo y mejora

la calidad, el crecimiento y la productividad en general. (Rambabu et al, 2023)

El maracuyá es una planta tropical que necesita un suministro de agua de entre 800 y 1500 litros por año. Si no se satisface esta necesidad, es imprescindible instalar un sistema de riego localizado para garantizar la producción, especialmente en áreas secas o con escasez de agua. (Miranda, 2009) Se ha establecido que cada planta necesita aproximadamente 4 litros diarios desde el trasplante hasta dos meses después. Posteriormente, se debe calcular un suministro diario de entre 15 y 20 litros, según sea necesario. (Cormacarena, 2018)

El caudal o tasa de bombeo (Q) se refiere al volumen de agua que un sistema de bombeo solar fuera de la red (off-grid) puede bombear en un intervalo de tiempo específico. Depende tanto del tamaño del conjunto fotovoltaico como de la intensidad de la energía solar disponible. (Nyenshu et al, 2023)

Cabeza dinámica total y también conocido como la altura de bombeo (H_{TE}) calcular la cabeza dinámica total implica tener en cuenta la distancia vertical que el agua necesita ser bombeada (conocida como cabeza estática) y la cabeza efectiva que resulta de bombear el volumen de agua necesario por unidad de tiempo a través del canal real. (Nyenshu et al, 2023) Mediante la Ecuación 18 se obtiene la cabeza dinámica total. (Nyenshu et al, 2023)

$$H_{TE} = H_i + H_f \quad (18)$$

Donde:

- H_{TE} : es la altura de bombeo
- H_i : es la carga de succión en metros
- H_f : es la carga de impulsión en metros

Para determinar el caudal requerido para el cultivo utilizaremos la siguiente ecuación 19. (Toro, 2021)

$$Caudal (Q) = \frac{\text{demanda diaria de agua}}{HSP} \quad (19)$$

Donde:

Q : Caudal m^3/s

HSP: Hora solar pico

Y ahora con la Ecuación 20, se aplica para obtener la potencia eléctrica de la bomba: (Toro, 2021)

$$P_M = \frac{H_{TE} * \gamma * Q}{\eta} \quad (20)$$

Donde:

H_{TE} : Altura equivalente (m)

γ : peso específico del agua $9.81 kN/m^3$

Q : Caudal m^3/s

η : Rendimiento de la bomba

En el sector agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupito, departamento la Libertad se está utilizando petróleo diésel para generar energía con una motobomba de 15.7 kW, el operario de dicho campo agrícola nos brindó la siguiente información donde nos dice que la motobomba viene trabajando 4 horas al día para regar 2 hectáreas de cultivo de maracuyá y por cada hora de riego se consume un galón de petróleo, siendo así 4 galones de petróleo por día. Provocando así una emisión de 39.52 kg/co2 al día (GEI, 2011) en este campo agrícola, esta cantidad de emisión de co2 se determina mediante la Tabla 6.

En la siguiente Tabla 6, se puede observar la cantidad de emisión de Co2 que emite el petróleo por cada litro.

Tabla 6:

Tabla de conversión de litros de diésel a emisiones de (CO₂/litros)

Datos disponibles	Metodología de cálculo y el factor de emisión
1 litro de Diesel	2.61 kg de (CO ₂ /litros)

Fuente: GEI (2011)

Según lo planteado por (Toro, 2021), el período de recuperación estática,

o PayBack, señala la duración en la que se espera que un proyecto reembolse la inversión inicial realizada. Este indicador se considera un factor de riesgo, ya que un período de recuperación más largo aumenta la incertidumbre y puede afectar la rentabilidad del proyecto. Para ello se utiliza la siguiente ecuación 21.

$$Payback = \frac{\text{importe total de la inversión}}{\text{Flujo anual}} \quad (21)$$

Y ahora veremos El valor actual neto (VAN) se calcula sumando algebraicamente los flujos de efectivo descontados al valor presente, incluyendo la inversión inicial. También conocido como método de evaluación de flujos de efectivo descontados, el VAN proporciona una comparación entre el valor de la inversión y el valor de los rendimientos esperados, considerando todos los valores en el momento actual (Vilela et al, 2023). Matemáticamente, el VAN se puede calcular según la Ecuación 22. (Vilela et al, 2023)

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FNN}{(1+i)^j} - INN \quad (22)$$

Donde: El valor actual neto (VAN) es el valor presente neto. FNN representa el flujo de caja después de impuestos en el año n. La tasa de descuento o atractivo se denota como i, y n es la duración del proyecto en años.

Existe un precepto de decisión básico para el método VAN:

Si $VAN > 0$: viable, y se acepta el proyecto de inversión, ya que los rendimientos cubrirán el capital invertido;

Si $VAN = 0$: indiferente, ya que el retorno de la inversión sólo cubrirá el capital invertido y el retorno mínimo cobrado por el inversor, por lo que no ofrece ninguna ventaja o ganancia;

Si $VAN < 0$: rechazado, ya que los rendimientos ofrecidos no cubrirán el capital invertido más el rendimiento mínimo requerido por el inversor.

Seguidamente de la Tasa Interna de Retorno (TIR) tiene como objetivo comparar la inversión inicial y los gastos futuros de un proyecto con el rendimiento potencial que puede ofrecer. La TIR no considera los costos

relacionados con la inversión en el proyecto, por lo que se debe comparar con otros indicadores para una decisión asertiva de invertir o no en un proyecto. (Yoshida,2020)

La fórmula de la TIR viene dada por un valor sumatorio, considerando varios flujos; el presente estudio calculó la TIR a partir de los resultados de ingresos brutos, tasas e impuestos y costos totales, clasificando a las centrales hidroeléctricas con mejores resultados. Para ello, se supone que el valor actual neto (VAN) es igual a cero. Esto da lugar al siguiente cálculo representado por la Ecuación (23):

$$TIR = VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FNN}{(1+i)^j} - INN = 0 \quad (23)$$

Las siguientes variables están definidas por:

n es el periodo durante el cual se genera el flujo de caja (puede ser en meses, semestres, años, etc.). FNN representa el flujo de caja en el periodo t. Σ simboliza la suma de los flujos de todos los periodos. i es la tasa de descuento o de atractivo, y INN se refiere a la inversión inicial.

La tasa mínima de rendimiento aceptable (MARR) es la tasa de interés mínima que un inversionista necesita para aceptar una inversión. Esta tasa se utiliza principalmente para determinar la viabilidad de una inversión, teniendo en cuenta activos sin riesgo como la tasa SELIC del Banco Central de Perú, el índice amplio de precios al consumo (IPCA) o los certificados de depósito interbancarios (CDI) (Abreu, 2018).

Los análisis que se pueden realizar a partir de los resultados:

TIR > TMAR la inversión es atractiva.

TIR = La inversión basada en la TMAR no se considera ni buena ni mala, ya que produciría la misma tasa de rendimiento que una inversión sin riesgo.

TIR < La inversión basada en la TMAR no resulta atractiva, ya que su rentabilidad es inferior a la tasa de rendimiento de una inversión sin riesgo.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Propuesta de investigación aplicada ya que el objetivo principal de esta investigación es abordar una problemática real con el propósito de generar conocimientos prácticos, soluciones concretas y se espera que los resultados obtenidos sean aplicables directamente a la solución del problema.

3.1.2. Diseño de investigación: Según su enfoque es cuantitativo, tendrá un diseño no experimental, ya que el objetivo principal es analizar datos existentes, recopilados previamente por otras fuentes, en lugar de realizar un experimento o recopilar datos primarios y según su objetivo de investigación es explicativo.

3.2. Variables y operacionalización

La variable independiente para esta investigación es: El sistema off-grid quien es la que manipula y controla el estudio. El sistema off-grid es la intervención principal en el estudio. Es la “causa” que se está introduciendo para observar sus efectos en el entorno agrícola específico. La implementación de este sistema es el cambio que se hace con la expectativa de que impacte positivamente en el campo agrícola mencionado.

La variable dependiente es: Factibilidad económica, es lo que se va a estudiar y analizar. Esta es el resultado que se espera tras la implementación del sistema off-grid. Es el “efecto” que se mide para determinar si el sistema es viable y beneficioso en términos financieros. El objetivo principal del estudio es reducir los costos de energía, por lo que la factibilidad económica es el indicador clave para evaluar si el sistema off-grid cumple con este objetivo.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

La población de estudio son todos los sistemas fotovoltaicos off-grid que son utilizados para el uso agrícola en la región La Libertad.

- Criterio de inclusión: Los sistemas deben ser utilizados específicamente para actividades agrícolas, como el riego, bombeo de agua, iluminación y otros. También los sistemas deben ser aislados de la red principal, puede incluir sistemas solares, eólicos, hidroeléctricos, sistemas híbridos, etc. Los sistemas deben estar ubicados en un área geográfica específica que sea relevante para el estudio.
- Criterio de exclusión: Se excluye los sistemas que no se utilicen para actividades agrícolas, también se excluye los sistemas que si tengan conexión a la red (on grid), y también se excluye a los sistemas que no cumplan con los criterios de tamaño que se ha establecido para el estudio.

3.3.2. Muestra:

En esta investigación se toma como muestra a un subconjunto de la población total de estudio tomando así al sistema fotovoltaico off-grid utilizado para el bombeo de agua en el campo agrícola las pampas dios del distrito de Guadalupito.

3.3.3. Muestreo

La muestra se realizará mediante el muestreo no probabilístico, de tipo de muestreo por juicio, ya que no se utilizó una ecuación o fórmula estadística para determinar el tamaño de la muestra y no se tiene que hacer una muestra representativa para toda la población.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis para este estudio es el propio sistema fotovoltaico off-grid para el uso agrícola que se seleccionó para incluir en la muestra.

3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos

- **Técnica:**

En el marco de esta investigación, se emplearon diversas técnicas para recopilar, procesar y analizar la información relevante. En primer lugar, se llevó a cabo una observación exhaustiva, utilizando métodos de observación directa en campo y recolección de datos. Estos enfoques permitieron obtener una visión detallada del funcionamiento del sistema, identificar variables clave y recolectar datos en tiempo real. También se realizaron mediciones donde se obtuvieron datos que fueron requeridos y que nos sirvieron para poder lograr cada uno de nuestros objetivos propuestos.

Además, se realizó un análisis documental exhaustivo, consultando una amplia variedad de fuentes, como libros, artículos científicos, informes técnicos y normativas relacionadas con el sistema off-grid. Para este análisis, se aplicó una metodología rigurosa, que incluyó la revisión crítica de la información recopilada, la selección de datos relevantes y la identificación de tendencias y patrones importantes en la literatura existente.

Asimismo, se llevó a cabo un análisis de contenido de la información recopilada, con el objetivo de categorizar y organizar los datos relevantes relacionados con el sistema off-grid. Este proceso involucró la codificación de los datos, la clasificación en categorías temáticas y la identificación de relaciones y conexiones entre los diferentes elementos analizados. Se utilizaron herramientas y software especializados para facilitar este proceso y obtener resultados precisos y consistentes.

- **Instrumentos de recolección de datos:**

Se utilizará una guía de observación para poder realizar la investigación para recopilar información de las dos hectáreas de cultivo de maracuyá que se encuentra ubicado en las pampas de Dios, en el distrito de Guadalupe.

Se requerirá la data de radiación solar. Para lograr determinar la radiación se obtuvo datos y mediciones en la zona de estudio como la latitud y longitud del lugar exacto, temperaturas máximas y mínimas de la ubicación. El PVGIS, desarrollado por la Comisión Europea, se utilizó como una herramienta crucial para obtener datos sobre radiación solar sobre un plano inclinado. Este sistema proporciona estimaciones de la radiación solar en cualquier ubicación dada, utilizando modelos y datos climáticos. Se ingresaron las coordenadas geográficas específicas del sitio de estudio en el PVGIS, el ángulo de inclinación óptimo, y la plataforma proporcionó datos detallados sobre la radiación solar incidente en ese lugar durante un período de tiempo determinado. El uso de PVGIS como herramienta de recopilación de datos proporcionó información precisa y fiable sobre la radiación solar en el área investigada. Esto sirvió como base esencial para analizar e interpretar los resultados dentro del marco de la investigación.

El instrumento será la ficha de registro de la radiación solar de un día del mes del año que será llenado con datos obtenidos de la zona y lo podemos encontrar en el anexo 2.1. Este instrumento tendrá como objetivo determinar la radiación de un día del mes de las pampas de dios, distrito de Guadalupito.

Se requerirá la data de carga eléctrica, para cual lo usaremos mediante la técnica de ficha de análisis de documento, el instrumento será la ficha de registro de cargas eléctricas y horas operativas de las pampas de dios, del distrito de Guadalupito y lo podemos encontrar en el anexo 2.2, validado por (Melendez,2023), en este instrumento se tendrá como objetivo determinar el historial de cargas eléctricas y horas operativas de las pampas de dios, del distrito de Guadalupito que serán alimentadas por el sistema off-grid.

Se requiere la data del costo de generación de energía, para lo cual usaremos la ficha técnica de análisis de documento, el instrumento será la ficha de registro del costo de generación de energía y lo podemos encontrar en el Anexo 2.3 con elaboración propia, este instrumento tendrá

como objetivo determinar el historial de los costos de energía de los años 2019 a 2023 de las pampas de dios, del distrito de Guadalupito.

3.5. Procedimiento

Para iniciar con esta investigación primeramente se solicitó al dueño del campo agrícola para que nos brinde la autorización y permisos correspondientes para poder realizar nuestra investigación en dicho campo agrícola.

Luego ya con los permisos correspondientes, se realizó la visita técnica para comenzar con la recolección de datos, lo cual fue fundamental para llevar a cabo esta investigación. Ya ubicados en el campo agrícola se utilizó la técnica de observación para poder recolectar datos y obtener información necesaria que nos sirvieron en la investigación y también se hicieron las mediciones necesarias para poder desarrollar cada uno de nuestros objetivos propuestos. Luego de obtener los datos e información de la visita técnica al campo agrícola, se inició con la búsqueda de información exhaustiva. Se recopiló información de fuentes confiables como revistas científicas, tesis de repositorios, libros y otros recursos. Esta información fue fundamental para elaborar nuestras fichas técnicas y desarrollar los instrumentos de recolección de datos.

Luego de obtener toda la información se procedió a obtener cada uno de los objetivos propuestos. El cual se inició obteniendo la radiación solar de esta zona, donde se emplearon datos obtenidos en campo como la latitud, longitud, temperaturas máximas y mínimas de la zona de estudio y se ingresaron al software de la Comisión Europea (PVGIS), una vez obtenida la radiación solar, se procedió a llenar la ficha de registro de la radiación solar de un día del mes del año y lo podemos encontrar en el anexo 2.1.

Luego se determinó la potencia del sistema de bombeo utilizando ecuaciones de energía hidráulicas, donde previamente se realizaron mediciones topográficas determinando datos de las elevaciones del terreno, también para poder determinar esta potencia se aplicaron datos

brindados por el agricultor, datos como en tipo de sembrío, litros de agua que se requiere para este tipo de cultivo, caudal y horas de riego.

Posteriormente, se llevaron a cabo los cálculos y el diseño del sistema off grid. Para realizar estos cálculos, se utilizaron los datos previamente recopilados, como la radiación solar y las cargas eléctricas que el sistema off grid deberá alimentar, estas cargas eléctricas se determinaron mediante la ficha de registro de cargas eléctricas y horas operativas de las pampas de dios, del distrito de Guadalupe y lo podemos encontrar en el anexo 2.2 validado por (Melendez,2023). Luego se procedió a realizar la selección de los paneles solares y números de paneles, inversor, baterías, selección de cables y puesta a tierra, mediante las ecuaciones de los sistemas de los paneles solares.

También se realizó el diseño de los planos y cálculos de los soportes para los paneles solares mediante un software especializado, de esta manera generar una mejor representación gráfica de los planos y el ensamblaje de los diversos elementos del sistema fotovoltaico, contemplando tanto sus conexiones como su distribución dentro de los espacios asignados.

Luego con la ayuda de nuestros instrumentos se realizó la evaluación de los costos de energía mediante la motobomba que utiliza petróleo como fuente para generar energía y los costos de generación de energía eléctrica con el sistema off grid, comparando así los datos obtenidos del costo de combustible fósiles para bombear agua (kWh – soles) y el costo de generación solar (KWh - soles).

Por último, se llevó a cabo un análisis económico utilizando el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar la viabilidad económica de implementar el sistema off grid, así como su capacidad para reducir los costos de generación de energía eléctrica en el campo agrícola.

3.6. Método de análisis de datos

Se estableció una metodología que involucra el uso de ecuaciones y software que serán útiles en el desarrollo de la investigación. Además, se emplearon programas especializados para el proceso y analizar los datos recolectados. Se detallan los programas a utilizar: Microsoft Word para completar las fichas técnicas y Microsoft Excel para calcular los costos y presupuestos, lo que permitirá analizar la situación de los gastos de consumo en la generación de energía eléctrica en el campo agrícola del sector las pampas de dios del distrito de Guadalupe. Para obtener la radiación solar aprovechable sobre un plano inclinado en las coordenadas geográficas del sitio donde se realizará el proyecto se obtiene mediante el software PVGIS de la Comisión Europea.

Los aspectos económicos relacionados con la inversión y recuperación de capital junto con otros datos relevantes para el proyecto, se verificarán los datos obtenidos mediante cálculos y la creación de tablas y gráficos.

Para organizar las fuentes bibliográficas del proyecto y facilitar la comparación y discusión de los resultados, se empleará Microsoft Word, se utilizará SolidWorks para crear una representación visual de los planos y el conjunto de los diversos componentes del sistema fotovoltaico, incluidas sus conexiones y, distribución en los espacios disponibles. Y por último el programa SAP200, para el diseño de las estructuras que servirán como soporte para los paneles solares.

3.7. Aspectos éticos

La investigación se llevó a cabo de forma responsable y ética, buscando información en diversas fuentes confiables y respetando los derechos de autor. Y así poder recopilar la información, analizar y comprenderlo para luego seleccionar, relacionar y poder realizar el proyecto de investigación. Se elaboró de esta manera debido a que la investigación con ética es un aspecto fundamental y de suma importancia en cualquier estudio académico.

La ética en la investigación aborda la responsabilidad y el compromiso

de los investigadores para realizar su labor de manera justa, imparcial y respetuosa hacia todos los implicados, incluyendo a los participantes, la comunidad científica y la sociedad en su conjunto.

Esto implica obtener su consentimiento informado de forma clara y voluntaria, garantizando que comprendan los objetivos del estudio y los posibles riesgos y beneficios que conlleva. También es fundamental asegurar la confidencialidad de los datos recopilados y resguardar la privacidad de los involucrados. Asimismo, la ética en la investigación requiere la transparencia y la honestidad en todas las etapas del proceso investigativo.

Es crucial seguir los principios de equipamiento académico, evitando el plagio y otorgando el debido reconocimiento a las fuentes utilizadas. Por ello, es fundamental comunicar los resultados de forma clara y comprensible para el público en general, promoviendo la divulgación científica y el acceso abierto a la información.

IV. RESULTADOS

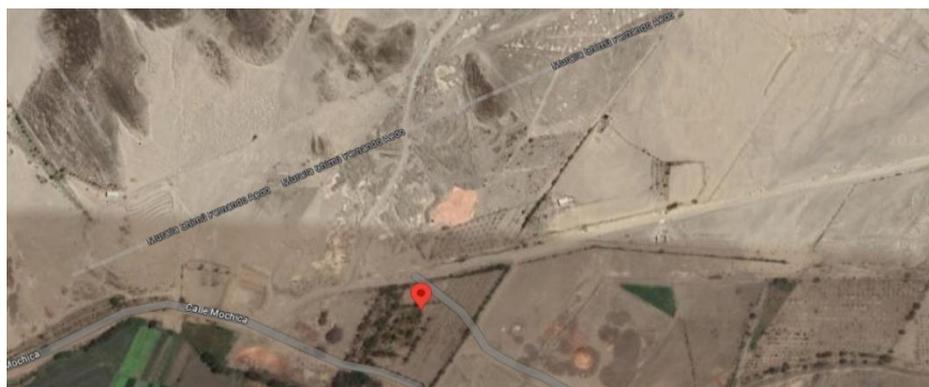
La población de estudio de esta investigación son los sistemas off-grid que son usados en el bombeo de agua para el uso agrícola de la región La Libertad y se selecciona como muestra a un subconjunto de la población total de estudio tomando así al sistema fotovoltaico off-grid utilizado para el bombeo de agua en el campo agrícola las pampas de dios en el distrito de Guadalupito.

La localización geográfica del campo agrícola las pampas de dios, del distrito de Guadalupito, provincia de Virú, departamento de la Libertad, se obtiene las coordenadas geográficas mediante un GPS donde se obtuvo los siguientes datos:

- Región: La Libertad – Perú
- Longitud 78° 37' 16.7" W ó -78.621378
- Latitud 8° 56' 26.1" S ó -8.940479
- Altitud 31 m.s.n.m

Figura 15.

Coordenada de ubicación del campo agrícola las pampas de dios, del distrito de Guadalupito, provincia de Virú, departamento de La Libertad.



Fuente: (Google maps, 2023).

En la tabla 7, se puede observar las temperaturas máximas y mínimas del sector las pampas de dios del distrito de Guadalupito, provincia de Virú, departamento de la Libertad, que se tomaron para el mes del análisis y para los otros meses mediante el Senamhi.

Ταβλα 7:

Temperaturas máximas y mínimas del sector las pampas de dios.

Meses del año	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C
Enero	24.9	17.1
Febrero	25.8	18.1
Marzo	25.5	18.2
Abril	24.2	16.9
Mayo	23.1	15.9
Junio	21.9	15.1
Julio	20.9	14.5
Agosto	20.2	14.5
Setiembre	20.2	14.1
Octubre	20.5	14.2
Noviembre	21.9	14.9
Diciembre	23.3	15.9

Fuente: Senamhi, 2023

4.1 Determinación de la radiación solar del sector las pampas de dios, del distrito de Guadalupito, Provincia de Virú, Departamento la Libertad

Iniciaremos determinando el ángulo de inclinación óptimo (β_{opt}) de los paneles solares. Comenzaremos usando la Ecuación 1

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\text{Latitud}|$$

Donde:

β_{opt} : ángulo de inclinación óptima

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |-8.940479|$$

$$\beta_{opt}=9.86893051 \approx 10^\circ$$

Luego, con un ángulo de inclinación óptimo de 10° y una orientación hacia el norte debido a nuestra ubicación en el hemisferio sur, necesitamos conocer la cantidad de energía solar que incide en esta área. Utilizaremos el software de la Comisión Europea (PVGIS) para determinar la irradiación solar sobre una superficie inclinada en el distrito de Guadalupito.

Tabla 8:
Irradiación solar sobre una superficie inclinada de 10°

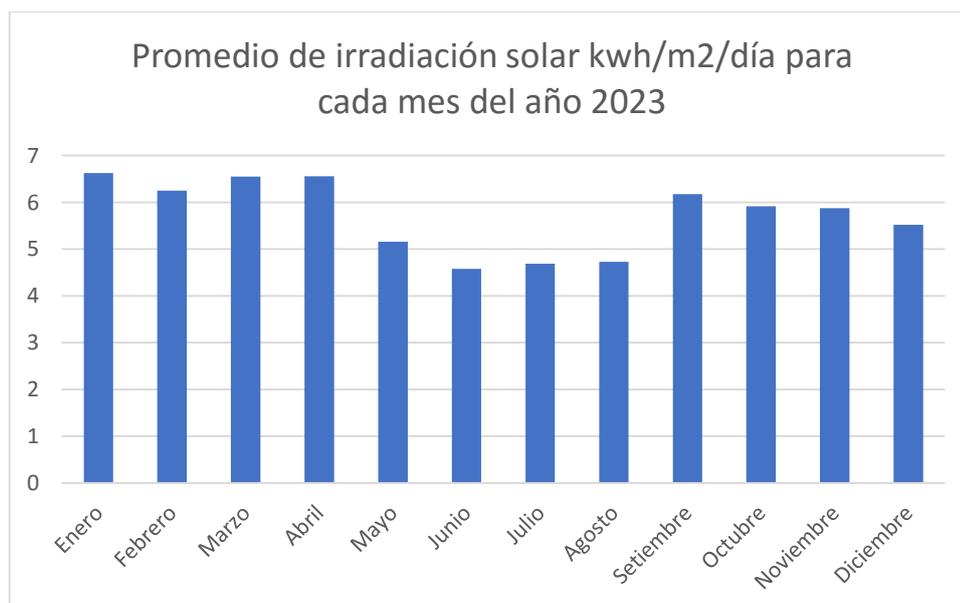
Región: La Libertad					
Altitud: 31 m.s.n.m		Longitud: 78° 37' 16.7" W		Latitud: 8° 56' 26.1" S	
meses (año 2023)	Datos de entrada			Irradiación solar emitida	
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Latitud	Irradiación total al mes (Kwh/m2/mes)	Irradiación promedio al día (Kwh/m2/día)
Enero	24.9	17.1	-8.940479	205.45	6.63
Febrero	25.8	18.1	-8.940479	174.93	6.25
Marzo	25.5	18.2	-8.940479	203.19	6.55
Abril	24.2	16.9	-8.940479	196.77	6.56
Mayo	23.1	15.9	-8.940479	160.08	5.16
Junio	21.9	15.1	-8.940479	137.26	4.58
Julio	20.9	14.5	-8.940479	145.44	4.69
Agosto	20.2	14.5	-8.940479	146.70	4.73
Setiembre	20.2	14.1	-8.940479	185.54	6.18
Octubre	20.5	14.2	-8.940479	183.52	5.92
Noviembre	21.9	14.9	-8.940479	176.41	5.88
Diciembre	23.3	15.9	-8.940479	170.99	5.52
Media:				173.86	5.72

Fuente: Comisión Europea, 2023

En la Figura 16, se puede observar un gráfico de barras donde indica la irradiación solar promedio de cada mes obtenida mediante el software de la Comisión Europea sobre un plano inclinado a 10° del año 2023 en el campo agrícola las pampas de dios, del distrito de Guadalupito, provincia de Virú, departamento de la Libertad.

Figura 16.

Irradiación solar (kWh/m2/día) promedio de cada mes del año 2023



Fuente: Comisión Europea, 2023.

Analizando el grafico de barras se tiene la irradiación máxima, mínima y promedio del año 2023, del campo agrícola las pampas de dios.

Tabla 9:

Irradiación máxima, mínima y promedio de un plano inclinado del distrito de Guadalupe.

Radiación máxima:	6.63(kWh/m ² /día)
Radiación mínima:	4.58(kWh/m ² /día)
Radiación promedio:	5.72(kWh/m ² /día)

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Horas Sol Pico (HSP)

El concepto de Horas Sol Pico (HSP) se refiere al tiempo promedio diario en el que la radiación solar es suficientemente intensa para ser utilizada por los paneles solares. Este se calcula considerando las horas en las que la radiación solar alcanza un nivel óptimo para la generación de energía, generalmente alrededor de 1 000 W/m² (Mejía, 2019). En el campo agrícola Las Pampas de Dios, se registra un promedio de 4.58 kWh/m²/día para un ángulo de inclinación de 10° durante el mes menos favorable, junio, lo que equivale a aproximadamente 4.58 horas de sol al día con una intensidad de 1 000 W/m².

4.2. Determinación de la potencia del sistema de bombeo

Se procede a calcular la potencia del sistema de bombeo dado que la potencia de la motobomba que trabaja actualmente fue seleccionada de manera empírica y no fue calculada por un especialista.

4.2.1. Determinación la demanda de agua

Para realizar el diseño de un sistema por bombeo off grid para la demanda del riego por goteo se tiene que tener en cuenta las siguientes informaciones:

- Área del terreno del cultivo: hectárea 1 (C1):12 176.95 m²
hectárea 2 (C2):7 805.381 m²

Obteniendo la suma de las 2 hectárea = 19 982.331 m²

- Tipo de sembrío : Maracuyá
- Frecuencia del riego : 4 veces por semana

Para determinar las necesidades de agua para el cultivo de maracuyá, es esencial calcular la cantidad requerida para evitar la deshidratación debido a la evaporación y la transpiración. Por lo tanto, se sugiere calcular el riego en función de la demanda hídrica del cultivo y la precipitación efectiva.

El sistema por goteo es el más usado mayormente para reducir consumo de agua, menor consumo de energía y para un fácil control del sembrío de maracuyá para así obtener un buen resultado y de buena calidad.

El maracuyá, se encuentra plantado de 40*40*50cm de profundidad con una separación de 2.5m entre ellas y cuenta con un sistema de tipo espaldera vertical o de acero. Se obtiene 1500 plantas por cada hectárea de cultivo agrícola del sector las pampas de dios del distrito de Guadalupe, provincia de Virú, departamento de la Libertad. Consideramos 30 litros/días por planta de maracuyá. (Cormacarena, 2018).

En Tabla 10, se puede observar los litros de agua al día que se necesita para bombear agua en las hectáreas 1 y en la hectárea 2 del campo agrícola las pampas de dios.

Tabla 10:

Litros de agua al día que necesitan para bombear en la hectárea 1 y hectárea 2 en el campo agrícola las pampas de dios.

Litro de consumo de agua al día	Hectárea 1 (1500 plantas)	Hectárea 2 (1500 plantas)
30 litros/día	45 000litros/día	45 000 litros/día

Fuente: elaboración propia

4.2.2. Altura equivalente del terreno

Para obtener la altura del terreno o también llamada la cabeza dinámica total se calcula con la ecuación 18, que se tiene a

continuación. Lo cual se sumarán la distancia de abastecimiento del pozo inferior hasta el tanque elevado de almacenamiento.

$$H_{TE} = H_i + H_f$$

El diseño off-grid permitirá bombeo directo y hasta la llegada del reservorio, donde H_i es el máximo nivel que llega la tubería de impulsión.

En el sector agrario Las Pampas de Dios, ubicado en el distrito de Guadalupe, donde se llevó a cabo la investigación, hay un pozo con un diámetro de 5.00 metros y una profundidad de 10 metros. La bomba sumergible se instalará a 10 metros por debajo de la cota del terreno adyacente al pozo. El terreno tiene una elevación de 15.26 metros. Las pérdidas por fricción en las tuberías y otros accesorios en el sistema hidráulico serán inferiores al 10% de la energía hidráulica útil suministrada por la bomba según el Pliego de Condiciones técnicas PCT (IDAE, 2019).

$$H_{TE} = 10 + 15.26 + 0.1 * (10 + 15.26)$$

$$H_{TE} = 27.8 \text{ m}$$

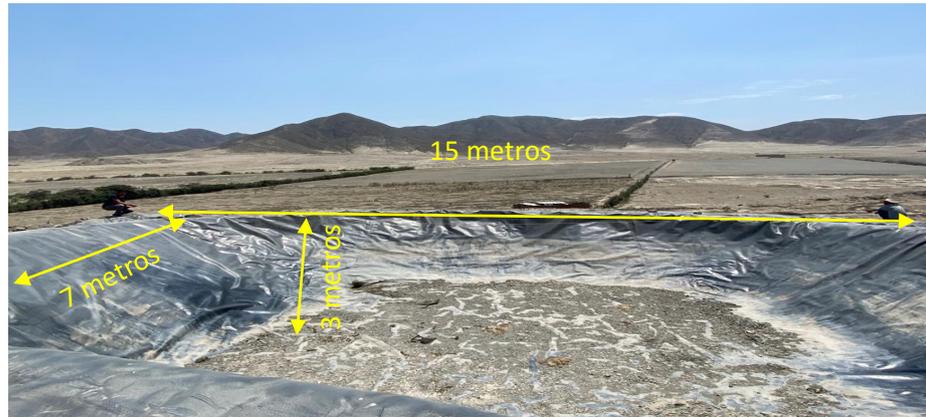
4.2.3. Determinación del sistema de bombeo solar

Consideramos 30 litros/día por planta, entonces la demanda diaria de agua para las dos hectáreas sería 90 000 litros al día (Cormacarena, 2019).

Esta cantidad de agua requerida es. Almacenada en un pozo elevado existente para almacenar el fluido con dimensiones de 15 metros de largo por 7 metros de ancho por 3 metros de profundidad, proporcionando una capacidad de almacenamiento de 315 m³. Este pozo está conectado a una tubería existente de impulsión de 2" de diámetro, que luego desciende a través de otra tubería del mismo diámetro para el riego de los cultivos por medio de un sistema de riego tecnificado existente, este pozo elevado existente se puede observar con en la siguiente figura 17.

Figura 17.

Pozo elevado de almacenamiento de agua existente.



Fuente: Elaboración propia

Para determinar el caudal requerido para el cultivo utilizaremos la siguiente ecuación 19:

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{\text{demanda de agua}}{\text{HSP}}$$

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{90\text{m}^3}{4.58} = \frac{19.65\text{m}^3}{\text{hora}} = \frac{19.65\text{m}^3}{3600\text{seg}} = 0.0055 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 327.5 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Selección de electrobomba a utilizar

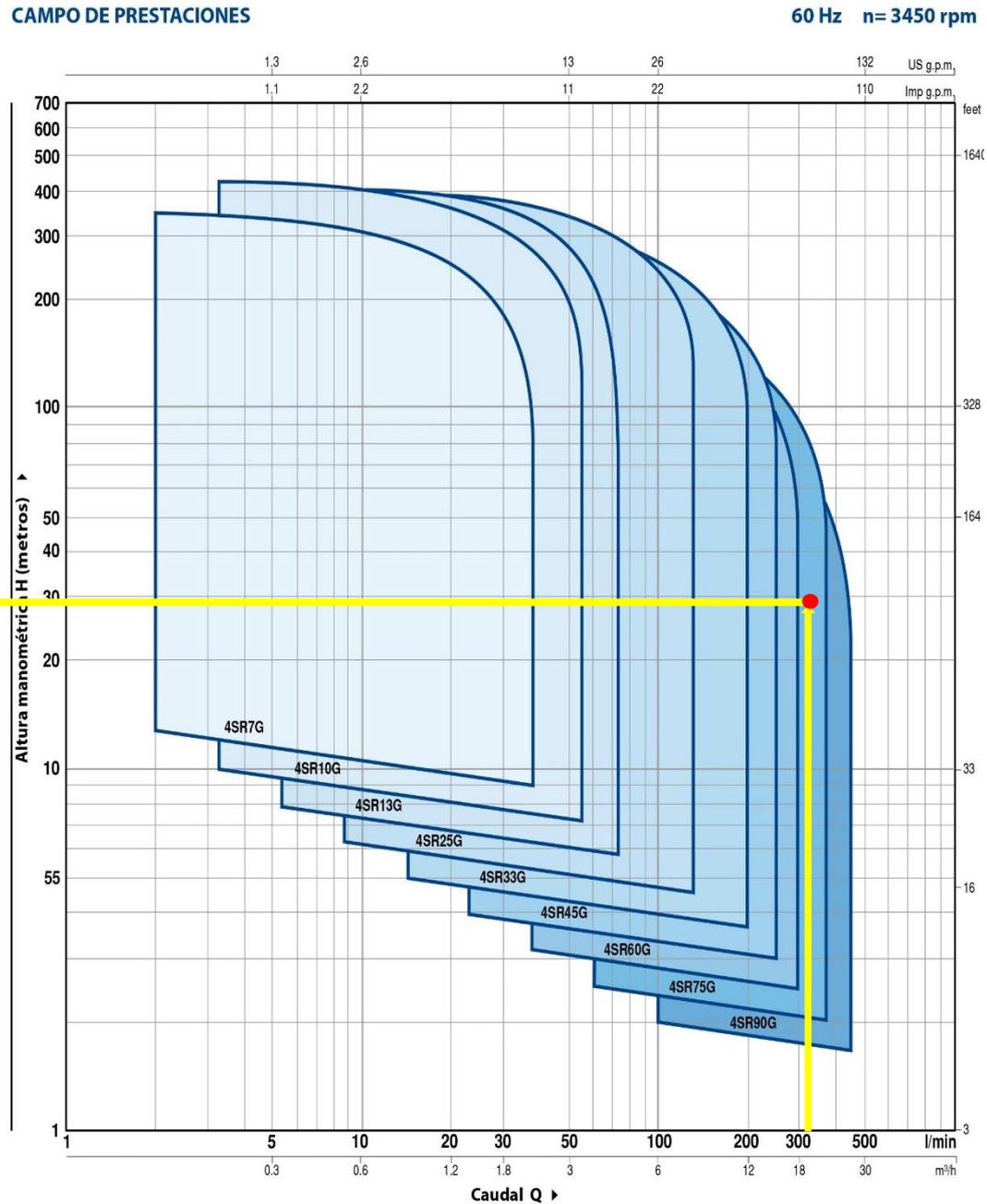
Se hizo un dimensionamiento de la electrobomba considerando los cálculos hidráulicos y la irradiación de la zona. La bomba se dimensionó para garantizar el suministro necesario de agua en los días con menor irradiación, asegurando así la cantidad diaria de agua requerida para el sistema de bombeo.

Luego en función al caudal 327.5 l/min y a la altura diamina 27.8m, vamos a la ficha técnica de fabricante PEDROLLO ver anexo 8 y seleccionamos el tipo de bomba requerido para nuestro sistema.

A continuación, observamos la siguiente figura de campo de prestaciones para el tipo de bombas sumergibles, datos de la electrobomba seleccionada y curvas características del modelo de la electrobomba sumergible escogida con la que trabajara nuestro sistema off grid.

Figura 18.

Campo de prestaciones para electrobombas sumergibles



Fuente: Electrobombas sumergidas Pedrollo.

De acuerdo a la altura manométrica y al caudal de nuestro sistema seleccionamos el modelo 4SR75G del campo de prestaciones del catálogo de electrobombas sumergibles Pedrollo.

Luego con el modelo de bomba seleccionada Pedrollo 4SR75G pasamos a la ficha de curvas y características de bomba seleccionada como se puede apreciar en la siguiente figura 19.

Figura 19.

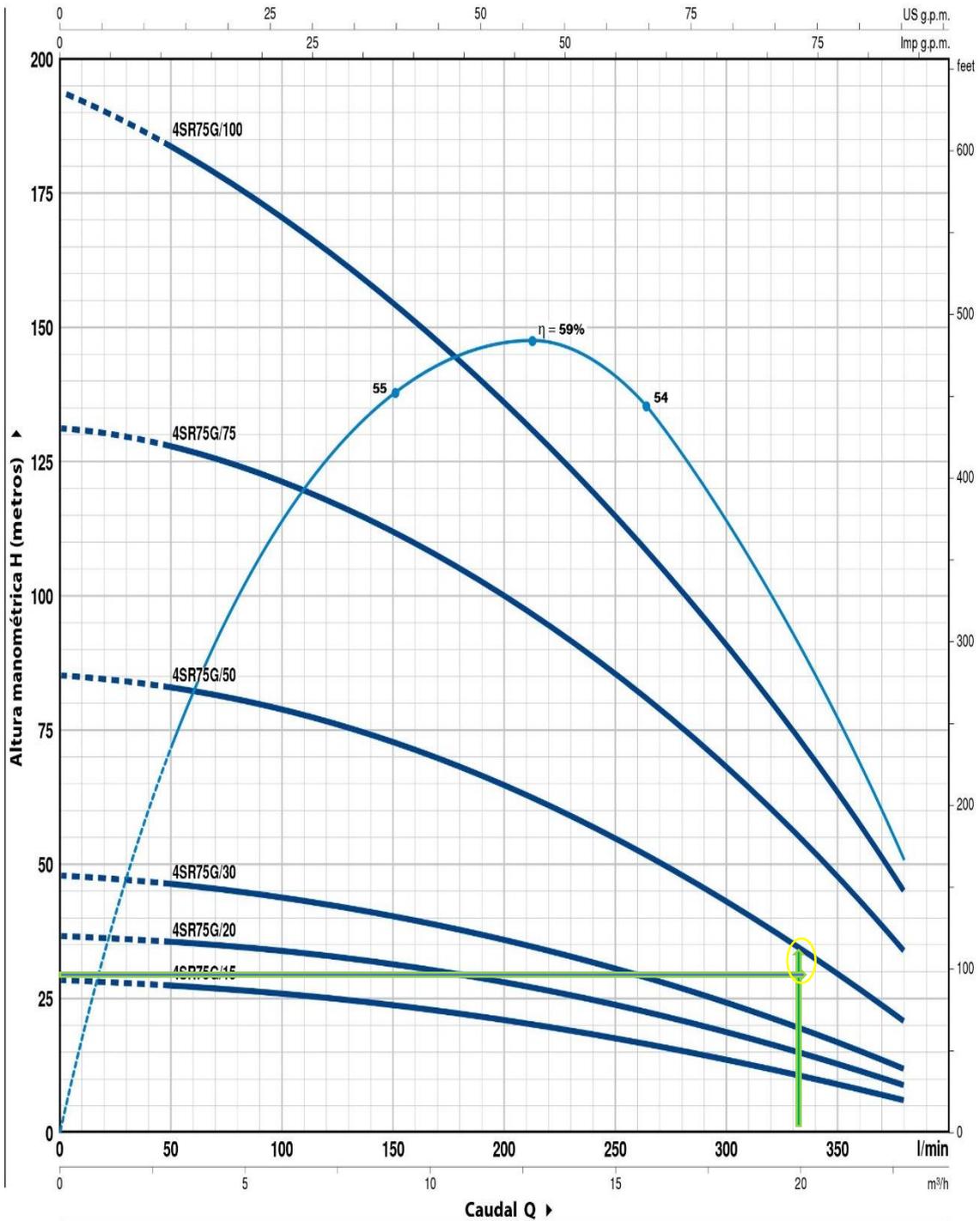
Curvas y características de electrobomba Pedrollo 4SR75G.

4SR75G



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



Fuente: Electrobombas sumergidas Pedrollo.

Luego de acuerdo al caudal y altura manométrica de nuestro sistema seleccionamos el modelo de electrobomba sumergible de 4SR75G/50 con la que trabajará nuestro sistema off grid.

En la siguiente figura 20, vemos los datos de nuestra electrobomba sumergible seleccionada.

Figura 20.

Datos de electrobomba sumergible a seleccionar.

MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros																			
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m ³ /h	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	380
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5		28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6											
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9											
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		47	46	44	40	35	30	22.5	17	12											
	4SR75G/50	3.7	5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21											
-	4SR75G/75	5.5	7.5		130	127	122	113	102	85	66	46	34											
-	4SR75G/100	7.5	10		192	185	173	156	135	112	87	61	46											

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Fuente: Electrobombas sumergidas Pedrollo.

La electrobomba sumergible elegida tiene un diámetro externo de 4 pulgadas y una boca de succión de 2 pulgadas. Además, cuenta con 9 etapas en las cuales el motor y la bomba están completamente sellados con una carcasa de acero inoxidable para prevenir la corrosión. Sus características se detallan a continuación en la tabla 11 y con mayor detalle ver en el anexo 8.

Tabla 11:

Características técnicas de electrobomba seleccionada.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Fabricante	Pedrollo
Modelo	4DR75G/50
Potencia P ₂ de la bomba	3.7Kw – 5HP
Tensión	Trifásica 220v – 60Hz
Caudal máximo	22.8 m ³ /h o 380 l/min con una altura de 21metros.
Caudal mínimo	3.0 m ³ /h o 50 l/min con una altura de 83 metros.
Rendimiento	η = 54%
Nº Etapas	9

Fuente: Elaboración propia.

Luego mediante la siguiente ecuación 20, calcularemos la potencia eléctrica de la bomba (P_M). Según ficha técnica de curvas características para bombas centrifugas se puede utilizar un rendimiento de $\eta=54$ para bombas de acuerdo al caudal y altura en la que trabajara suministrada por el fabricante (ver anexo 8).

$$P_M = \frac{H_{TE} * \gamma * Q}{\eta}$$

Donde:

H_{TE} : Altura equivalente (m)

γ : peso específico del agua $9.81\text{kN}/\text{m}^3$

Q: Caudal m^3/s

η : Rendimiento del sistema 0.54

$$P_M = \frac{27.8 \times 9.81 \times 0.0055}{0.54} = 2.7777\text{KW}$$

$$P_M = 2777.7\text{w}$$

Incorporamos un factor de seguridad $f_s = 1.2$ para compensar posibles pérdidas debido a fricción, desgaste en las tuberías y sobrecalentamiento. Después de esto, procedemos a determinar la potencia nominal de la bomba.

$$P_M = 2777.7 \times 1.2 = 3333.2\text{w} = 3.3\text{KW}$$

La selección de la electrobomba mediante las curvas del modelo Pedrollo 4DR75G/50 se realizó de manera superficial, y los resultados son casi idénticos a los obtenidos mediante cálculos detallados. Por lo tanto, se concluye que la potencia de la electrobomba para este sistema debe ser de 5Hp, según sus características específicas, como se muestra en la figura 20.

4.3. Cálculo y el diseño del sistema off-grid

4.3.1. Se determina la tensión nominal

Para cual se utilizó la siguiente tabla 12. (Valores referenciales para la tensión del sistema) para potencias mayores a 1600 Wp y menores

e igual a 3200 Wp donde podemos ver la tensión nominal del sistema lo corresponde el valor de 48 V.

En la Tabla 12, se puede observar los datos de diferentes tipos de valores referencial para la tensión del sistema, lo cual se utilizó.

Tabla 12:

Valores referenciales para la tensión del sistema

Potencia	Tensión Nominal
$P \leq 800 \text{ Wp}$	12 V
$800 < P \leq 1\ 600 \text{ Wp}$	24 V
$1600 < P \leq 3\ 200 \text{ Wp}$	48 V
$P > 3\ 200 \text{ Wp}$	96, 120 ó 300 V

Fuente: Castejón y Santamaria (2022)

4.3.2. Se calcula la máxima demanda del consumo eléctrico diario

Nuestra carga principal alimentada por el sistema off-grid será la electrobomba sumergible. Los equipos que conforman este sistema están ubicados en un cuarto cerrado. Según el Código Nacional de Electricidad (CNE, 2011) y la Norma Técnica Peruana NTP-IEC 60364 -5-52 (2022), un ambiente con equipos e instalaciones eléctricas debe contar con una buena iluminación y ventilación para evitar sobrecalentamientos, acumulación de gases peligrosos y garantizar un entorno seguro para el personal de mantenimiento. Por esta razón, se han agregado cargas pequeñas adicionales al cuadro eléctrico para la iluminación y ventilación del cuarto, asegurando así que se cumplan las normativas y se mantenga un entorno adecuado para los equipos y el personal. En la Tabla 13, se puede observar el Instrumento 2 donde se realiza el llenado de la ficha de registro de cargas eléctricas y horas de operación diarias que serán alimentadas por el sistema off-grid.

Tabla 13:

Resultado de consumo diario de carga eléctrica en el campo agrícola la pampa de dios

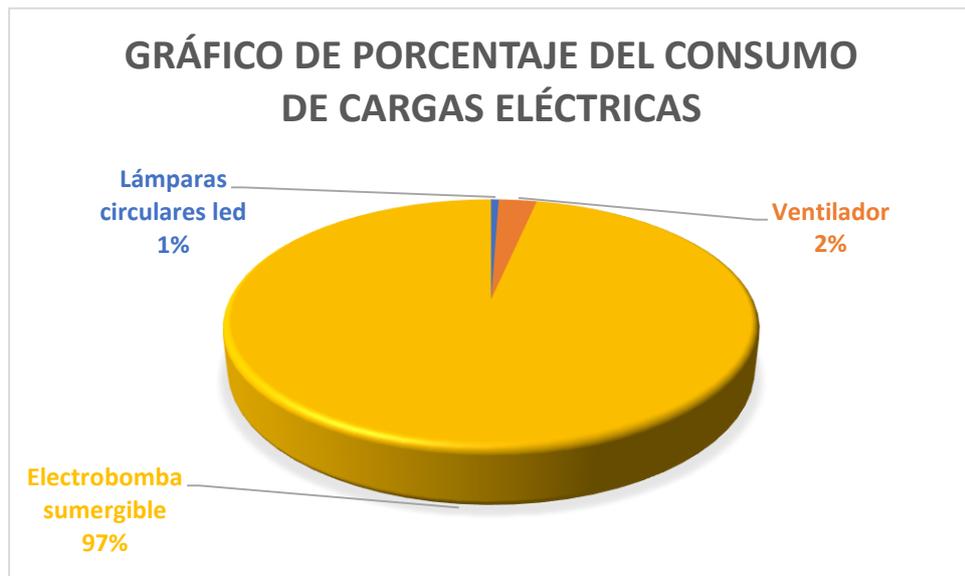
N°	Cargas Eléctricas por equipos a instalar	Unidad	Cantidad	Potencia Unitaria (W)	Potencia Instalada (W)	Operación Diaria (horas)	Consumo diario de energía al día (Wh/día)	Consumo diario de energía al día (KWh/día)
I	Casa de campo							
1.1	Lampara circulares led	Und	2	15	30	4	120	0,12
1.2	ventilador	Und	1	150	150	4	600	0,60
1.3	Electrobomba sumergible	Und	1	3700	3700	4	14800	14,80
	Total				3880		15520	15,52

Nota. Se utiliza este cuadro para ver que equipos eléctricos tiene el campo agrícola las pampas de dios y así poder determinar la máxima demanda de energía que se va necesitar al día. (Elaboración propia).

En la Figura 21, se puede observar el gráfico de torta con el porcentaje de las cargas eléctricas de consumo diario del campo agrícola las pampas de dios.

Figura 21.

Resultado de consumo diario de carga eléctrica en porcentaje del campo agrícola la pampa de dios



Fuente: elaboración propia

De esta manera, se identifica el gráfico del porcentaje de cargas eléctricas diarias que el sistema off-grid alimentará en el campo agrícola. La electrobomba sumergible representa el 97% de la demanda de energía eléctrica debido a su alto consumo en kilovatios por hora de uso, resultando en un mayor consumo de energía. Las lámparas LED, por otro lado, constituyen solo el 1% de la demanda de energía eléctrica, ya que su uso durante el día es limitado, lo que contribuye a un ahorro en el consumo y, por ende, en los costos de generación de energía. El ventilador representa el 2% de la demanda de energía eléctrica, ya que se utiliza únicamente durante la estación de verano, lo que también contribuye a un ahorro en los costos de generación de energía eléctrica.

4.3.3. Cálculo de la generación de energía de un módulo de panel solar

Primero iniciamos determinando el rendimiento global de la instalación (R) mediante la Ecuación 3:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{K_a \times N}{P_d}\right)$$

Donde:

- N= 1 día de autonomía.
- $K_a= 0,005$ (generalmente). Coeficiente de autodescarga; es la fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.
- $K_b= 0,05$ Coeficiente de pérdidas en el acumulador, representa la fracción de energía con respecto a la acumulación de energía en baterías.
- $K_c=$ Coeficiente de pérdidas en el inversor. Los inversores que trabajan a régimen óptimo 0,05 y para condiciones lejos del óptimo 0,1. Suministrado por el fabricante.
- $K_v=$ Coeficiente de otras pérdidas. Entre las que se encuentran el rendimiento de red, efecto joule, etc. Tomando como valores de referencia de 0,05 – 0,15.
- $P_d= 0,5$ Profundidad de descarga máxima de la batería.

Reemplazando en la ecuación 3:

$$R = (1 - 0.05 - 0.06 - 0.15) \times \left(1 - \frac{0.005 \times 1}{0.5}\right)$$

$$R = 0.7326$$

Ahora procedemos a calcular la generación de energía real de un módulo de panel solar con la siguiente ecuación 2:

$$E = \frac{\text{Energía Total (ET)}}{\text{Rendimiento Global (R)}}$$

Donde:

- E: energía real
- ET: energía total = 15520wh (ver en tabla 14)
- R: rendimiento global 0.7326

Reemplazamos:

$$E = \frac{\text{Energia Total (ET)}}{\text{Rendimiento Global (R)}} = \frac{15520\text{wh}}{0.7326}$$

$$E = 21,1848\text{Kwh} = 21184.8\text{wh}$$

4.3.4. Determinación del número de paneles que va a necesitar el sistema off – grid

Para ello se seleccionó el panel solar policristalino; modelo Renesola Virtus II Module de 260w (ver en anexo 10), y vamos a trabajar con la radiación mínima del distrito de Guadalupe, donde se obtiene el valor de 4.6 Wh/día, mediante el cual se desarrolló con la siguiente Ecuación 4.

$$N_T = \frac{E}{P_p \times h_{sp}}$$

Tenemos:

- N_T : número total de paneles solares
- E: Energía Real (21184.8Wh)
- P_p : Potencia de módulo (W)
- h_{sp} : Hora solar pico (h)

Reemplazando en la ecuación:

$$N_T = \frac{21184.8\text{wh}}{260 \times 4.6} = 17.7 \text{ paneles} \approx 18$$

- **Paneles en Serie**

Para determinar el número de paneles en serie se desarrolla mediante la siguiente Ecuación 5.

$$N_s = \frac{V_{sist.}}{V_{mp}} = \frac{48}{30,5} = 1.6 \approx 2 \text{ panel en serie}$$

Donde:

$V_{sist.}$ = Voltaje del sistema (V) (ver Tabla 08)

V_{mp} = Potencia máxima voltaje (V) (Ver anexo 10)

- **Paneles en paralelo**

El arreglo de los paneles en paralelo se desarrolla mediante la ecuación. 6

$$N_p = \frac{N_T}{N_S} = \frac{18}{2} = 9 \text{ paneles en paralelo}$$

Donde:

N_T = número total de paneles solares

N_S = número de paneles en serie

Por lo tanto, al sistema le corresponde un total de 18 paneles, cada grupo consiste en 2 paneles solares conectados en serie, y luego esos 9 grupos se conectan en paralelo para formar el sistema de 48 voltios. Paneles modelo Renesola Virtus II Module de 260w (ver en anexo 10),

4.3.5. Determinación de la corriente máxima del sistema fotovoltaico

Para calcular la corriente máxima del sistema fotovoltaico, se tomará en cuenta la corriente de cortocircuito del panel seleccionado, que es de 8.53A ver especificaciones del panel en (anexo 10), y el número de paneles conectados en paralelo. Se calculó mediante la siguiente Ecuación 11.

$$I_{\max.G} = I_{SC.\text{panel}} * N_{P,\text{paralelo}}$$

$$I_{\max.G} = 8.53 * 9 = 76.8A$$

4.3.6. Determinación de la I máxima regulador

Para elegir el regulador de carga, es necesario garantizar que la corriente nominal del controlador sea superior a la corriente de entrada o corriente máxima del generador multiplicada por un factor (F_{sc}) de 1.2 por cortocircuito. La corriente máxima del regulador fotovoltaico se determinó utilizando la Ecuación 12,

$$I_{\max.R} = F_{SC} * I_{\max.G}$$

$$I_{\max.R} = 1.2 * 76.8A$$

$$I_{\max.R} = 92.2A$$

Se seleccionó un regulador de marca: Blue solar de 100 amperios modelo: MPPT 150/100 12/24/48V (Ver anexo 14), el cual se colocará para que cumpla con lo requerido por el sistema off-grid.

4.3.7. Determinación del número de baterías

Primeramente, con los datos y especificaciones determinaremos las baterías en serie. Utilizando la Ecuación 7

$$N_{Bat Serie} = \frac{V_{Sist.}}{V_{bat.}}$$

Tenemos:

$N_{Bat Serie}$: número de baterías en serie

$V_{Sist.}$: voltaje del sistema fotovoltaico 48v. (ver tabla 13)

$V_{bat.}$: voltaje de la batería 24v. (ver anexo 09)

Reemplazando:

$$N_{Bat Serie} = \frac{48}{24}$$

$$N_{Bat Serie} = 2$$

Después, se procede a calcular la capacidad energética de las baterías, teniendo en cuenta la siguiente información: los días de autonomía (en caso de mal tiempo) = 1 día, y el nivel mínimo al que deseamos descargar las baterías (en %) = 50%. Para esto, se empleó la Ecuación 8.

$$E \text{ de batería} = \frac{E * \text{Dias de autonomia}}{(1 - \text{Nivel minimo de batería})}$$

Tenemos:

E: energía real = 21184.8wh

Reemplazamos en la ecuación:

$$E \text{ de batería} = \frac{21184.8 \times 1}{(1 - 50\%)}$$

$$E \text{ de batería} = 42369.6 \text{ Wh}$$

La energía que se va a necesitar para un banco de baterías del sistema off-grid es de 42369.6 Wh.

Ahora vamos a determinar la capacidad nominal del banco de las baterías (C_n) mediante la Ecuación 9.

$$C_n = \frac{E \text{ de batería}}{V_{Sist.}}$$

$$C_n = \frac{42369.6\text{Wh}}{48\text{v}}$$

$$C_n = 882.7\text{Ah}$$

El sistema contaría con dos baterías en serie de 24v para completar los 48v del sistema y 6 baterías conectadas en paralelo que da un total de 12 baterías, lo que nos dará una capacidad total del 1765.4Ah para cubrir la capacidad requerida. Las baterías son de litio-Ion de 24v 180Ah. (anexo 9). Sin embargo, estos cálculos se hacen como referencia ya que el bombeo se realiza en el día aprovechando las horas solar pico y no se requiere el uso de almacenamiento de energía en baterías.

4.3.8. Determinación del inversor

Para la determinación del inversor para el sistema off-grid se realiza mediante la siguiente ecuación 10.

$$\text{Inversor Minimo recomendado (W)} = \text{Pot.} \times \text{F. S}$$

Donde:

- F.S: Factor de seguridad 1.2
- Pot.: Potencia total del sistema off-grid

Luego reemplazamos:

$$\text{Inversor Minimo recomendado (W)} = 3\ 880 * 1.2$$

$$\text{Inversor Minimo recomendado (W)} = 4656\text{W}$$

Para esta investigación se considera un inversor mínimo recomendado de 5Kw inversor Phoenix 48/5000. Ver especificaciones técnicas en (anexo 13).

4.3.9. Determinación y selección del conductor eléctrico

Se determina la sección del conductor que conecta el panel generador fotovoltaico al regulador, considerando una longitud de diseño de 18 m, una caída de tensión máxima del 5% según el fabricante, y una conductividad de $56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$, se utilizará la Ecuación 13:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\sigma \times \Delta V}$$

Donde:

- S: es la sección del cable (mm^2)
- σ : conductividad del cable 56 (Ωmm^2)
- I: Intensidad máxima prevista (A)
- L: es la longitud (18m)
- ΔV : caídas de tensión admisible (V)

Reemplazamos:

$$S = \frac{2 * 18 * 92.2}{56 * 2.4} = 24.7mm^2$$

Por lo tanto, se ha seleccionado un conductor del panel generador hacia el regulador INDECO NH-80 doble de 25mm² ver anexo 11. En la siguiente tabla 14, se observa los circuitos de alimentación con sus características, secciones de los conductores y cables a tierra seleccionados de acuerdo a su capacidad y a la norma técnica peruana (NTP); también se hizo la selección para las diferentes protecciones para el sistema y tablero de distribución donde su diagrama unifilar se aprecia en el anexo 17.

Tabla 14:
Características y protecciones para el sistema.

Circuito	(V)	I (A)	Caída de tensión	Máx. caída de tensión	Longitud (m)	Sección de Conductor (mm ²)	Cable seleccionado	Protecciones
Generador a controlador	48	92.2	2.4	5%	18	24.70	2x25mm ²	Cable tierra 8AWG / interrupto-fusibles 2x100Amp
Regulador a inversor	48	92.2	1.4	3%	8	18.30	2x25mm ²	Cable tierra 8AWG
Inversor a tablero	220	19.3	6.6	3%	7	0.73	3x4mm ²	Cable tierra 10AWG / Disyuntor 3P 40Amp. Cable tierra 12AWG. / interruptor
Electro bomba	220	14.3	6.6	3%	10	0.77	3x4mm ²	termomagnético 3P 32Amp. / Arrancador suave 16-32Amp. Cable tierra 14AWG / interruptor
Luminarias y ventilador	220	0.69	6.6	3%	12	0.05	2x2.5mm ²	termomagnético 2P 16Amp. / diferencial 2P 25Amp.

Fuente: Elaboración propia

4.3.10. Cálculo para la protección de puesta a tierra (PAT)

Para poder iniciar con los cálculos de este sistema se tuvo en cuenta lo siguiente que fueron obtenidas de las especificaciones técnicas y otros datos de (IDEA, 2019):

- Longitud de la varilla de tierras (L_v): 2.8mts
- Diámetro de la varilla de tierras (d_v): = (5/8") = 0.01588 mts
- Resistencia esperada (R_{sp}): De acuerdo a NOM 921-25 valor máximo = 5 Ohms
- Ancho de la red (A_d): 2.16 mts (ver anexo 31)
- Longitud de la estación (L_d) = 9 mts (ver anexo 31)
- Resistividad del terreno: (R_o) = 21.4 Ohms-mt. Esta medida fue obtenida mediante un megometro marca Sonel que utiliza métodos estándar como Wenner y Schlumberger para medir la resistividad del suelo. (Ver anexo 33)

a) Radio equivalente del área de la red (R_e)

De acuerdo a la norma NOM 921-26(a-b) se procede a determinar el radio equivalente con la siguiente ecuación 14:

$$A = L_d \times A_d = 19.44 \text{ mts}^2$$

- A_d = Ancho de la red = 2.16 mts
- L_d = Longitud de la red = 9 mts

$$R_e = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2.5 \text{ mts}$$

Esto proporciona una medida útil para evaluar la eficacia de la red de tierras y dimensionar adecuadamente las puestas a tierra para garantizar la seguridad y distancia que indica la zona de influencia electromagnética del electrodo.

b) Selección del conductor aislado

Se determina la sección de la red de tierras y sección de uniones con soldadura exotérmica de cobre (C_{mil}), se realizan mediante la siguiente ecuación 15

$$A_c = I \times \left(\frac{33 \times t}{\text{Log} \left[\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right]} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Tenemos:

- A_c : Sección del conductor (Cmil)
- I : Corriente máxima de falla a tierra para secciones 2/0 AWG ($400 < I \leq 5000$) según (Echevarría y Guagua, 2021).
- T_m : Temperatura máxima en los nodos de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado.)
- T_a : Temperatura ambiente 30°C
- t : Tiempo máximos de despegue de la falla según (MT 2.11.33, 2019) el tiempo es 0.5seg.

Reemplazamos los datos:

$$A_c = 1000 \times \left(\frac{33 \times 0.5}{\text{Log} \left[\frac{250 - 30}{234 + 30} + 1 \right]} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$A_c = 7917.1 \text{ Cmil}$$

Luego convertimos a mm^2 : $A_c = 7917.1 \times (5 \times 10^{-4})$

$$A_c = 3.9 mm^2$$

Se selecciona un calibre de mínimo permitido por la norma (NI-54.10.01) y se elige un conductor de cobre desnudo de 1/0 AWG, y se puede apreciar en el anexo 30.

c) Cálculo para determinar el número de varillas

Se debe tener en cuenta los siguientes datos para el desarrollo de la ecuación 16:

- Resistencia del terreno: $R_o = 21.4$ Ohms-mts
- Lvs : longitud de la varilla 2.80 mts
- dvs : diámetro de la varilla 0.01588 mts
- Resp: Resistencia esperada = 5 Ohms

$$N = \frac{R_o}{2 \times \pi \times \text{Resp} \times Lvs} \times \text{LN} \left[\frac{4 \times Lvs}{dvs} - 1 \right]$$

$$N = 1.60$$

Observamos que mediante los cálculos el diseño debe de contar con 2 varillas como mínimo, que servirá para las esquinas,

aterramiento de equipos y estructuras de los paneles (más detalle en anexo 31).

4.3.11. Cálculo de soportes estructurales de los paneles solares

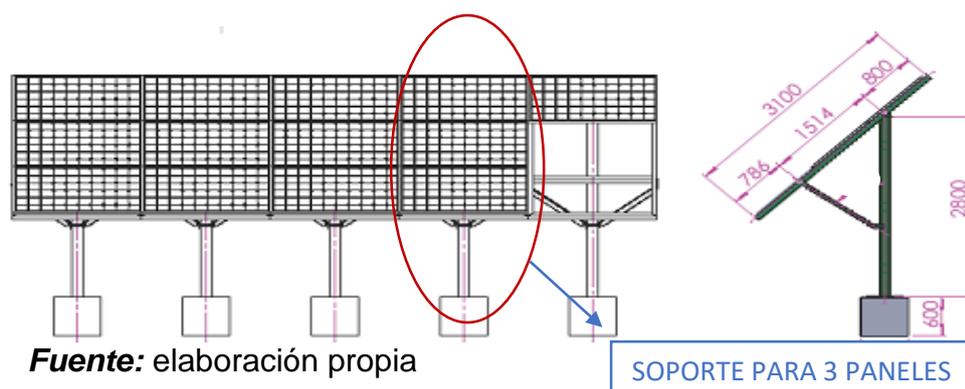
El diseño incluye un soporte utilizado como bastidor para 3 paneles solares de 19 kg (ver anexo 19), empleando un sistema estructural de pórticos de acero. La estructura está compuesta por pórticos que forman las columnas y las vigas de amarre. Como herramienta de cálculo se ha utilizado software estructural SAP2000, para determinar los momentos flectores, fuerzas cortantes y esfuerzos máximos, que permitan seleccionar la viga puente. Los diseños respectivos se realizarán conforme a los lineamientos y normas vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se describen a continuación:

- a.- Norma E020: Cargas
- b.- Norma E030: Diseño Sismorresistente
- c.- Norma E090: Estructuras metálicas

En la Figura 22 se puede apreciar la configuración estructural de todos los pórticos que soportan los paneles solares que conforman el conjunto de paneles solares del campo.

Figura 22.

Configuración estructural de los pórticos.



a) Modelo estructural del material

Para este modelo se utilizan las siguientes combinaciones de carga para elementos de acero de acuerdo a la Norma E-090.

- Carga muerta (D)

- Carga viva (L)
- Carga sísmica (E), esta carga es última y no necesita un factor de amplificación
- Carga de lluvia (R)
- Viento (W)

Las distintas combinaciones de cargas para elementos de acero, de acuerdo con la norma E-090, serán analizadas utilizando el software SAP2000.

- Combinación U1: 1.4 D
- Combinación U2: 1.2 D + 1.6L + 0.5 (R)
- Combinación U3: 1.2 D + 1.6(R) + 0.8 (W)
- Combinación U4: 1.2 D + 1.3W + 0.5L + 0.5 (R)
- Combinación U5: 1.2 D +/- E + 0.5L
- Combinación U6: 0.9D+/- (1.3W o 1E)

b) Parámetros de sitio

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la Tabla 1, a cada zona se le asigna un factor (Z).

De acuerdo a la zona donde se encuentra ubicado el campo agrícola en el distrito de Guadalupito, Provincia de Virú, Departamento la Libertad se determinó el siguiente factor para esta zona:

- Guadalupito, Provincia de Virú, Departamento la Libertad corresponde a la zona 4 por ser zona costera, entonces su factor de zona (Z) será 0.45 según la Tabla 1.

c) Condiciones geotécnicas

De acuerdo a la Norma E.030 del RNE para nuestra investigación le corresponde el factor de zona 4 (Z), con este valor vamos a la Tabla 2 y de acuerdo al tipo de suelo de nuestro campo de estudio se procede a:

- Seleccionar el factor de suelo $S_1 = 1,00$

Luego vamos a la Tabla 3 y seleccionamos el periodo de suelo $T_L(s)$ de acuerdo el factor de suelo S_1 y según el tipo de suelo en nuestro campo de estudio determinado previamente se determina que:

- Para el periodo de suelo $T_L(s)$ en nuestro campo de estudio le corresponde el valor de: 2,5

d) Factor de amplificación sísmica (C)

Según la norma E-030 acuerdo a las características de sitio, se define el factor por la siguiente expresión realizando la ecuación 17:

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2,5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2,5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T_p > T_L & \quad C = 2,5 \times \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Donde:

- T_L y T_p : periodos de acuerdo al tipo de suelo

e) Miembros en tracción

Los factores de resistencia y coeficientes de seguridad que utilizamos en el análisis de tracción y que se presentan en la Tabla 4 y son:

- Factor de resistencia y coeficiente de seguridad para fluencia en el área bruta = 0.90 y 1.67
- Factor de resistencia y coeficiente de seguridad para rotura en el área neta = 0.75 y 2.00

f) Miembros en compresión

Los factores de resistencia y coeficientes de seguridad que utilizamos para nuestro análisis de compresión que se muestran en la Tabla 5:

- El factor de resistencia y coeficiente de seguridad es de 0.9 y 1.67 para pandeo flexional, pandeo torsional y pandeo local.

g) Miembros en flexión

Para satisfacer el requisito de resistencia, se debe cumplir que:

$$\phi M_n > M_u$$

Donde:

- M_u = Combinación gobernante de momento por cargas factorizadas
- M_n = Resistencia nominal por momento
- ϕ = Factor de reducción de Resistencia para flexión: 0.90 comportamiento estructural de miembros en flexión.

h) Análisis estático de cargas actuantes

El objetivo es realizar el análisis de las cargas que se aplicarán en la estructura. A continuación, se detallan los materiales que conforman las cargas muertas para los sistemas.

- Panel solar: 19 Kg
- Peso total de 3 paneles por soporte: 57 Kg

Cada soporte para los paneles solares está conformado por los siguientes perfiles.

Tubo cuadrado:

- Dimensiones: 3x3"x1/4"-ASTM-A500
- Peso: 13.11 Kg/m
- Límite de Fluencia 269 (Mpa) mín.
- Resistencia a la Tracción: 310 (Mpa)

Ángulo de Acero:

- Dimensiones: 3x3"x1/4 ASTM A36
- Peso: 42.752 Kg/6m
- Límite de Fluencia: 2530 (kg/cm²) mín.
- Resistencia a la Tracción: 4080-5620 (kg/cm²)

Tubo redondo:

- Dimensiones: 5" ϕ SCH STD-40
- Peso: 21.77 Kg/m
- Resistencia a la Tracción, min: 60000 PSI (415 MPa)
- Fluencia, min: 35000 PSI (240 MPa)

Coefficientes dinámicos: Se tienen en cuenta los siguientes coeficientes con sus valores dados por la norma técnica E090.

- Coeficiente dinámico de elevación 1.25
- Coeficiente dinámico de ponderación 1.25
- Acciones permanentes 1.33

Cargas distribuidas:

Se considera para el análisis el peso de paneles por soporte:

$$20\text{Kg} \times 3 = 60\text{kg} = 0.060\text{T}.$$

Longitud más grande a analizar del soporte del pórtico = 3.1m

Entonces:

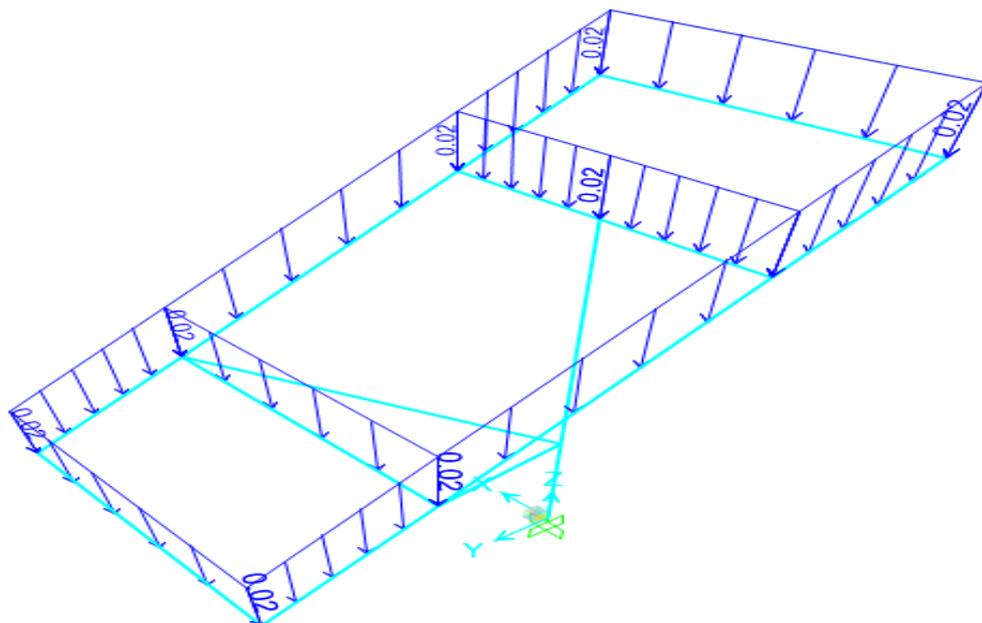
$$\text{Peso} = 0.060\text{t} / 3.1\text{m} = 0.01935\text{T/m}$$

Por lo tanto, para el análisis utilizaremos el peso: $P = 0.02\text{T/m}$

Luego con estos datos obtenidos; datos de las normas, datos obtenidos de las fichas técnicas de los materiales que se utilizaron y constituyen la estructura y soporte de los paneles solares, se procede a ingresar esta información al software y realizamos el análisis estático de cargas actuantes mediante el SAP2000. En la siguiente Figura 23 se aprecia la simulación en el software SAP200 como se aplica la carga distribuida considerada en el pórtico.

Figura 23.

Carga distribuida considerada en el pórtico de 0.02T/m.

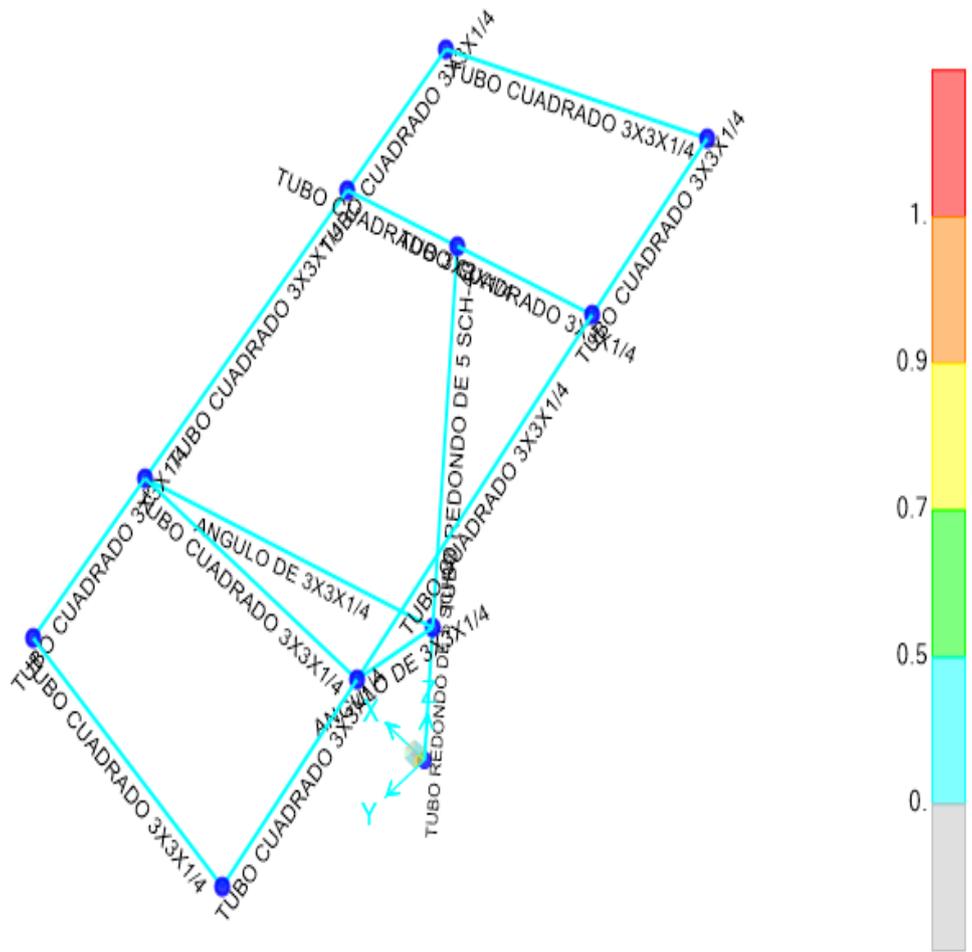


Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se aprecia que la capacidad de servicio de los elementos que conforman la estructura del pórtico es promedio de 50% ante la demanda de solicitaciones de cargas externas, cumpliendo con los parámetros estáticos y dinámicos.

Figura 24.

Capacidad de servicio de elementos estructurales.



Fuente: Elaboración propia

Del análisis realizado al pórtico estructural con una carga distribuida de 0.02 toneladas por metro, se observa en la simulación realizada mediante software que la capacidad de servicio de los elementos que integran la estructura del pórtico es en promedio del 50% frente a las demandas de cargas externas, cumpliendo con los parámetros estáticos y dinámicos requeridos. Además, se confirma que los perfiles utilizados están dentro de los tamaños permitidos para la construcción de esta estructura. El momento máximo es de 72.94

kilogramos-fuerza por metro y el corte máximo es de 189.26 kilogramos-fuerza. Por lo tanto, estas estructuras, diseñadas adecuadamente, aseguran que los paneles solares estén firmemente instalados y puedan resistir condiciones climáticas adversas, como vientos, lluvias intensas, nieve y cargas de viento. Se puede concluir que esta estructura satisface los requisitos de peso necesarios para soportar los paneles solares y otros factores.

En la Tabla 15, se puede observar los resultados obtenidos del 4.3 donde agrupa los componentes para la instalación del sistema off-grid para una potencia instalada de 3880W y una energía eléctrica de 15520 Wh/día en el campo agrícola las pampas de dios.

Tabla 15:

Resumen de resultados de componentes del sistema off-grid.

DESCRIPCIÓN DE MAGNITUD	VALOR
Electrobomba Pedrollo 4SR75G/50	5 hp
N.º de paneles solares	18unid. de 260W. 24v
Ángulo de inclinación recomendado	10°
inversor mínimo recomendado (W)	5 000W-48v
Controlador fotovoltaico	1unid. MPPT 150/100
Número de varillas para PAT	2 unid. de 2.8m, 5/8"
Sección de cable desnudo para PAT	1/0 AWG
Estructuras óptimas para soportes estructurales de paneles solares	Tubo cuadrado de 3x3"x1/4"-ASTM-A500, Ángulo de Acero 3x3"x1/4" ASTM A36, Tubo redondo 5" ϕ SCH40.

Fuente: elaboración propia

4.4. Evaluación de los costos de energía

En esta investigación, para evaluar los costos de energía, fue necesario analizar los costos de generación de energía eléctrica utilizando combustibles fósiles y mediante el sistema off-grid.

4.4.1. Costo de generación por combustible fósiles

A continuación, se hace uso del instrumento 3, que lo podemos encontrar en el Anexo 2.3. Donde podremos obtener el costo anual que se gasta utilizando combustibles fósiles para generar electricidad para bombear

agua para las dos hectáreas de maracuyá que se encuentra ubicado en las pampas de dios, del distrito de Guadalupe, provincia de Virú, región de la Libertad.

En la tabla 16, se puede observar los gastos que se hacen cuando se generan energía eléctrica mediante combustible fósiles, mantenimiento del equipo, para el bombeo de agua en el campo agrícola la pampa de dios en un periodo de un año.

Tabla 16:

Resultado de gastos de generación de energía eléctrica por campaña en el campo agrícola la pampa de dios.

N°	Año de la campaña de cultivo	Potencia motobomba (kW)	Generación (kWh)		Gastos de combustible mensual (soles)			Gasto de combustible por campaña anual (S/.)	Mantenimiento motobomba (soles al año)	Gasto total al año (s/.)
			Horas/campaña (año)	Energía Total al año (kWh)	Precio del Petróleo soles/gal	Galones/mensual	Gasto al mes (S/.)			
1	2019	15.7 kW	768 h	12057.6 kWh	9.7	64	620.8	7449.6	2 000	9449.6
2	2020	15.7 kW	768 h	12057.6 kWh	10.56	64	675.8	8109.6	2 000	10109.6
3	2021	15.7 kW	768 h	12057.6 kWh	20.59	64	1317.8	15813.12	2 000	17813.12
4	2022	15.7 kW	768 h	12057.6 kWh	15.30	64	979.2	11750.4	2 000	13750.4
5	2023	15.7 kW	768 h	12057.6 kWh	17.18	64	1099.52	13194.24	2 000	15194.2

Fuente: Elaboración propia

Nota. Obteniendo como resultado en la campaña 2023, un costo de 1.26 soles para cada kWh por bombear agua mediante combustibles fósiles en este campo agrícola.

En la Tabla 17, se puede apreciar el consumo de todos los equipos que tiene que cubrir la demanda de energía del sistema off – grid en Kwh/año.

Tabla 17:

Consumo de energía de los equipos eléctricos de forma anual para el campo agrícola las pampas de dios.

N°	Cargas Eléctricas por equipos a instalar	Cantidad	Potencia Unitaria (W)	Potencia Instalada (W)	Horas de operación al año (h)	Consumo de energía al año (Wh/año)	Consumo de energía al año (KWh/año)
I	Casa de campo						
1.1	Lampara circulares empotradas led	2	15	30	768 h	23 040	23,04
1.2	ventilador	1	150	150	768 h	115 200	115,20
1.3	Electrobomba sumergible	1	3700	3700	768 h	2 841 600	2841,6
				3880		2 979 840	2979, 84

Fuente: Elaboración propia

Nota. Se puede inferir que en el caso del sistema off-grid cuenta con una capacidad instalada de 3880 W y 768 horas de operación al año, el consumo total de energía alcanza los 2979, 84kWh/año mediante este sistema off-grid.

4.4.2. Costos de generación de energía mediante el sistema off-grid

En la actualidad, se emplea una motobomba de 20HP que fue seleccionada empíricamente en el campo agrícola de Las Pampas de Dios, ubicado en el distrito de Guadalupito. Esta motobomba, alimentada por combustible diésel, se utiliza para el bombeo de agua destinado a las 2 hectáreas de cultivo de maracuyá. El costo asociado a la generación de energía en el año 2023 mediante este sistema asciende a S/. 15 194,2 (ver en tabla 14), y la cantidad de energía producida alcanza los 12 057,60 KWh/año.

En la figura 25 se podemos observar el costo de componentes para el sistema fotovoltaico off-grid para el bombeo de agua.

Figura 25.

Presupuesto del sistema off-grid para el campo agrícolas las pampas de dios.

 Universidad César Vallejo PRESUPUESTO					
SERVICIO: Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de dios-Guadalupito para disminuir costos de energía					
CLIENTE:				FECHA DE PRESUPUESTO	
LUGAR: Guadalupito				29/10/2023	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD DE MEDIDA	METRADO	PRECIO UNITARIO	TOTAL/ SUBTOTAL
1.00	SUMINISTRO Y ACCESORIOS PARA PROTECCION				S/5,250.00
1.0.1	POZOS A TIERRA	GLB	2.00	1,500.00	3,000.00
1.0.2	TABLERO ELÉCTRICO Y PROTECCIONES	UND	1.00	1,500.00	1,500.00
1.0.3	CABLEADO	MT	26.00	25.00	650.00
1.0.4	ACCESORIOS Y OTROS	UND	1.00	100.00	100.00
2.00	ESTRUCTURAS METALICAS-ELECTRICAS -CIVL				59,217.84
2.10	ESTRUCTURAS METALICAS-ELECTRICAS -CIVL				4,815.04
3.1.1	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBO-SCH-40X Ø5X 30800mm FEN	KG	368.79	4.00	1,475.14
3.1.2	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 500X500X1/2" FEN	KG	154.19	4.00	616.76
3.1.3	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 150X51X5/16" FEN	KG	5.90	4.00	23.60
3.1.4	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 157X51X5/16" FEN	KG	3.09	4.00	12.34
3.1.5	FABRICACION Y MONTAJE DE ANGULOS 3X3X1/4" TEMPLADORESX1218mm	KG	105.26	4.00	421.02
3.1.6	FABRICACION Y MONTAJE DE ANGULOS 3X3X1/4" BASTIDORX 73090mm FEN	KG	286.62	4.00	1,146.48
3.1.7	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X7.5"	UND	5.50	10.00	55.00
3.1.8	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 133X51X5/16"	KG	10.46	4.00	41.84

3.1.9	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X2.5"	UND	5.50	10.00	55.00
3.1.10	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 200X200X5/16"	KG	14.02	4.00	56.08
3.1.11	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 143X54X5/16"	KG	27.06	4.00	108.24
3.1.12	FABRICACION Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X4"	UND	11.00	10.00	110.00
3.1.13	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA PLEGADA DE 241X300X5/16"	KG	27.87	4.00	111.48
3.1.14	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBO CUADRADO 3X3"X4X1800mm	KG	145.52	4.00	582.06
3.20	PLANO DE ENSAMBLE				54,402.80
3.2.1	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PANEL SOLAR 260W	UND	36.00	800.00	28,800.0
3.2.2	SUMINISTRO Y MONTAJE DE INVERSOR 5000W -48V	GLB	1.00	3,500.00	3,500.0
3.2.3	SUMINISTRO Y MONTAJE DE REGULADOR	GLB	1.00	1,000.00	1,000.0
3.2.5	SUMINISTRO Y MONTAJE DE BOMBA SUMERGIBLE ,5HP	GLB	1.00	5,000.00	5,000.0
3.2.6	CONSTRUCCION PODIO CIVIL+BASE CIVIL	UND	6.00	200.00	1,200.0
3.2.7	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA DE SUCCION -SCH-40-ø3"X200m	KG	2,483.80	6.00	14,902.8
COSTO DIRECTO DE OBRA (NUEVOS SOLES)					S/64,467.84

Fuente: Elaboración propia

Se propone implementar un sistema que incorpora una electrobomba sumergible de 5HP, determinada con base en las alturas y el caudal requerido para el riego de las mismas 2 hectáreas de cultivo de maracuyá. Esta nueva solución se distingue por su funcionamiento alimentado por paneles solares. El costo total del proyecto, incluyendo la instalación del sistema, se estima en S/. 64 467.84, generando una cantidad anual de energía de 2,979.84 kWh/año. Con esta iniciativa, se busca optimizar la eficiencia energética y reducir los costos asociados a la actividad agrícola en Las Pampas de Dios.

4.5. Elaboración económica del sistema off grid

Primero, comenzaremos calculando el periodo de recuperación payback, luego se elaboró el método de evaluación económica para el sistema off-grid, empleando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), el presupuesto del proyecto está detallado en la Figura 25.

4.5.1. PAYBACK

Usando el periodo de recuperación payback, estableceremos cuánto tiempo se requerirá para recuperar la inversión inicial y empezar a

generar un retorno positivo de la inversión. Contamos con los datos proporcionados en la Tabla 16 y la Figura 25:

- Gastos mensuales en combustible: S./ 1099.52 soles
- Gastos al año en combustible: S./ 15194.20 soles
- Inversión: S./ 64 467.84 soles
- Tiempo de vida del sistema: 15 años

Luego con estos datos y la siguiente ecuación 21, determinamos el *payback*.

$$Payback = \frac{\text{importe total de la inversión}}{\text{Flujo anual}}$$

$$Payback = \frac{64\ 467.84}{15194.20}$$

$$Payback = 4 \text{ años}$$

Por lo tanto, el periodo de tiempo para recuperar la inversión inicial será de 4 años.

4.5.2. Valor actual neto (VAN)

Para la determinación del valor actual neto (VAN) del proyecto de realizó mediante la siguiente ecuación 22.

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FNN}{(1+i)^j} - INN$$

Donde:

- Ahorro anual o Inversión inicial (INN): S/. 64 467.84
- Ingreso anual: S/. 15 194.20
- Egreso anual: S/.0
- Flujo neto de efectivo (FNN): S/. 15 194.20
- I:12%
- n: 15 años

$$\begin{aligned} VAN = & -64\ 467.84 + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^1} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^2} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^3} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^4} \\ & + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^5} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^6} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^7} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^8} \\ & + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^9} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{10}} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{11}} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{12}} \\ & + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{13}} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{14}} + \frac{15\ 194.2}{(1+0.12)^{15}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAN} = & -64\,467.84 + 13\,566.25 + 12\,112.72 + 10\,814.93 + 9\,656.19 \\ & + 8\,621.60 + 7\,697.85 + 6\,873.08 + 6\,136.68 + 5\,479.18 \\ & + 4\,892.13 + 4\,367.97 + 3\,899.97 + 3\,482.12 + 3\,109.03 \\ & + 2\,775.92 \end{aligned}$$

$$\text{VAN} = \text{S}/.39017.78$$

4.5.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Para la determinación del valor actual neto (VAN) del proyecto se realizó mediante la ecuación 23.

$$\text{TIR} = \text{VAN} = \sum_{j=1}^n \frac{\text{FNN}}{(1+i)^j} - \text{INN} = 0$$

Donde:

Ahorro anual o Inversión inicial (INN): S/. 64 467.84

Ingreso anual: S/. 15 194.20

Egreso anual: S/.0

Flujo neto de efectivo (FNN): S/. 15 194.20

i:12%

n: 15 años

$$\begin{aligned} 0 = & -64\,467.84 + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^1} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^2} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^3} + \\ & \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^4} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^5} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^6} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^7} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^8} + \\ & \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^9} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{10}} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{11}} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{12}} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{13}} + \\ & \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{14}} + \frac{15\,194.20}{(1+\text{TIR})^{15}} \end{aligned}$$

$$\text{TIR} = 22.44\%$$

Se realiza una evaluación económica de los resultados obtenidos del dimensionamiento del sistema off-grid, dándonos un VAN de S/.39 017.78, también se da el valor total del sistema fotovoltaico o cantidad de inversión inicial que se puede ver en la figura 25, siendo este el valor de s./ 64 467.84 y finalmente el TIR o tasa de interés de retorno donde resalta el valor siendo este de 22.44%.

V. DISCUSIÓN

En el marco del proyecto de investigación, se logró realizar el diseño de un sistema off-grid destinado para el campo agrícola de Las Pampas de Dios para reducir los costos de energía eléctrica. El costo asociado a la generación eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles asciende a 1,26 soles por kilovatio-hora (KWh). Esta cifra se contrasta con el costo de la energía proveniente de la red eléctrica para zonas rurales, que se sitúa en 0,66 soles por KWh según (Distriluz, 2023). Esta diferencia representa un aumento notable del 90,91%. Por consiguiente, se resulta más rentable emplear la energía suministrada por la red eléctrica que aquella generada mediante combustibles fósiles (petróleo) para el riego de cultivos. No obstante, el desafío principal radica en la ubicación remota de este campo agrícola, que se encuentra distante de la red eléctrica convencional. Según (Zhang et al, 2023), los sistemas fotovoltaicos fuera de la red se utilizan ampliamente para proporcionar energía a lugares sin acceso a la red eléctrica. Esta circunstancia impone la necesidad de diseñar un sistema off-grid que pueda satisfacer las demandas energéticas de "Las Pampas de Dios" en el distrito de Guadalupito. La generación de energía a través de la motobomba de 20HP con combustible fósil conlleva un costo anual significativo de S/.15194.2; aunque la producción de energía alcanza los 12 057,60 KWh/año. En un esfuerzo por potenciar la eficiencia y reducir los costos asociados a la actividad agrícola en Las Pampas de Dios, se propone el diseño de un sistema off-grid que emplee una electrobomba sumergible de 5HP. Este cambio estratégico no solo busca optimizar la eficiencia energética, sino que también aborda la sostenibilidad al reducir la dependencia de combustibles fósiles. El costo total del proyecto, que abarca la instalación del nuevo sistema, se estima en S/. 64 467.84 con un periodo de recuperación proyectado de 15 años. Aunque la inversión inicial puede parecer considerable, es crucial resaltar que este enfoque generará anualmente 2979.84Kwh/año, representando así una mejora sustancial en la eficiencia y una reducción significativa en los costos a largo plazo para reducir los costos de energía que se veían afectados por el alto precio de los combustibles fósiles.

Para el sistema off-grid se determinó una demanda de 15 520Wh/día. Utilizando la ubicación geográfica y las temperaturas locales, se determinó mediante el PVGIS de la Comisión Europea una irradiación mínima diaria de 4.58 Kwh/m²/día, para el diseño del sistema off-grid, los cálculos indicaron que el sistema debe contar con 18 unidades de paneles de 260Wp, la capacidad del inversor se calculó en 5 000W. Además, se diseñó un sistema de bombeo directo ya que el riego se realiza aprovechando las horas solares pico y no es necesario almacenar la energía, y también así logrando reducir el costo económico del sistema de almacenamiento de energía por baterías, el diseño también se incluye 1 controlador de MPPT150/100 12/24/48V; asimismo, se determinó que el sistema generador debe contar con un conductor de tamaño 25mm² desde el generador hacia el regulador. El estudio de investigación llevado a cabo por (Tumbaco & Pantaleón, 2023) propuso un sistema solar off-grid destinado a la generación de energía eléctrica en una zona rural de Guayaquil, con el objetivo de abastecer 592wh/día, con una radiación promedio al mes de 3.9Kw/m²/día. En su investigación, utilizaron el software Photovoltaic PV SYST para diseñar el sistema, eligiendo 1 unidad de panel solar modelo JKM405M con una potencia de 405Wp, un inversor de 400W. Además, selecciona 4 unidad de baterías de 12 V 150Ah, en su diseño incluyen un controlador MPPT 75/15 y para su sistema incluyen un conductor de 12AWG. Aunque ambas tesis logran abordar el diseño del sistema fotovoltaico y contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂, surgen discrepancias significativas en relación con las conclusiones de (Tumbaco & Pantaleón, 2023). En su estudio, se apoyaron exclusivamente en el software Photovoltaic PV SYST para obtener datos sobre la radiación solar y realizar cálculos relacionados con los componentes del sistema off-grid. No obstante, es relevante mencionar que este enfoque no toma en cuenta aspectos fundamentales como el sistema de protección de puesta a tierra y los cálculos requeridos para los soportes de los paneles solares. En cambio, nuestra investigación adopta una perspectiva más completa. Reconocemos la importancia crucial del sistema de protección de puesta a tierra, así como la necesidad de realizar un análisis detallado de las

estructuras diseñadas para soportar los paneles solares. Al abordar estos aspectos críticos, garantizamos no solo la eficiencia y seguridad del sistema fotovoltaico, sino también su durabilidad a largo plazo. Por lo tanto, mientras que (Tumbaco & Pantaleón, 2023) se centra en los aspectos técnicos relacionados con la radiación solar y los cálculos básicos del sistema, nuestra investigación va más allá al incluir consideraciones esenciales como la protección de puesta a tierra y el diseño estructural de los soportes para los paneles solares. Estos elementos adicionales no solo enriquecen nuestra comprensión del tema, sino que también mejoran significativamente la viabilidad y efectividad del sistema fotovoltaico propuesto. Además, para determinar los componentes del sistema off-grid, llevamos a cabo cálculos utilizando ecuaciones provenientes de (escuelacasasolar, 2023). Esta metodología nos permitió obtener una comprensión completa de los requisitos específicos del sistema fuera de la red, asegurando así su eficacia y adecuación para el contexto de nuestra investigación.

Por otra parte, en la tesis de (Muñoz & Torrez, 2022), obtuvieron los resultados para cubrir la máxima demanda de 88 212 Wh/día, como una radiación solar de 4.2Kw/m²/día obtenido de la página de la nasa, se basó para la obtención de 60 paneles fotovoltaico con 500Wp de 24v, propuso 23 baterías de 12v, un inversor trifásico de 50 000 W. La metodología de nuestra investigación es similar a la investigación de (Muñoz & Torres, 2022) que aporta una metodología de diseño de investigación explicativa este enfoque se basa en ecuaciones matemáticas obtenidas de fuentes científicas confiables, investigaciones documentadas y proyectos de investigación. Estas ecuaciones han resultado fundamentales para el diseño del sistema off-grid, la demanda máxima diaria de energía y otros aspectos clave del sistema fotovoltaico; sin embargo, para determinar la radiación, la página de la NASA es una opción común, aunque puede presentar limitaciones como posibles congestiones del sitio web y una menor practicidad en comparación con la página de la Comisión Europea. Este enfoque nos brinda una ventaja considerable al posibilitar la determinación de diversos tipos de

radiación, que abarcan desde la radiación directa, horizontal y difusa, hasta la que llega a un plano inclinado con un ángulo específico de inclinación. Esta funcionalidad adicional proporciona un mayor nivel de detalle y precisión en los análisis, lo que resulta especialmente útil para proyectos que requieren una comprensión completa de los diferentes componentes de la radiación solar.

Este estudio se enfoca en abordar los elevados costos de energía asociados al uso de una motobomba de 20HP en el campo agrícola "Las Pampas de Dios". Actualmente, esta motobomba se alimenta con 4 galones de petróleo al día, cuyo precio ha experimentado un aumento considerable del 83.51% entre los años 2019 y 2023, según datos de (Osinermin, 2023). La transición hacia un sistema off-grid basado en energía solar plantea como una solución para mitigar la dependencia de los volátiles precios del petróleo. A pesar de la inversión inicial requerida, el diseño e instalación de un sistema off-grid ofrece ventajas a largo plazo, incluyendo el potencial de reducir la potencia del sistema de bombeo a una bomba sumergible de 5HP. El dimensionamiento adecuado de la bomba es fundamental en los sistemas de bombeo, especialmente en el bombeo de agua, que representa una aplicación energética relevante tanto desde la perspectiva fotovoltaica como hidráulica, especialmente en regiones semiáridas (Da Silva, C., Aleff, R., 2022). Es crucial resaltar que calcular con precisión el tamaño adecuado de la bomba tiene un efecto importante en la eficiencia energética y, por consiguiente, en los costos operativos a largo plazo. Un diseño preciso implica la selección de una bomba con la potencia justa para satisfacer las demandas específicas del sistema, evitando así el sobre dimensionamiento y optimizando el rendimiento general del sistema de bombeo.

La metodología de investigación que empleamos destaca por su capacidad para abordar problemas a través de ecuaciones matemáticas. Esto nos permite obtener resultados más cercanos a la realidad y reducir posibles errores durante la ejecución del proyecto. Este enfoque nos brinda una visión más precisa de la inversión económica requerida y del

tiempo necesario para su recuperación. Un aspecto clave es nuestra capacidad para determinar la radiación solar utilizando el software de la Comisión Europea, que proporciona datos sobre la irradiación sobre un plano inclinado. Además, hemos integrado consideraciones importantes, como la protección de puesta a tierra y el estudio detallado de las estructuras de los soportes para los paneles solares. Estos elementos adicionales en nuestro enfoque mejoran la fiabilidad y eficacia de nuestro análisis, garantizando una implementación exitosa del proyecto. Sin embargo, el uso de software para determinar la irradiación solar puede presentar limitaciones en términos de escala y detalle. Si bien estos programas son adecuados para cálculos a pequeña escala o para situaciones similares, pueden volverse imprácticos o imprecisos en análisis a gran escala o en entornos más complejos. Además, es importante considerar las limitaciones en cuanto al tiempo. Los cálculos manuales consumen más tiempo y recursos en comparación con el uso de equipos de medición directa. Esta discrepancia temporal puede representar una desventaja significativa en proyectos que requieren eficiencia y rapidez en su ejecución. Por lo tanto, es crucial evaluar cuidadosamente estas limitaciones y considerar alternativas o enfoques complementarios para garantizar la precisión y la eficiencia en la determinación de la irradiación solar en diferentes contextos y escalas de proyecto.

Este estudio de investigación presenta un impacto socioambiental positivo al abordar la mitigación de la contaminación ambiental, un problema de creciente preocupación a nivel global, ya que actualmente se está utilizando 4 galones de petróleo diésel al día para generar energía eléctrica con una motobomba. La puesta en marcha y el funcionamiento de sistemas de energía renovable, como el sistema off-grid sugerido, producirán un impacto ambiental mucho menor en comparación con las fuentes de energía tradicionales, dado que dejarán de emitir 39.52 kg/CO₂ al día. Esto conlleva a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes perjudiciales para el medio ambiente, y esto les permite a los agricultores

aumentar sus ganancias económicas al disminuir su necesidad de adquirir combustibles para producir energía. Además, la ejecución de este proyecto contribuirá a la creación de empleos en la fase de fabricación, instalación y mantenimiento de los componentes del sistema off-grid. La creación de empleo generará oportunidades laborales para la comunidad local, promoviendo el desarrollo económico en el área de estudio. El uso de energía solar, una fuente renovable e inagotable, en contraste con las fuentes de energía convencionales que dependen de recursos limitados y a menudo contaminantes, brindará beneficios económicos sostenibles a largo plazo. La reducción de los costos operativos y el acceso a una fuente de energía confiable aportarán ventajas económicas considerables, al tiempo que se alinean con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Este enfoque se presenta como una alternativa tecnológicamente sofisticada y respetuosa con el medio ambiente para enfrentar las cada vez más importantes inquietudes sobre el cambio climático y la contaminación ambiental. Además, contribuye al progreso socioeconómico y a la generación de empleo en la región.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Se logro realizar el diseño del sistema off-grid para cubrir una demanda al año de 2979, 84kWh/año en el campo agrícola las pampas de Dios en el Distrito de Guadalupito. De esta manera se logrará reducir los costos de generación de energía eléctrica y también así reducir las emisiones de Co2 ya que no se utilizará la motobomba para generar energía eléctrica; por lo tanto, un sistema de energía fotovoltaico es aplicativo y viable ya que el ahorro es mayor e ideal para sitios donde no llega la red eléctrica convencional y se esté utilizando combustibles fósiles como fuente de energía eléctrica.
- 2) Se determinó la irradiación solar promedio del sector las pampas de Dios, distrito de Guadalupito, obteniendo una irradiación solar mínima de 4.58Kwh/m² al día para el mes de junio. Esta irradiación se determinó utilizando ecuaciones de que permitieron hallar el ángulo de inclinación óptimo para una superficie inclinada de cualquier día del año utilizando las coordenadas y temperaturas del lugar, estos datos fueron ingresados en el software de la Comisión Europea PVGIS dicho software es de mucha importancia al momento de no contar con un equipo de medición para radiación solar, También es más práctico en comparación con determinar esta radiación mediante ecuaciones de geometría solar, lo cual puede resultar un proceso largo y consumir más tiempo. Al aprovechar la tecnología, logramos ahorrar considerablemente tiempo en la realización de la investigación.
- 3) Se logro determinar la potencia del sistema bombeo, siendo de 5hp la potencia de la bomba eléctrica sumergible que se utilizará para el riego de 2 hectáreas de maracuyá en el campo agrícola las pampas de Dios y que será alimentada por energía solar. En conclusión, es de mucha importancia realizar un buen cálculo al momento de dimensionar una maquina ya que se estaba utilizando una motobomba de 20 hp que se encontraba sobredimensionada y ocasionaba muchas pérdidas económicas. Por lo tanto, con esta nueva potencia determinada se logró reducir la cantidad de energía requerida para el riego de los cultivos y de esta manera también se redujo los costos de energía.

- 4) En el diseño para este sistema off-grid se determinó que el sistema tiene que contar con una cantidad de 18 paneles solares, un inversor de 5 000W, un controlador MPPT150/100 24/48v integrado, un conductor para el sistema de 5AWG. También se realizó el análisis de las estructuras óptimas y se determinó que las dimensiones de los soportes para los paneles solares deben ser de 3x3"x1/4" ASTM-A500 para la tubería cuadrada, de 3x3"x1/4 ASTM-A36 para el ángulo de Acero y de 5" ϕ SCH STD-40 para la tubería redonda. El sistema no cuenta con sistema de almacenamiento con baterías ya que el riego del agua se realiza mediante el día aprovechando las horas solares pico.
- 5) Se evaluó los costos de energía, lo cual se obtuvo un gasto de S/.15194.2 al año utilizando combustibles fósiles, produciendo una energía eléctrica de 12057.6 KWh/año, mientras que para la generación de energía eléctrica mediante el sistema off-grid genera al año 2979.84kWh/año, la evaluación económica del sistema off-grid está proyectado para 15 años y tiene un costo de inversión de S/. 64 467.84, provocando un VAN de S/.39 017.78 y un TIR de 22.44%. Concluyendo así que el sistema off-grid es más rentable que el sistema de generación con combustibles fósiles, el sistema off-grid se aplica en lugares alejados de la red eléctrica, además este sistema tiene una fuente de energía inagotable y no contaminante que es bueno y sostenible para el medio ambiente.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, al dimensionar el sistema off-grid, lo primero que se tiene que hacer es ver si la radiación solar es óptima para el proyecto, que se puede saber mediante las coordenadas exactas y ecuaciones para determinar el ángulo de inclinación seleccionado para una superficie inclinada, se debe tener en cuidado en seleccionar el tipo de radiación ya que el software también nos brinda la irradiación horizontal, irradiación normal, con el ángulo óptimo y con el ángulo recomendado.

Es de suma importancia tener en cuenta el ángulo de inclinación de los paneles solares durante la instalación del sistema off-grid. Un ángulo de inclinación apropiado desempeña un papel fundamental en la eficiencia de la captación de energía solar, por lo que es necesario calcular y ajustar con precisión este parámetro para optimizar el rendimiento total del sistema fotovoltaico.

Se sugiere el conocimiento del perímetro del área donde se instalará el sistema off-grid, ya que este dato es crucial para dimensionar la cantidad de paneles solares que se requiere en dicho perímetro. La información sobre el perímetro sirve como guía para optimizar la distribución de los paneles y maximizar la captación de energía solar. Para poder así cubrir la demanda de 15520 (Wh/día) donde se han seleccionado 18 paneles solares cubriendo 25 m². y se observa en el Anexo 18.

Se recomienda realizar un buen diseño adecuado de las estructuras para paneles solares es fundamental para garantizar la eficiencia, durabilidad y seguridad a largo plazo de los sistemas fotovoltaicos. Las estructuras bien diseñadas aseguran una sujeción firme de los paneles solares, permitiendo que puedan resistir condiciones climáticas desfavorables, como vientos, lluvias intensas, nevadas y cargas de viento. Las estructuras bien diseñadas minimizan el riesgo de fallas o daños en los paneles solares debido a la vibración, la fatiga del material o la deformación estructural. Esto ayuda a prevenir costosas reparaciones y tiempos de inactividad del sistema. Un diseño bien elaborado asegura que las estructuras cumplan con los códigos de construcción locales, así

como con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las autoridades pertinentes. Esto es crucial para garantizar la legalidad, la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo del sistema fotovoltaico.

Para el diseño, instalación y mantenimiento del sistema off-grid deben ser llevados a cabo por un personal calificado. Esta recomendación garantiza una implementación adecuada y un mantenimiento eficiente, lo que contribuirá a la óptima operación y vida útil del sistema.

El trabajo de investigación realizado puede ser considerado en la planificación de futuras investigaciones, así como en la implementación subsiguiente de sistemas fotovoltaicos autónomos, especialmente en las zonas rurales de Perú. En estos lugares, la limitada disponibilidad de acceso a la electricidad se constituye como un desafío significativo para el progreso de tecnologías esenciales, tales como la información y la comunicación.

REFERENCIAS

- Abreu, L. (2018). Payback descontado: o que é como calculá-lo
<https://rockcontent.com/br/blog/payback-descontado/>
- APK (2023) tipos de electro bomba sumergibles y características
<https://spanish.submersible-waterpumps.com/sale-14491111-480v-100psi-stainless-steel-316-ocean-marine-deep-well-submersible-pump.html>
- Berlanga Gutierrez, A. O. (2016). Diseño de una terma solar como fuente de calentamiento de agua para las operaciones de lavado, de una planta piloto de recubrimientos metálicos en piezas de acero. El caso Arequipa, Perú [Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero Metalurgista].
- Barreto, C. M; Duffy, J. J. (2010) Riego solar-eólico por goteo de bajo costo para pequeños agricultores. IV Conferencia Latino América de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES). 1-5.11.
- Berros, M., Laura & Lara, M., Ángel. (2012). Dimensionamiento de un sistema de captación de energía solar térmica para la obtención de agua caliente sanitaria a fin de abastecer la demanda de un vestuario de club deportivo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16.
<https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2259/2177>
- Bolaños, J., C., & Gómez, R., G. (2023). Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias. Tecnología en marcha. Vol. 36-1.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8773457.pdf>
- Bomba de agua (2023). Definición de bomba sumergible de agua.
<https://www.bombadeagua.es/blog/post/que-es-una-bomba-sumergible>
- Bombas Pedrollo (2023). Bombas sumergidas SR4
https://bombaspedrollo.net/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnK60BhA9EiwAmpHZw85aKSylLew2jB_O0i6vmSvhdz9wE5ChportFDndg2JOn5Xc-8DcmhoCHvsQAvD_BwE
- Camayo, B., et al (2015). Desarrollo de modelo Bristow – Campbell para estimar la radiación solar global de la región de Junín, Perú. Vol.35 -N°2
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000200008
- Camayo, B., et al (2019). Estimation of global solar radiation, using extreme temperaturas, applying the Bristow-Campbell model in the Junín región. Ingeniare. Rev. chil. Ing. Vol.27, 1.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000400643
- Carta, G., J., A. & Calero, P., R., & Colmenar, S., A, & Castro, G., M., A. (2009). Centrales de energía renovable: Generación eléctrica con energía renovable. Madrid: Pearson Educación, S.A.
https://www.academia.edu/28888909/Centrales_de_energ%C3%ADas_renovables_Generaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica_con_energ%C3%ADas_renovables

- Castejón, A. y Santamaria, G. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. EDITEX.
<https://es.scribd.com/document/407834610/CastejonAgustin-Y-Santamaria-German-Instalaciones-Solares-Fotovoltaicas-pdf>
- Castro, L., A., Luisin & Quishpe, G., L., Gerardo (2022). Las tic y el aprendizaje significativo de las funciones de 30, 45 y 60 grados en matemáticas en primero de bachillerato en la unidad educativa fiscal francisco huerta redon. [Tesis para obtener el título de licenciado en ciencia de la educación especialización físico matemático, Universidad de Guayaquil]
 Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60306/1/BFILO-PFM-22P10%20CASTRO-%20QUISHPE.pdf>
- Cepeda, J., & Sierra, A. (2017). Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Trabajo de grado de pregrado: Universidad Santo.
- Chen, R. & Cheng, W., Liao, J., Fan, H., Zheng, Z., Ma, F. (2015) Lateral Spacing in drip-irrigated wheat: the effects on soil moisture yield, and water use efficiency. Field Crops Research. Vol.179,1.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429015001124>
- Cormacarena (2018). Guía de buenas prácticas ambientales del sector maracuyá 17p.
http://www.cormacarena.gov.co/bringdata.php?p=12&contenido_in=113&titulo=GUIAS%20AMBIENTALES
- DAE. (2009). Instalaciones de energía solar fotovoltaica. Pliego de condiciones Tenias de Instalaciones Aislada de Red. Madrid
- Da Silva, C., Aleff, R., (2022). Montegam e estudo de um sistema solar fotovoltaico off-grid para bombeamento de água. (tesis para obtener el título de Ingeniería Mecánica). Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Brasil.
https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/50562/1/Montagem%20e%20estudo%20de%20um%20sistema%20solar_Costa_13-12-22.pdf
- De Sousa, M., Daiana (2021). Implementación de un sistema eléctrico cc off grid con energías renovable en el centro de educación ambiental de la ong verde, Brasil (tesis para máster tecnología energética para el desarrollo sostenible). Universitat politécnica de valencia, Brasil.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/175284/Sousa%20-%20Implantacion%20de%20un%20sistema%20electrico%20CC%20offgrid%20con%20energias%20renovables%20en%20el%20Centro%20de%20E....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dhayal, D. & Lal, K., Khanna, M., Sudhishri, S., Brar, A., Kumar, V., Singh, M., Bhattacharyya, R., Rajath, E., Rosin, K., Chakraborty, D. (2023). Performance of surface and subsurface drip fertigated wheat-moongbean-maize cropping system under different irrigation schedules and nutrient doses. Agricultural Water Management. Vol. 284,30
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423002032>
- Distriluz (2023). Costo de la energía eléctrica de la red
<https://www.distriluz.com.pe/ensa/images/PlanTarifarioUsuarioFinal04012022.pdf>

- Duffie, J., & Beckman, W. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. United States of America: 2013 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. Retrieved from [https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman\(auth.\)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20\(2013\).pdf](https://www.sku.ac.ir/Datafiles/BookLibrary/45/John%20A.%20Duffie,%20William%20A.%20Beckman(auth.)-Solar%20Engineering%20of%20Thermal%20Processes,%20Fourth%20Edition%20(2013).pdf)
- Echevarría y Guagua, (2021). Analisis y rediseño del sistema de puesta a tierra para la estacion palestina mediante matlab.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21178/1/UPS-GT003445.pdf>
- Escuelacasasolar (2023). Base teórica y ecuaciones de sistema fotovoltaico
<https://escuelacasasolar.com/gratuito.php>
- Fiorellarepre (2023). Fichas técnicas de tubos, tubería cuadrada y ángulos.
<https://fiorellarepre.com.pe>
- GEI (2011). Guia práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Google maps (2023) Estación metodológica del campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupito. Recuperado de:
<https://www.google.com/maps/place/8%C2%B056'25.7%22S+78%C2%B037'17.0%22W/@-8.9404737,-78.6239529,767m/data=!3m2!1e3!4b1!4m4!3m3!8m2!3d-8.940479!4d-78.621378?entry=ttu>
- Goswami, Y., (2015). Principles of solar engineering. Third edition (by Taylor & Francis Group, LLC)
<https://www.advan-kt.com/principlesofsolarengi.pdf>
- Heredia, Sánchez (2017). Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para terrenos de cultivo de espárragos del fundo inca verde en el sector pampas la sandía provincia de chepén - departamento de la libertad.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4415>
- Hidrostal (2023). Manual de usuarios de electrobomba sumergible
[http://www.hidrostal.com.pe/pdf/manuales/L2/MANUAL%20LINEA-2%2016%20BOMBA%20SUMERGIBLE%204,%206,%208%20y%2010%20PULGADAS%20\(03-2015\).pdf](http://www.hidrostal.com.pe/pdf/manuales/L2/MANUAL%20LINEA-2%2016%20BOMBA%20SUMERGIBLE%204,%206,%208%20y%2010%20PULGADAS%20(03-2015).pdf)
- IDAE (2019). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red
<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/37062/Anexo%20III.%20Pliego%20de%20Condiciones%20T%C3%A9cnicas%20del%20IDAE.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Indeco (2023). Ficha técnica de sección de cable
<https://www.nexans.pe/.rest/catalog/v1/product/pdf/P00008443-7>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (2021) - IEEE, STD. 80
<https://www.ieee.org/>

- Jara (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR DIRECTO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9159>
- Jinko solar (2023). Especificaciones técnicas del panel solar modelo Tiger Neo N-type 72HL4
<https://cdn.enfsolar.com/z/pp/2023/8/dhe0cr0fl032av9/1310890564d5961973701.pdf>
- Khalil, A., & Rajab, Z., Amhammed, M., Asheibi, A., (2017) The benefits of the transition from fossil fuel to solar energy in Libya: a street lighting system case study. *Sol Energy*, Vol.53.
- Krieger, E., & Cannarella, j., Craig, A., (2013) A comparison of lead-acid and lithium-base battery behavior and capacity fade in off-grid renewable charging applications. *Energy*, Vol. 60 - 1.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544213007044>
- Lipinski, V; Gaviola, S; Gaviola, J.C. (2002) Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de cebolla cv. Cobriza Inta con riego por goteo. *Agricultura técnica*. 62(4). 547-582
- Lozano, P., Arlitt; Alvarez, M., Carlos, E., Moggiano, Nabil (2021) El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria* Vol.12-1.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000100101
- Lynn, P. (2010). *Electricity from sunlight - An introduction to photovoltaics*. John Wiley and Sons. West Sussex, Reino Unido. 289p.
- Mahjoob, A., & Ahmadi, P., Afsaneh, H., Vojdani, M., Moztazavi, M., (2022) System sizing and transient simulation of a solar photovoltaic off-grid energy system in various climates with air heat pumps. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 54.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138822008360>
- McGraw-Hill. (20 de octubre de 2019). Obtenido de: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Meléndez, M., (2023). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la demanda de energía eléctrica de las oficinas académicas del pabellón H de la Universidad Politécnica Amazónica.
https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/196/TESIS_Melendez-Rojas_Manuel_Gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda, D. & Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, F., Cassierra, W., Piedrahita, W., Flórez, L. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa, y curuba. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*, Bogotá.
http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Gulupa_archivos/Literatura/Ecofisiologia_de_las_especies_pasiflorceas_cultivadas_en_Colombia.pdf
- Monsolar. (2018). ¿Qué es y qué hace un regulador de carga solar? [Figura]. Obtenido de: <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar>

- Montaño, P., Jorge, A., (2021). Sistemas fotovoltaicos off grid y la electrificación rural sostenible de las zonas aisladas. Un caso de estudio. Universidad Nacional del Callao, [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5486/MONTA%
c3%91O-FINAL-Informe%20final%20de%20Investigaci%
c3%b3n-Enero%202021.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5486/MONTA%c3%91O-FINAL-Informe%20final%20de%20Investigaci%c3%b3n-Enero%202021.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Muñoz, C., Jean, A., & Torres, S., Maria, I., (2022). Factibilidad técnico-económica de un sistema de energía solar fotovoltaica “off- grid” para suministro eléctrico residencial en el sector la Virginia de la ciudad de Quevedo (tesis de investigación para obtener el Título de Ingeniero Eléctrico). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6872/1/T-UTEQ-24.pdf>
- Núñez, M., & Salazar, C. (2014). Diseño y construcción de un sistema eficiente de alimentación solar mediante acumuladores de energía, para un vehículo eléctrico. Trabajo de grado de pregrado: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Nyenshu, S. & Manohar, Y., Nand, K. (2023) Solar photovoltaic water pumping system: A software tool development-based optimal configuration investigation for system installation location, sizing and deployment. *Renewable Energy Focus*. Vol. 46, 236-255. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008423000650>
- Ochicua, Luis (2019). Diseño de un sistema de bombeo solar para el abastecimiento de agua potable a las comunidades nativas: Ancon colina, Pobre Alegre y Puesto Rico de barranquilla, distrito de Pebas – Loreto. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur] Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.untels.edu.pe/xmlui/handle/123456789/374>
- OLADE (2020). Precios de la Energía en América Latina y el Caribe, p. 185, 2020 <https://rtc-cea.cepal.org/es/documento/diagnostico-sobre-el-estado-de-las-encuestas-de-gastos-e-ingresos-en-america-latina-y-el>.
- Pareja Aparicio, M. (2010). *Radiación Solar y su aprovechamiento energetico*. Barcelona: MARCOMBO S.A. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YkxOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=libro+de+Energia+Solar+T%C3%A9rmica&ots=r8Ze0HPkbn&sig=IWF_UYYVGO_UeLluL59YO70bCrsv=onepage&q=libro%20de%20Energia%20Solar%20T%C3%A9rmica&f=false
- Perpiñan, O. (2018). *Energía Solar: Fotovoltaica*. Madrid: Creative Commons. Obtenido de: <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- Quispe, H., L., & Sotomayor, A., G. (2022). Determinación y análisis temporal de la radiación solar global en el altiplano de puno. *Ingeniería. Rev. Chil. ing.* Vol.30 n°1
- Rambabu, G. & Bridjesh, P., Prabhu, N., Shiva, N. (2023) Design and Development of a drip irrigation system. *Materials Today: Proceedings*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323037434>

- Ramírez, E., Hernández, S., Cely, L., Granados, A., González, A., Ramírez, R., Aguirre, A., Mancipe, J., Rojas, C., & Torres E. (2020). *Bombeo solar fotovoltaico (1ª ed.)*. Ediciones Universidad Santo Tomás
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2021): Norma E.020, Norma E.030, Norma E.090.
<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Renesola Virtus (2023) especificaciones técnicas de los paneles solares de 260 w.
<https://cdn.autosolar.pe/pdf/Panel-Solar-260W-ReneSolar-Virtus-II.pdf>
- Rojas, G., Edison, F.; Herrera, S., Carolina (2021). Estudio de un método de generación de energía mediante un sistema fotovoltaico off grid aplicada al sector rural en una corraleja en Zapatoca Municipio de Santander. (Trabajo de Grado para optar el título de Tecnólogo en electricidad industrial). Universidad Tecnológica de Santander.
<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7013/F-DC-125%20Informe%20Final%20-%20C.%20Herrera%20%26%20E.%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Roldán, J., Días, M; Pérez, M; Moreno, M. (2009) Mejora de la gestión del agua de riego mediante el uso de indicadores de riego. *Facultad de Ciencia Agrarias UNCuyo* 42(1):107-124,2009.
- Sado, K. A., Hassan, L. H., & Moghavvemi, M. (2018). Design of a PV-powered DC water pump system for irrigation: A case study. *Proceedings – 2018 53rd international Universities Power Engineering Conference, UPEC 2018*.
<https://doi.org/10.1109/UPEC.2018.8542072>
- Salazar, A., (2023) Caracterización del potencial térmico RSU, para la generación de energía eléctrica, utilizando carbonización hidrotérmica. *Ingenius. Revista de ciencia y tecnología* no. 29
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-860X2023000100058&script=sci_arttext
- Senamhi (2023). Promedio de temperatura normal para la ciudad de Guapalupito. Recuperado de:
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0005>
- Solé, M. A. (1994) Influencia del riego de auxilio por goteo con pequeñas dosis de agua en el olivar de las Garrigas. *Fruticultura Profesional*, (62): 24-26.
- Solis (2023). Especificaciones técnicas de inversores fotovoltaicos.
https://www.solisinverters.com/es/energy_storage_inverters9/3_6k_s6_l_es.html
- Sontake, V. C., & Kalambar, V. R (2016). Solar photovoltaic water pumping system – A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1038-1067.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.01.021>
- Tecnología. (2018). Paneles solares [Figura]. Obtenido de: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

- Tello, A. (julio de 2010). Sistema de Seguimiento Automático del Sol para Optimizar la Captación de Energía En Celdas Fotovoltaicas [Figura]. Obtenido de: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3887/1/T-ESPEL-0730.pdf>
- Tom Núñez, M., & Salazar, C. (2014). Diseño y construcción de un sistema eficiente de alimentación solar mediante acumuladores de energía, para un vehículo eléctrico. Trabajo de grado de pregrado: Universidad Técnica de Cotopaxi. ás.
- Torres F. Ramón (2021) La Hora de la Transición Energética. (primera edición, 2021). Ciudad de México, México: Grano de sal
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r_xPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=crisis+energ%C3%A9tica&ots=wi21z02CGC&sig=J TZ6YRwHBDmF_528FG0lu7ftvgw#v=onepage&q=crisis%20energ%C3%A9tica&f=false
- Tumbaco C., Kevin A.; Pantaleón I., Kevin R., (2023) Generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico off grid en la zona rural de Guayaquil. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24665/1/UPS-GT004259.pdf>
- Victron energy blue power (2023). Ficha técnica de batería de litio-Ion de 24v 180ah y derivador Lynx-ion
https://www.monsolar.com/pdf/ficha_tecnica_ion-litio_victron_4-75kwh.pdf
- victron energy blue power (2023). Ficha tecnica de regulador fotovoltaico
<https://www.europe-solarstore.com/victron-energy/victron-solar-charge-controllers/victron-bluesolar-mppt-150-35-up-to-150-70.html>
- Vilela, C., Mariana & Figueiredo, F., Guilherme, Silva, D., Ivan, Tiago, F., Geraldo, Mambeli, B., Regina (2023) Using solar energy for complementary energy generation and water level recovery in Brazilian hybrid hydroelectricity: An energy and economic study. Renewable Energy. Vol. 218, 119287.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148123012028#fd7>
- Yoshida (2020). Matemática Financiera
<https://matematicafinanceira.org/tir-taxa-interna-de-retorno/>
- Zhang, I., & Liu, D., Cai, G., Lyu, L., Hai, L., Wang, T., (2023) An optimal dispatch model for virtual power plant that incorporates carbon trading and green certificate trading. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol.144.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061522005579?via%3Dihub>
- Zhang, S., & Yan, Y.,(2022) Thermal performance of latent heat energy storage system with/without enhancement under solar fluctuation for Organic Rankine power cycle. Energy Conversion and Management. Vol.270, 1-16.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890422010536>

ANEXOS

ANEXO 1: operación de las variables independiente y dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable independiente: Sistema off-grid	Es un sistema tecnológico diseñado para generar energía de los rayos del sol mediante paneles solares y no se encuentra conectado a la red eléctrica.	Es el sistema encargado de atraer la energía solar y convertirlo en potencia eléctrica, mediante los siguientes cálculos de selección de los paneles solar, potencia máxima de los paneles, espacio mínimo de separación de los paneles solares, inversor, regular produciendo generar una energía eléctrica a bajo costo.	Irradiación solar	Irradiación total promedio Kwh/m/día	Razón
			Generación del panel solar	$E = \frac{\text{Energía Total}}{\text{Rendimiento Global}}$	
			El número de paneles solares	$N_T = \frac{E}{P_p \times Rps \times P_g}$	
			Inversor	Inversor Minimo recomendado = W x F. S.	
			corriente máxima del sistema	$I_{\text{max.G}} = I_{\text{SC.panel}} * N_{\text{P.paralelo}}$	
			corriente del controlador del sistema fotovoltaico	$I_{\text{max.R}} = F_{\text{SC}} * I_{\text{Max.G}}$	
Energía eléctrica	Potencia instalada (KW)				
Variable dependiente: Factibilidad Económica	Es la evaluación de la viabilidad financiera de un proyecto. Se refiere a la capacidad de generar beneficios suficientes para compensar los costos asociados a la implementación del proyecto.	Se determina mediante el análisis de aspectos financieros. Se determina si un proyecto es financieramente viable y si los beneficios económicos superan a los costos en el tiempo.	Payback	$\text{Payback} = \frac{\text{importe total de la inversión}}{\text{Flujo anual}}$	Razón
			Valor Actual Neto	$\text{VAN} = \sum_{j=1}^n \frac{\text{FNN}}{(1+i)^j} - \text{INN}$	
			Tasa Interna de Retorno	$\text{TIR} = \text{VAN} = \sum_{j=1}^n \frac{\text{FNN}}{(1+i)^j} - \text{INN} = 0$	

ANEXO 2

- 2.1. Instrumento Ficha de registro de la irradiación solar promedio de un del mes del año.

(Elaboración propia)

Región:	Altitud:		Longitud:		Latitud:
meses	Datos de entrada			Irradiación solar emitida	
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Latitud	Irradiación total al mes (Kwh/m2/mes)	Irradiación promedio al día (Kwh/m2/día)
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Setiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
Media:					

Consentimiento Informado

Título de la investigación: “Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía”

Investigadores:

- _ Guevara de la Cruz, Cesar Jesús
- _ Valdivia Vilca, Anthony

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada “Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía”, cuyo objetivo es Diseñar un sistema off-grid alimentado por energía solar para reducir el costo de energía eléctrica al bombear agua para las dos hectáreas de cultivo de maracuyá que se encuentra ubicado en el sector pampas de Dios, en el distrito de Guadalupito, Provincia de Virú, región la Libertad. Esta investigación es desarrollada por estudiantes egresados de la facultad de Ingeniería de la carrera profesional de Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución.

Impacto del problema de la investigación.

En el sector las pampas de Dios, surge un problema donde no hay acceso a la red eléctrica, lo cual se utiliza energía eléctrica generada con recursos fósiles como el petróleo.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

- _Esta investigación iniciará con una visita técnica a las hectáreas de maracuyá que se encuentra en las pampas de dios, del distrito de Guadalupito utilizando una observación exhaustiva, utilizando el método de observación directa y la recolección de datos.
- _Segundo paso, se realizará un análisis documental, exhaustivo de diferentes fuentes. Usaremos la ficha técnica de ficha de análisis de documento, el instrumento será la ficha de registro de la radiación solar de un día del mes del año.
- _Tercer paso, se realizará llenado de ficha técnica de la radiación solar que se obtiene mediante el software de la Comisión Europea.
- _Cuarto paso se realizará a través del llenado de ficha técnica de ecuaciones eléctricas para obtener la data de carga eléctrica.
- _Quinto paso se realizará la ficha técnica de análisis de documento para determinar el costo de energía.
- _Sexto paso después de obtener los costos se procederá a realizar el diseño del sistema off grid.

* Obligatorio a partir de los 18 años.

Participación voluntaria (principio de autonomía):



Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo (principio de No maleficencia):

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios (principio de beneficencia):

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigadores: Guevara de la Cruz Cesar Jesús, y Valdivia Vilca, Anthony.

email: cjguevara@ucvvirtual.edu.pe, anthonyv@ucvvirtual.edu.pe

Docente asesor: Cuadros Camposano, Edwin Huber

email: ehcuadros@ucvvirtual.edu.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos:

-Guevara de la Cruz Cesar Jesús.

_Valdivia Vilca Anthony....

Fecha y hora: 28/07/2023.....12:45pm

Para garantizar la veracidad del origen de la información: en el caso que el consentimiento sea presencial, el encuestado y el investigador debe proporcionar: Nombre y firma. En el caso que sea cuestionario virtual, se debe solicitar el correo desde el cual se envía las respuestas a través de un formulario Google.

ANEXO 4
Constancia de validación 1.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** ... con CDNI N° ... 09599387.... **MAGISTER.... EN ... ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS ... CIP N° 208704 ... de profesión ... INGENIERO MECÁNICO ... desempeñándome como ... DOCENTE UNIVERSITARIO ... en ... LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ...**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Ficha de registro de cargas eléctricas y horas de operación diarias**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **"Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía"**. Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS**
- **VALDIVIA VILCA ANTHONY**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización				X	
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia				X	
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... **Trujillo** ... el día ... **1** ... del mes de ... **Agosto** ... del año ... **2023** ...

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**
 DNI : **09599387**
 Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**
 E-mail : ecuadros@puvp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECÁNICO
 R. CIP. N° 208704

-Constancia de validación 2.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** ... con CDNI N° ... 09599387.... **MAGISTER....**
EN ... ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS ... CIP N° 208704 ... de profesión ...
INGENIERO MECÁNICO ... desempeñándome como ... **DOCENTE UNIVERSITARIO ...** en ... **LA**
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ...

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Ficha de registro de costos de generación de energía para el bombeo de agua**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS**
- **VALDIVIA VILCA ANTHONY**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia				X	
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... **Trujillo** ... el día ... **1** ... del mes de ...
Agosto ... del año ... **2023** ...

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**
DNI : **09599387**
Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**
E-mail : ecudros@puvp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECÁNICO
R. CIP. N° 208704

-Constancia de validación 3.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** ... con CDNI N° ... 09599387... **MAGISTER**...
EN ... ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS ... CIP N° 208704 ... de profesión ...
INGENIERO MECÁNICO ... desempeñándome como ... **DOCENTE UNIVERSITARIO** ... en ... **LA**
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ...

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Ficha de registro de radiación solar de un día del mes del año**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "**Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía**". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS**
- **VALDIVIA VILCA ANTHONY**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia				X	
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... **Trujillo** ... el día ... **1** ... del mes de ...
Agosto ... del año ... **2023** ...

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**
 DNI : **09599387**
 Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**
 E-mail : ecuadros@puccp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECÁNICO
 R. CIP. N° 208704

-Constancia de validación 4.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo EDVER POCLIN ALVIS, con DNI N° 45065438, MAGISTER EN ENERGÍAS RENOVABLES Y PROYECTOS ENERGÉTICOS, CIP N° 279487 de profesión Ingeniero Electricista Desempeñándome como ESPECIALISTA EN INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS en PROYECTO ESPECIAL DE INVERSIÓN PÚBLICA ESCUELAS BICENTENARIO (DIE-MINEDU).

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Ficha de registro de radiación solar de un día del mes del año
- Ficha de registro de cargas eléctricas y horas de operación diarias
- Ficha de registro de costos de generación de energía para el bombeo de agua

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS
- VALDIVIA VILCA ANTHONY

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Lima el día 09 del mes de ... septiembre del año 2023.

Mg. : Edver Poclín Alvis
 DNI : 45065438
 Especialidad : Ingeniero Electricista
 E-mail : poclin.edver@gmail.com



EDVER POCLIN ALVIS
 Ingeniero Electricista
 CIP: 279487



-Constancia de validación 5.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo...**FREDDY MARCIAL VALDIVIA CIPRIANO**... con DNI N°... 32938147... de profesión.....

MECANICO ELECTRICISTA... CIP N.º 200947 desempeñándome como... **INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Ficha de registro de costos de generación de energía para el bombeo de agua

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- GUEVARA DE LA CRUZ CESAR JESUS
- VALDIVIA VILCA ANTHONY

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ...**CHIMBOTE** el día ...**10** del mes de **agosto** del año ...**2023**

Ing. : **FREDDY MARCIAL VALDIVIA CIPRIANO**

DNI : **32938147**

Especialidad : **MECANICO ELECTRICISTA**

E-mail : **freddyvaldiviac@gmail.com**



VALDIVIA CIPRIANO FREDDY MARCIAL
ING. MECANICO ELECTRICISTA
 Reg. Colegio de Ingenieros: CIP N° 200947

-Constancia de validación 6.
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo...**FREDDY MARCIAL VALDIVIA CIPRIANO**... con DNI N.º... 32938147... de profesión.....

MECANICO ELECTRICISTA... CIP N.º 200947 desempeñándome como... **INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Ficha de registro de radiación solar de un día del mes del año**
- **Ficha de registro de cargas eléctricas y horas de operación diarias**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **"Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las Pampas de Dios-Guadalupito para disminuir costos de energía"**. Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **GUEWARA DE LA CRUZ CESAR JESUS**
- **VALDIVIA YLCA ANTHONY**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia					X
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ...**CHIMBOTE** el día ...**10** del mes de **agosto** del año ...**2023**

Ing. : **FREDDY MARCIAL VALDIVIA CIPRIANO**

DNI : 32938147

Especialidad : **MECANICO ELECTRICISTA**

E-mail : freddyvaldivia@gmail.com



VALDIVIA CIPRIANO FREDDY MARCIAL
ING. MECANICO ELECTRICISTA
 Reg. Colegio de Ingenieros CIP # 200947

ANEXO 5

Porcentaje de similitud en el Turnitin.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

ELÉCTRICA

Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las pampas de
dios-Guadalupito para disminuir costos de energía

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR (ES):

Guevara de la Cruz César Jesús (ORCID: 0000-0002-2138-9639)

Valdivia Vilca Anthony (ORCID: 0009-0001-0302-4740)

ASESOR:

Mg. Cuadros Camposano Edwin Huber (ORCID: 0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Resumen de coincidencias

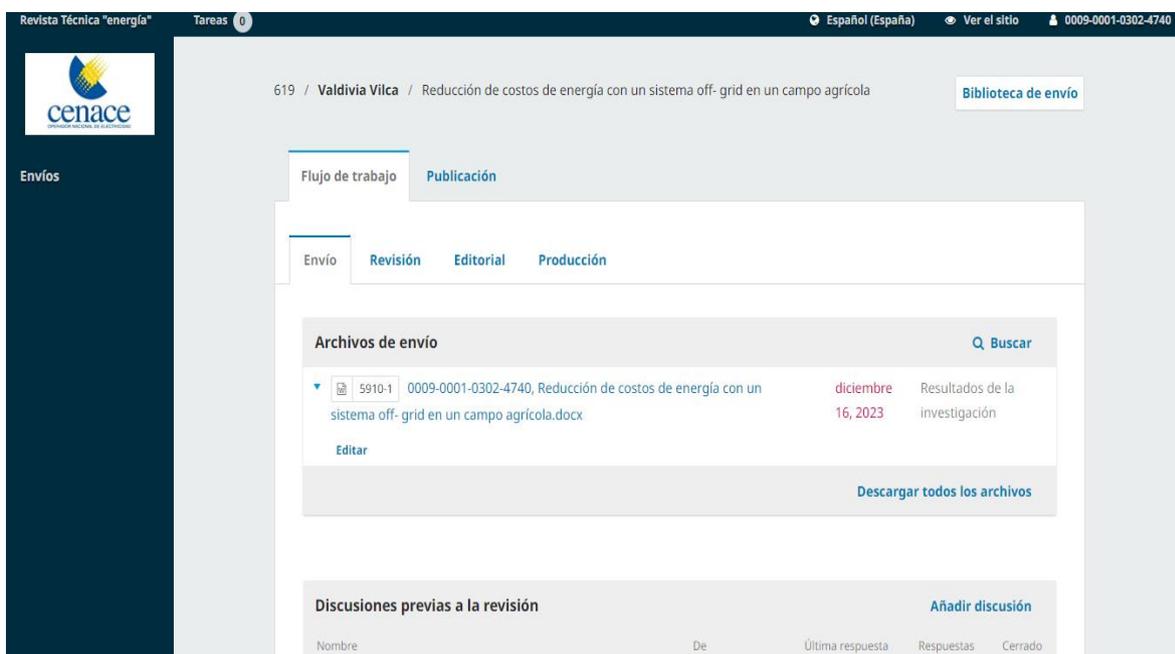
18 %

1	repositorio.ucs.edu.pe	3 %
Fuente de Internet		
2	repositorio.ucv.edu.pe	2 %
Fuente de Internet		
3	Entregado a Universida...	2 %
Trabajo del estudiante		
4	hdl.handle.net	2 %
Fuente de Internet		
5	tesis.pucp.edu.pe	1 %
Fuente de Internet		
6	repository.usta.edu.co	1 %
Fuente de Internet		
7	1library.co	1 %
Fuente de Internet		
8	repositorio.unj.edu.pe	1 %
Fuente de Internet		

ANEXO 6

Evidencia de envío del artículo científico a la revista técnica “energía” cenace, indexada en SciELO Ecuador.

- URL del manuscrito:
<https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/authorDashboard/submission/619>
- Nombre de usuario/a: 0009-0001-0302-4740



The screenshot displays the submission interface for the journal 'energía'. The top navigation bar includes the journal logo, the user's name 'Valdivia Vilca', the article title 'Reducción de costos de energía con un sistema off-grid en un campo agrícola', and the user ID '0009-0001-0302-4740'. The main content area is divided into 'Flujo de trabajo' (Workflow) and 'Publicación' (Publication) tabs. Under 'Flujo de trabajo', there are sub-tabs for 'Envío' (Submission), 'Revisión' (Review), 'Editorial', and 'Producción'. The 'Archivos de envío' (Submitted Files) section shows a table with one entry: a document titled '5910-1 0009-0001-0302-4740, Reducción de costos de energía con un sistema off-grid en un campo agrícola.docx' submitted on '16, 2023'. The table also indicates the article is in 'Resultados de la investigación' (Research Results) and provides an 'Editar' (Edit) link. A 'Descargar todos los archivos' (Download all files) button is located below the table. The 'Discusiones previas a la revisión' (Discussions before review) section is currently empty, with an 'Añadir discusión' (Add discussion) button.

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Cerrado
Discusiones previas a la revisión				



CARTA DE AUTORIZACION

Yo Javier Alfonso Pérez Paz, propietario de 6 hectáreas del campo agrícola ubicado en el sector "Las Pampas de dios" perteneciente al distrito de Guadalupe provincia de Viru departamento de La Libertad, identificado con DNI N.º 32927580, autorizo que:

Los alumnos: Anthony Valdivia Vilca y Cesar Jesús Guevara de la Cruz, estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo. Puedan realizar su trabajo de investigación dentro de mi campo agrícola con tesis titulado: "Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de dios-Guadalupe para disminuir costos de energía", para optar el grado de Ingenieros Mecánicos Eléctricos.

Guadalupe, 17 de diciembre del 2023.

Javier Alfonso Pérez Paz

DNI N.º 32927580

- Ficha técnica de electrobomba sumergibles de 4" (Pedrollo, 2023)

4SR

Electrobombas sumergidas de 4"

-  Agua limpia
(Contenido de arena máximo 150 g/m³)
-  Utilizo doméstico
-  Utilizo civil
-  Utilizo industrial



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m³/h)
- Altura manométrica hasta **425 m**

LIMITES DE UTILIZO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m³**
- Profundidad de utilizo hasta **100 m** bajo el nivel del agua con cable de alimentación de longitud adecuada
- Funcionamiento:
 - en vertical
 - en horizontal con los siguientes límites:
 - 4SR7G - 4SR10G - 4SR13G - 4SR25G **18 etapas**
 - 4SR33G - 4SR45G - 4SR60G - 4SR75G - 4SR90G **10 etapas**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELECTRICO

- Monofásica 220 V - 60 Hz
- Trifásica 380 V - 60 Hz

Cable de alimentación de:

- **1.7 m** para potencias de 0.37 a 3 kW
- **2.7 m** para potencias de 4 a 7.5 kW

Las versiones monofásicas **4SR-PD** incluyen el condensador en el interior del embalaje.

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD
ISO 14001: AMBIENTE



UTILIZOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **150 g/m³**. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, aumento de presión para instalaciones anti-incendio, etc.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Patente n° EP09781276.2

EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- **Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes**



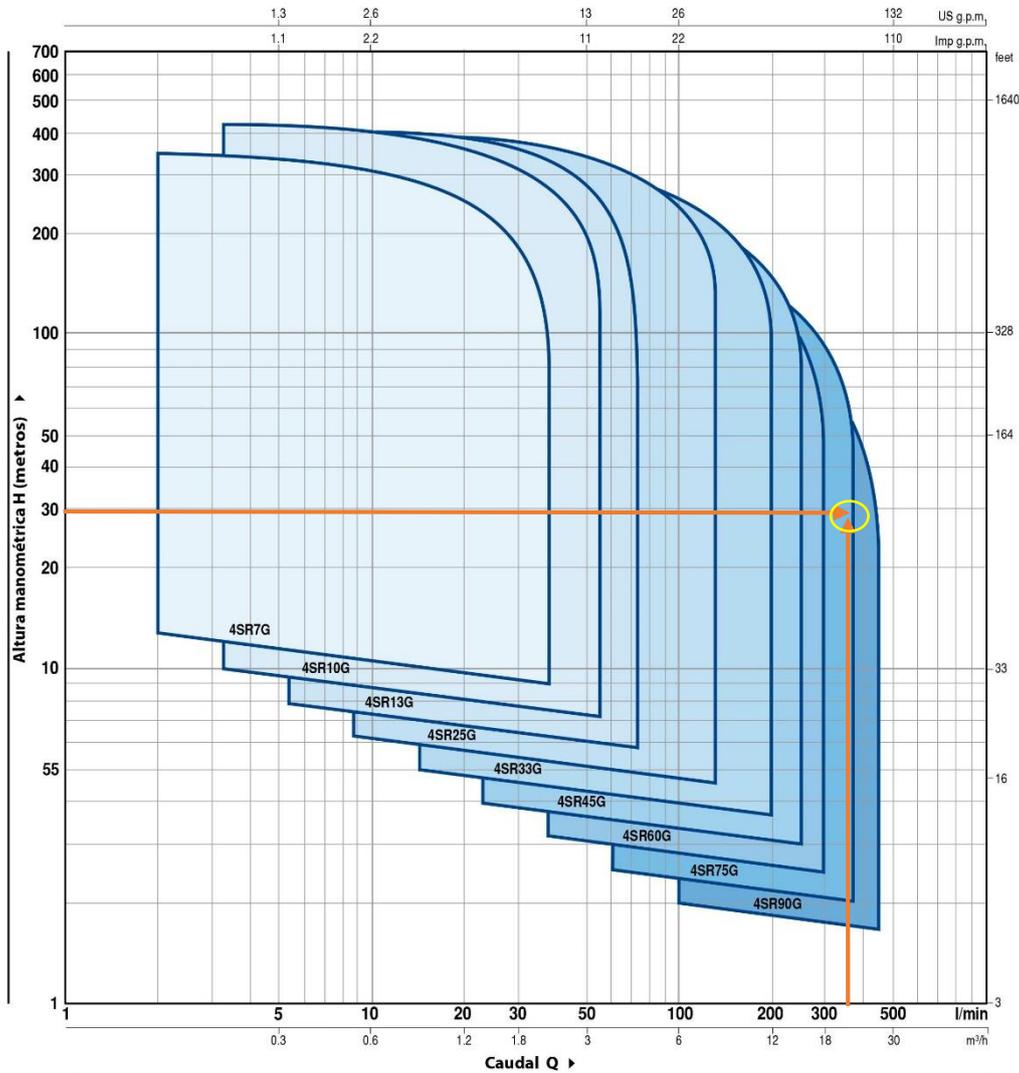
GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

- Campo de prestaciones para bombas sumergibles (Pedrollo, 2023)

CAMPO DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



NOMENCLATURA

4 SR 7G m / 5 - PD o HYD

Diámetro del pozo en pulgadas ———— 4
 Serie ———— SR
 Caudal en US g.p.m. en el punto de máximo rendimiento ———— 7
 Motor monofásico ———— G
 Potencia motor ———— m /
 PD: electrobomba con motor "PEDROLLO" ———— 5 - PD
 HYD: bomba sin motor ———— o HYD



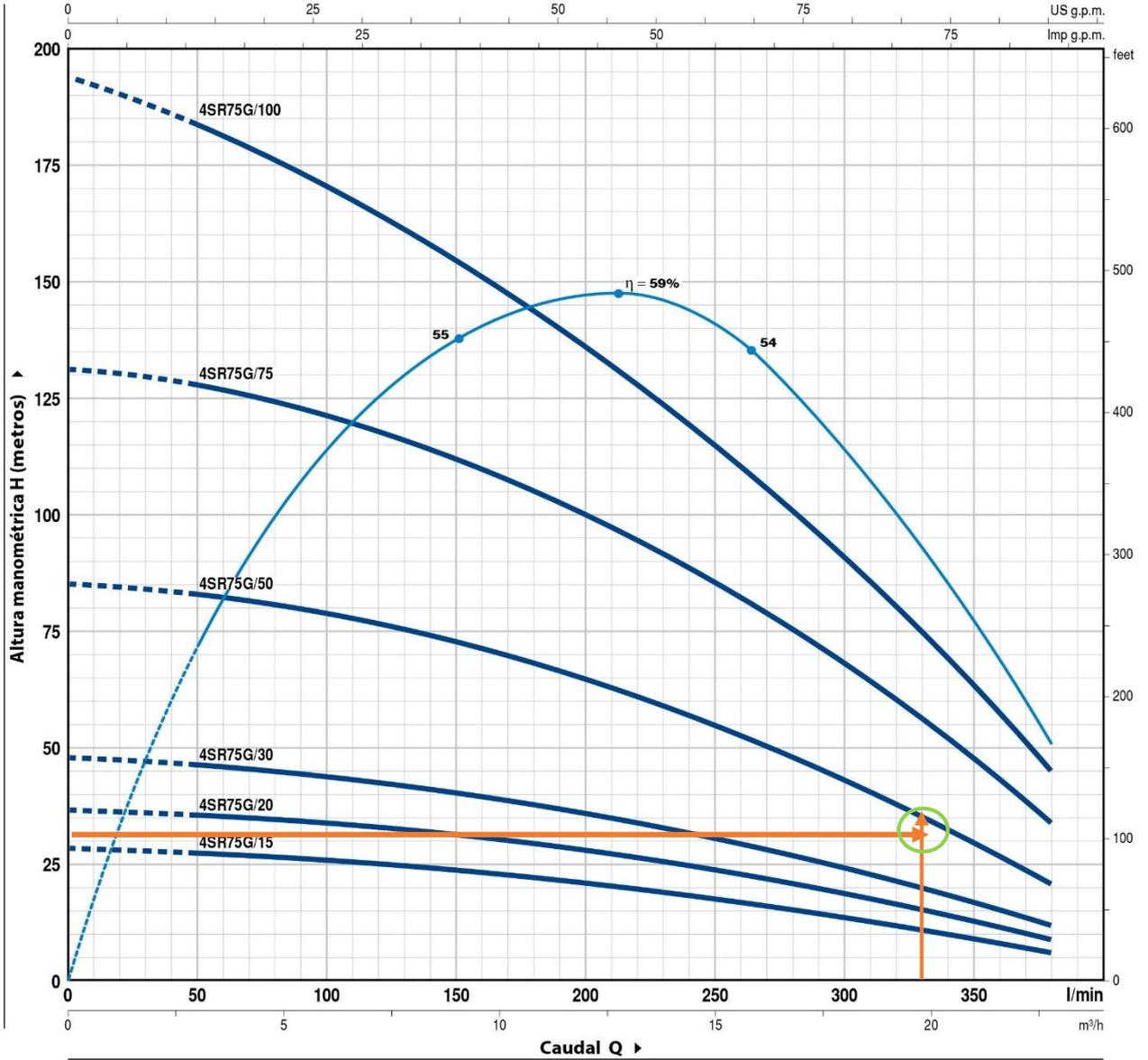
- Curvas y datos de prestaciones para electrobomba modelo 4SR75G (Pedrollo, 2023)

4SR75G



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros									
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8	
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	380	
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2		28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6	
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9	
-	4SR75G/50	3.7	5		47	46	44	40	35	30	22.5	17	12	
-	4SR75G/75	5.5	7.5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21	
-	4SR75G/100	7.5	10		130	127	122	113	102	85	66	46	34	
					192	185	173	156	135	112	87	61	46	

Q = Caudal H = Altura manométrica total

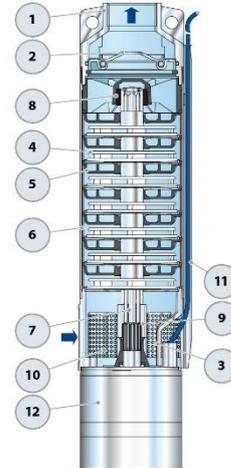
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

- Características constructivas de electrobomba (Pedrollo, 2023)

4SR

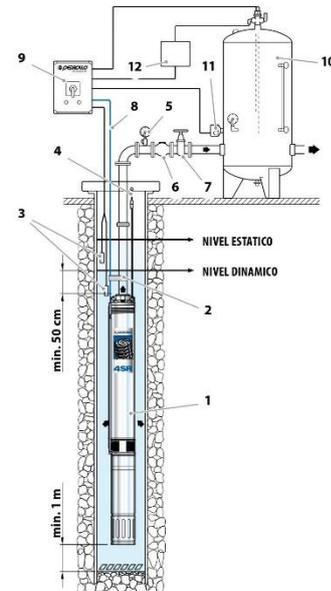
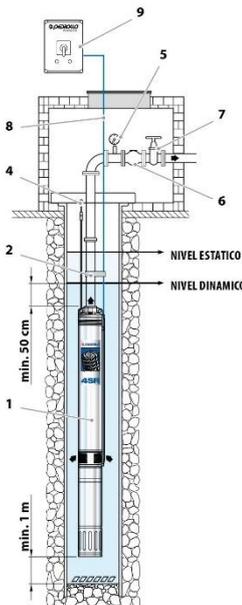


POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1 CUERPO DE IMPULSION	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
2 VALVULA DE RETENCION	Acero inoxidable AISI 304
3 SOPORTE	Acero inoxidable AISI 304, dimensiones según norma NEMA
4 RODETE	Lexan 141-R
5 DIFUSOR	Noryl FE1520PW
6 CAJA PORTA DIFUSOR	Acero inoxidable AISI 304
7 EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304
8 RODAMIENTOS BOMBA	Parte fija en tecnopolímero especial y parte rotatoria en acero inoxidable AISI 316 revestida de óxido de cromo para resistir a la arena
9 CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 316L hasta 2.2 kW; Acero inoxidable AISI 304 para potencias superiores
10 FILTRO	Acero inoxidable AISI 304
11 PROTECTOR CABLE	Acero inoxidable AISI 304
12 MOTOR 4"	4PD = motor en baño de aceite "PEDROLLO"



EJEMPLO DE INSTALACION

- 1) Electrobomba sumergida
- 2) Cintas para fijar el cable de alimentación
- 3) Sondas control nivel contra la marcha en seco
- 4) Soporte y cable de anclaje
- 5) Manómetro
- 6) Válvula de retención
- 7) Válvula de compuerta del caudal
- 8) Cable de alimentación eléctrica
- 9) Cuadro eléctrico
- 10) Depósito autoclave
- 11) Presóstato
- 12) Electro-válvula/electro-compresor



- ➡ La instalación de las electrobombas 4SR es apta para pozos con un diámetro no inferior a 4" (100 mm). La electrobomba sumergida se baja al pozo mediante el tubo de impulsión hasta una profundidad tal que garantice su total inmersión (mín. 50 cm y por lo menos 1 metro desde el fondo del pozo) incluso mientras funciona, cuando se aprecia una disminución del líquido en el pozo. Cuando la electrobomba sumergida se instala en un pozo, se aconseja asegurarla con un cable de acero inoxidable para conectarla a los específicos enganches de la boca de impulsión.

- Dimensiones y pesos de electrobomba sumergible (Pedrollo, 2023)

4SR-PD

Electrobombas sumergidas con motor 4PD "PEDROLLO"

DIMENSIONES Y PESOS



MODELO	BOCA DN	N° ETAPAS	DIMENSIONES mm				kg
			Ø	h1	h2	h	
4SR7G/7 - PD	1 1/4"	16	455	356	811	13.9	
4SR7G/10 - PD		21	572	371	943	16.8	
4SR7G/15 - PD		27	684	386	1070	19.1	
4SR7G/20 - PD		34	913	436	1349	22.5	
4SR7G/30 - PD		42	1060	481	1541	27.3	
4SR10G/5 - PD		7	290	331	621	10.8	
4SR10G/7 - PD		11	364	356	720	12.9	
4SR10G/10 - PD		14	419	371	790	15.2	
4SR10G/15 - PD		18	517	386	903	17.2	
4SR10G/20 - PD		24	628	436	1064	18.9	
4SR10G/30 - PD		30	764	481	1245	23.5	
4SR13G/7 - PD		9	327	356	683	12.5	
4SR13G/10 - PD		11	364	371	735	14.6	
4SR13G/15 - PD		15	437	386	823	16.6	
4SR13G/20 - PD		20	554	436	990	18.7	
4SR13G/30 - PD		27	683	481	1164	22.6	
4SR25G/5 - PD	5	270	331	601	10.5		
4SR25G/7 - PD	6	292	356	648	12.1		
4SR25G/10 - PD	7	314	371	685	14.0		
4SR25G/15 - PD	10	380	386	766	15.8		
4SR25G/20 - PD	13	446	436	882	16.9		
4SR25G/30 - PD	17	558	481	1039	21.2		
4SR33G/5 - PD	3	251	331	582	10.8		
4SR33G/7 - PD	4	281	356	637	12.2		
4SR33G/10 - PD	5	311	371	682	14.1		
4SR33G/15 - PD	6	341	386	727	15.3		
4SR33G/20 - PD	8	401	436	837	16.2		
4SR33G/30 - PD	11	516	481	997	20.4		
4SR45G/10 - PD	3	251	371	622	13.5		
4SR45G/15 - PD	4	281	386	667	14.8		
4SR45G/20 - PD	6	341	436	777	15.7		
4SR45G/30 - PD	8	401	481	882	19.4		
4SR60G/15 - PD	4	365	386	751	15.3		
4SR60G/20 - PD	5	416	436	852	16.1		
4SR60G/30 - PD	7	518	481	999	20.2		
4SR75G/15 - PD	3	314	386	700	14.9		
4SR75G/20 - PD	4	365	436	801	15.7		
4SR75G/30 - PD	5	416	481	897	19.3		
4SR90G/20 - PD	3	317	436	753	15.4		
4SR90G/30 - PD	4	369	481	850	19.0		

MODELO	BOCA DN	N° ETAPAS	DIMENSIONES mm			kg
			Ø	h1	h2	
4SR7G/7 - PD	1 1/4"	16	455	331	786	12.6
4SR7G/10 - PD		21	572	356	928	15.1
4SR7G/15 - PD		27	684	371	1055	17.2
4SR7G/20 - PD		34	913	386	1299	21.0
4SR7G/30 - PD		42	1060	436	1496	24.1
4SR10G/5 - PD		7	290	311	601	10.1
4SR10G/7 - PD		11	364	331	695	11.6
4SR10G/10 - PD		14	419	356	775	13.5
4SR10G/15 - PD		18	517	371	888	15.3
4SR10G/20 - PD		24	628	386	1014	17.4
4SR10G/30 - PD		30	764	436	1200	20.3
4SR10G/50 - PD		46	1134	610	1744	33.3
4SR13G/7 - PD		9	327	331	658	11.2
4SR13G/10 - PD		11	364	356	720	12.9
4SR13G/15 - PD		15	437	371	808	14.7
4SR13G/20 - PD		20	554	386	940	17.2
4SR13G/30 - PD	27	683	436	1119	19.4	
4SR13G/50 - PD	42	1060	610	1670	32.5	
4SR25G/5 - PD	5	270	311	581	9.8	
4SR25G/7 - PD	6	292	331	623	10.8	
4SR25G/10 - PD	7	314	356	670	12.3	
4SR25G/15 - PD	10	380	371	751	13.9	
4SR25G/20 - PD	13	446	386	832	15.4	
4SR25G/30 - PD	17	558	436	994	18.0	
4SR25G/50 - PD	28	800	610	1410	28.9	
4SR25G/75 - PD	42	1207	700	1907	38.6	
4SR25G/100 - PD	54	1520	800	2320	46.8	
4SR33G/5 - PD	3	251	311	562	10.1	
4SR33G/7 - PD	4	281	331	612	10.9	
4SR33G/10 - PD	5	311	356	667	12.4	
4SR33G/15 - PD	6	341	371	712	13.4	
4SR33G/20 - PD	8	401	386	787	14.7	
4SR33G/30 - PD	11	516	436	952	17.2	
4SR33G/50 - PD	18	726	610	1336	27.6	
4SR33G/75 - PD	27	1019	700	1719	35.3	
4SR33G/100 - PD	34	1305	800	2105	44.7	
4SR45G/10 - PD	3	251	356	607	11.8	
4SR45G/15 - PD	4	281	371	652	12.9	
4SR45G/20 - PD	6	341	386	727	14.2	
4SR45G/30 - PD	8	401	436	837	16.2	
4SR45G/50 - PD	13	576	610	1186	26.2	
4SR45G/75 - PD	21	840	700	1540	33.3	
4SR45G/100 - PD	27	1019	800	1819	39.6	
4SR60G/15 - PD	4	365	371	736	13.4	
4SR60G/20 - PD	5	416	386	802	14.6	
4SR60G/30 - PD	7	518	436	954	17.0	
4SR60G/50 - PD	12	810	610	1420	28.1	
4SR60G/75 - PD	18	1154	700	1854	35.7	
4SR60G/100 - PD	25	1548	800	2348	44.1	
4SR75G/15 - PD	3	314	371	685	13.0	
4SR75G/20 - PD	4	365	386	751	14.2	
4SR75G/30 - PD	5	416	436	852	16.1	
4SR75G/50 - PD	9	658	610	1268	26.7	
4SR75G/75 - PD	14	950	700	1650	33.6	
4SR75G/100 - PD	19	1206	800	2006	40.2	
4SR90G/20 - PD	3	317	386	703	13.9	
4SR90G/30 - PD	4	369	436	805	15.8	
4SR90G/50 - PD	7	525	610	1135	25.4	
4SR90G/75 - PD	11	770	700	1470	32.2	
4SR90G/100 - PD	15	1016	800	1816	38.5	

ANEXO 9

- Ficha técnica de batería de litio-Ion de 24v 180ah y derivador Lynx-ion (Victron energy blue power, 2023)

Batería de Litio-Ion de 24V 180Ah y derivador Lynx-ion

www.victronenergy.com



Batería de Litio-Ion de 24V 180Ah

Ventajas de la batería de Litio-Ion sobre las baterías convencionales de plomo-ácido

- Alta densidad de energía: más energía con menos peso;
- Altas corrientes de carga (acorta el tiempo de carga);
- Altas corrientes de descarga (permite, por ejemplo, alimentar una cocina eléctrica con una bancada de baterías pequeña);
- Larga vida útil de la batería (hasta seis veces más que la de una batería convencional);
- Alta eficiencia entre la carga y la descarga (muy poca pérdida de energía debido al calentamiento);
- Mayor continuidad de la corriente disponible.

¿Por qué fosfato de hierro y litio?

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO4 o LFP), son las baterías predominantes de Li-Ion más seguras. La tensión nominal de una celda de LFP es de 3,2V (plomo-ácido: 2V/celda). Una batería de 25,6V se compone de 8 celdas conectadas en serie.



Lynx Ion

Ventajas del sistema de baterías Victron Lynx Lithium-ion

La utilización de este sistema modular aporta las siguientes ventajas:

- El sistema de baterías de Litio-Ion de Victron es fácil de instalar gracias a su modularidad. No se necesitan complicados diagramas de cableado.
- Se dispone de información detallada en su propia pantalla impermeable Ion Control.
- El relé de 350A del Lynx Ion ofrece la máxima seguridad: en caso de que los cargadores o las cargas no respondan a los comandos del Lynx Ion, el relé de seguridad principal se abrirá para evitar daños permanentes en las baterías.
- Para las instalaciones marinas típicas hay un pequeña salida adicional para poder alimentar la bomba de sentina y desconectar todas las demas cargas domésticas abriendo el relé de 350A.

Sistema completo

Un sistema completo se compone de:

- Una o más baterías de **de Litio-Ion de 24V 180Ah**.
- (opcional) El **Lynx Power In**, una barra de bus de CC modular.
- El **Lynx Ion** es el sistema de gestión de baterías (BMS) que controla las baterías. Dentro del Lynx Ion hay un contactor de seguridad de 350 A.
- El **Lynx Shunt VE.Can**, un monitor de baterías que incluye el fusible principal. Se debe tener en cuenta que el fusible se compra por separado.
- (opcional) El **Lynx Distributor**, un sistema de distribución de CC con fusibles.
- (opcional) El **Ion Control**, un panel de control digital.



Ion control: Pantalla principal

Baterías de Litio-Ion de 24V 180Ah

La base del sistema de baterías de Litio-Ion de Victron está formado por baterías independientes de Litio-Ion de 24V/180Ah. Dispone de un Sistema de Gestión de Celdas (BMS) que protege la batería a nivel de cada celda. Hace un seguimiento individualizado de la tensión de cada celda y de la temperatura del sistema, y equilibra de forma activa cada celda. Todos los parámetros medidos se envían al Lynx-Ion, que monitoriza el sistema en su conjunto.

Lynx Ion

El Lynx Ion es el BMS. Contiene el contactor de seguridad de 350A y controla el equilibrado de celdas y la carga y descarga del sistema. El Lynx Ion protege el conjunto de baterías tanto de la sobrecarga como de la descarga completa. Cuando una sobrecarga es inminente, ordenará a los dispositivos en carga que disminuyan la misma o la detengan. Esto se hace mediante el VE.Can bus (NMEA2000) compatible, y también a través de los dos contactos de cierre/apertura disponibles. Pasa lo mismo cuando la batería está casi vacía y no hay fuente de carga disponible. Ordenará la desconexión de las cargas importantes.

Tanto para las sobrecargas como para las descargas profundas existe un último recurso de seguridad, el contactor de 350A incorporado. En caso de que el comando no detenga la inminente sobrecarga o descarga profunda, se abrirá el contactor.

NMEA2000 Canbus

La comunicación con el mundo exterior se hace a través del protocolo VE.Can.

Ion Control

Consulte la ficha técnica propia del **Ion Control** para más información sobre la pantalla.



Ion control: Pantalla del histórico de datos



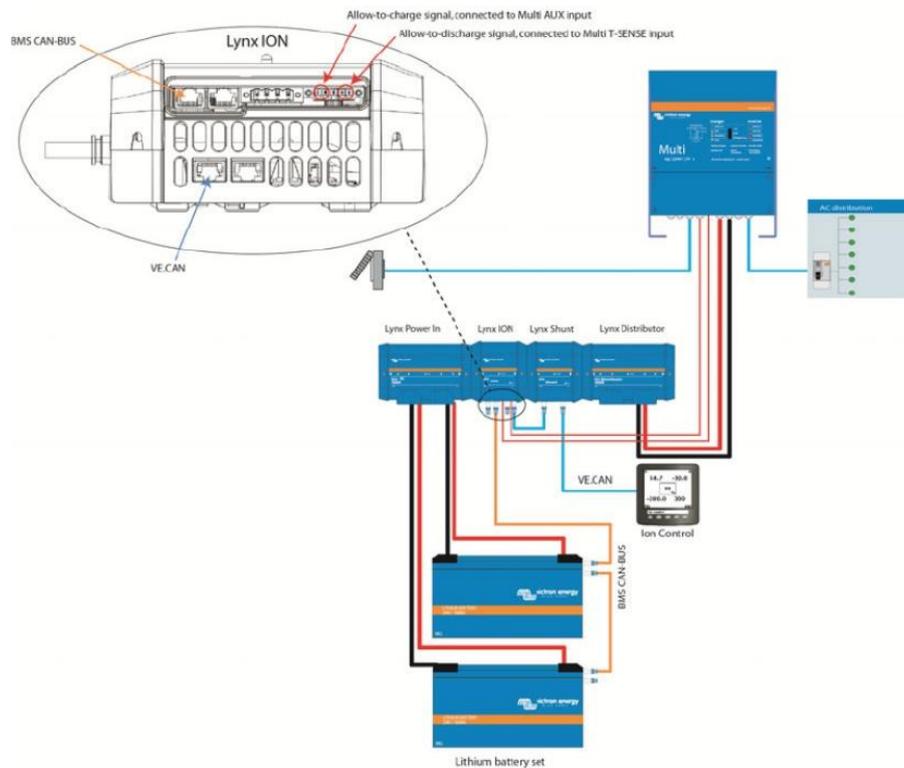
Ion control: Pantalla de estado del Lynx Ion

- Ficha técnica de batería de litio-Ion de 24v 180ah y derivador Lynx-ion (Victron energy blue power, 2023)

Baterías de Litio-Ion de 24V 180Ah 4,75kWh	
Tecnología	Fosfato de hierro y litio (LiFePo4)
Tensión nominal	26,4 V
Capacidad nominal	180 Ah
Potencia nominal	4,75 kWh
Peso	55 kg
Ratio potencia/peso	86 Wh/kg
Dimensiones (al x an x p)	625 x 195 x 355 mm
Tensión de corte de la carga a 0,05C	28,8 V
Tensión de corte de descarga	20 V
Corriente de carga/descarga recomendada	54 A (0,3C)
Corriente máxima de carga (1C)	180 A
Corriente máxima de descarga (1,5C)	270 A
Corriente de descarga por pulsación (10s)	1.000 A
Cantidad de ciclos @80% DOD (0,3C)	2000
Configuración de series	Sí, hasta 2 (más series si se solicitan)
Configuración paralela	Sí, fácilmente hasta 4 (más en paralelo si se solicita)
Temp. de trabajo para carga	0~45 °C
Temp. de trabajo para descarga	-20~55 °C
Temp. de almacenamiento	-20~45 °C

Lynx Ion	
Cantidad máxima de baterías en serie	2
Cantidad máxima de baterías en paralelo	8
Carcasa	
Peso	1,4 kg
Dimensiones (al x an x p)	190 x 180 x 80 mm
IO	
Contactor de seguridad	350 A
Corriente máx. del contactor de la bomba de sentina	10 A
Corriente máx. del contactor de relé externo	10 A
Contacto de la señal de carga	1A @ 60VDC
Contacto de la señal de descarga	1A @ 60VDC
Normativas	
Emisión	EN 50081-1
Inmunidad	EN 50082-1

Diagrama de bloques del sistema de baterías de Litio-Ion.



ANEXO 10

- Especificaciones técnicas del panel solar modelo ReneSola Virtus II Module de 260 W (ReneSola Virtus, 2023)




High Module Conversion Efficiencies



Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215:2005, IEC 61730:2004, UL 1703 PV Standards



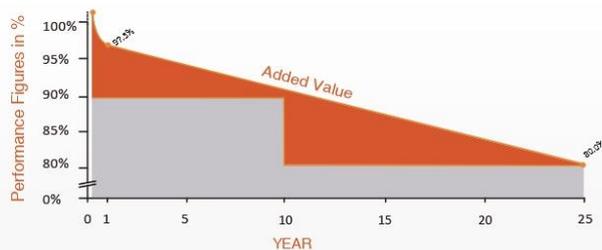
ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified



Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C



Also Applicable For Module With Black Frame





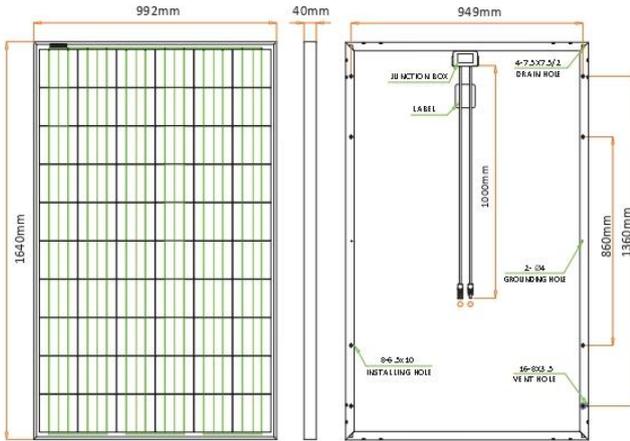
- Especificaciones técnicas del panel solar modelo Renesola Virtus II Module de 260 W (Renesola Virtus, 2023)



Virtus® II Module

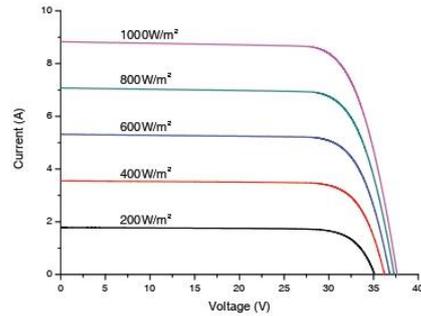
250W, 255W, 260W

Dimensions



Drawing Only for Reference

I-V Curves



Varied Irradiation Efficiencies

Irradiance	200W/m ²	400W/m ²	600W/m ²	800W/m ²	1000W/m ²
Efficiency	15.8%	16.2%	16.2%	16.1%	16.0%

Electrical Characteristics STC

	JC250M-24/Bb	JC255M-24/Bb	JC260M-24/Bb
Maximum Power (Pmax)	250 W	255 W	260 W
Power Tolerance	0 ~ +5W	0 ~ +5W	0 ~ +5W
Module Efficiency	15.4%	15.7%	16.0%
Maximum Power Current (Imp)	8.31 A	8.39 A	8.53 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.1 V	30.4 V	30.5 V
Short Circuit Current (Isc)	8.83 A	8.86 A	8.95 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.4 V	37.5 V	37.6 V

Values at Standard Test Conditions STC (AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Electrical Characteristics NOCT

	JC250M-24/Bb	JC255M-24/Bb	JC260M-24/Bb
Maximum Power (Pmax)	185 W	189 W	193 W
Maximum Power Current (Imp)	6.57 A	6.63 A	6.74 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	28.2 V	28.5 V	28.6 V
Short Circuit Current (Isc)	7.12 A	7.20 A	7.27 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.0 V	35.1 V	35.2 V

Values at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800 W/m², AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

Mechanical Characteristics

Cell Type	Virtus II (Polycrystalline) 156 x156 mm, 60 (6x10) pcs in series
Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65/IP67 Rated, With Bypass Diodes
Dimension	*1640 x 992 x 40 mm
Output Cable	4 mm ² (EU)/12 AWG (US), 1000 mm
Weight	19 kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

Characteristics

Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C

Packing Information

	20' GP	40' GP	40' HQ
Container			
Pallets per Container	12	28	28
Pieces per Container	300	700	770

Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (EU) / 600VDC (US)
Maximum Series Fuse Rating	20A (EU) / 20A (US)

ANEXO 11

- Ficha técnica cable TTRF-70 (NMT), (INDECO, 2023)

TTRF-70 (NMT)

TTRF-70 (NMT) 4x12 AWG

Contacto

Ventas Local
ventas.peru@nexans.com
exportaciones.peru@nexans.com

Ref. Nexans: [P00010508-3](#)

En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de equipos móviles.

Construcción:

- Conductor: Cobre blando flexible, clase 5.
- Aislamiento: Compuesto de PVC flexible.
- Relleno: Compuesto de PVC flexible.
- Cubierta externa: Compuesto de PVC flexible.

Principales características:

Gran flexibilidad, terminación compacta, resistencia a la abrasión y humedad. No propaga la llama.

Calibre:

12 AWG y 10 AWG.

Marcación:

PERU INDECO S.A. TTRF-70(NMT) - (Nro fases x calibre) - 300/500 V - Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

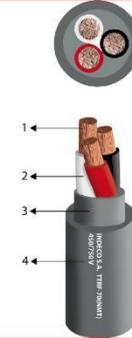
Rollos de 100 metros.

Color:

Aislamiento: Ver identificación de fases.

Cubierta externa: Gris o negro.

Normas nacionales



NORMA

Internacional IEC 60227-1;
IEC 60227-2; IEC 60227-5;
IEC 60332-1-2; IEC 60811-401;
IEC 60811-409; IEC 60811-504;
IEC 60811-505; IEC 60811-506;
IEC 60811-508; IEC 60811-509

Nacional NTP 370.250;
NTP 370.252; UL 2556



Flexibilidad del conductor
Flexible Clase 5



Libre de plomo
Sí



Tensión nominal de servicio U₀/U (Um)
300 / 500 V



Flexibilidad del cable
Excelente



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



Resistencia a aceites
Buena



Temperatura máxima operación
70 °C



- Ficha técnica cable TTRF-70 (NMT), (INDECO, 2023)

TTRF-70 (NMT)
TTRF-70 (NMT) 4x12 AWG

Contacto
Ventas Local
ventas.peru@nexans.com
exportaciones.peru@nexans.com

Características dimensionales	
Número de fases	4
Calibre (AWG)	12
Diámetro del conductor	2,3 mm
Mínimo espesor de aislamiento	0,8 mm
Mínimo espesor de cubierta	1,2 mm
Diámetro sobre cubierta	12,9 mm
Peso aproximado	277 kg/km
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)	300 / 500 V
Rigidez dieléctrica	2,0 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Capacidad de corriente en aire a 30°C	20 A
Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C	5,69 Ohm/km
Características mecánicas	
Flexibilidad del cable	Excelente
Características de uso	
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
Resistencia a aceites	Buena
Referencia	05
Temperatura máxima operación	70 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	100 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	160 °C

IDENTIFICACIÓN DE FASES TTRF-70 (NMT)

Número de fases	Identificación de fases
2	Blanco + negro
3	Blanco + negro + rojo
4	Blanco + negro + rojo + azul
2+T	Blanco + negro + (amarillo o verde o amarillo/verde o verde/amarillo)
3+T	Blanco + negro + rojo + (amarillo o verde o amarillo/verde o verde/amarillo)
4+T	Blanco + negro + rojo + azul + (amarillo o verde o amarillo/verde o verde/amarillo)



Flexibilidad del conductor
Flexible Clase 5



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)
300 / 500 V



Flexibilidad del cable
Excelente



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



Resistencia a aceites
Buena



Temperatura máxima operación
70 °C

ANEXO 12

- Ficha técnica cable NH-80 (INDECO, 2023)

FREETOX NH-80 450/750 V menor o igual a 10 mm² en doble capa.

FREETOX NH-80 450/750 V 10 mm² NG, CARRETE

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Ref. Nexans: P00008443-7

Ref. de País: 10007486

Cable de cobre blando aislado con material termoplástico libre de halógenos, cuya temperatura de operación máxima es 80°C. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

DESCRIPCIÓN

Aplicacion:

Aplicacion especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases toxicos, corrosivos y la emision de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos electricos y electronicos, como por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, teatros, discotecas, hospitales, aeropuertos, estaciones subterranas, etc. En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobrevivencia de las posibles victimas al no respirar gases toxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit y en ambientes interiores en bandejas. 100% cobre seguro y confiable, doble capa, doble proteccion. No recomendado para instalaciones a la intemperie

Construccion:

- Conductor: Cobre blando, clase 2.
- Aislamiento: Compuesto termoplastico libre de halogenos HFFR, doble capa.

Principales características:

No propaga el incendio, baja emision de humos densos y libre de halogenos.

Seccion:

Desde 1,5 mm² hasta 10 mm².

Marcacion:

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V Seccion - Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

Desde 1,5 mm² hasta 6 mm² en rollos estandar de 100 metros.

Cables de 10 mm² en carretes.

Color:

A solicitud del cliente.



NORMAS

Internacional IEC 60228;
IEC 60332-1-2;
IEC 60332-3-24 Cat. C;
IEC 60684-2; IEC 60754-1;
IEC 60754-2; IEC 61034-2

Nacional NTP 370.252; NTP-
IEC 60228; UL 2556



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Libre de plomo
Si



Flexibilidad del
conductor
Clase 2 IEC 60228



Tensión nominal de
servicio Uo/U (Um)
450 / 750 V



Corrosividad de los
gases
Cero Corrosividad
IEC 60754-2



Densidad de los
humos
Nula Emisión de
Humos - IEC
61034.2



No propagación de
la llama
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del
incendio
IEC 60332-3-24

- Ficha técnica de sección de cable (INDECO, 2023)



FREETOX NH-80 450/750 V menor o igual a 10 mm2 en doble capa.

FREETOX NH-80 450/750 V 10 mm2 NG, CARRETE

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Características de construcción	
Libre de halógenos	IEC 60754-1
Libre de plomo	Si
Flexibilidad del conductor	Clase 2 IEC 60228
Forma del conductor	Comprimido
Material de aislamiento	Compuesto Termoplástico Libre de Halógenos
Con conductor amarillo/verde	No
Características dimensionales	
Sección del conductor	10 mm ²
Diámetro del conductor	3.7 mm
Mínimo espesor de aislamiento	1.0 mm
Diámetro exterior nominal	5.8 mm
Número de fases	1
Peso aproximado	111 kg/km
Número total de alambres	7
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio U _o /U (Um)	450 / 750 V
Rigidez dieléctrica	2.5 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Capacidad de corriente en aire a 30°C	66 A
Capacidad de corriente en ducto a 30°C	46 A
Capacitancia Nominal	989.0 pF/m
Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C	1.83 Ohm/km
Características de uso	
Corrosividad de los gases	Cero Corrosividad IEC 60754-2
Densidad de los humos	Nula Emisión de Humos - IEC 61034-2
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
No propagador del incendio	IEC 60332-3-24
Temperatura mínima operación	-40 °C
Midspan	Yes
Temperatura máxima operación	80 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	100 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	160 °C



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Libre de plomo
Si



Flexibilidad del conductor
Clase 2 IEC 60228



Tensión nominal de servicio U_o/U (Um)
450 / 750 V



Corrosividad de los gases
Cero Corrosividad
IEC 60754-2



Densidad de los humos
Nula Emisión de Humos - IEC 61034-2



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



No propagador del incendio
IEC 60332-3-24



- Tabla de datos técnicos nh-80

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

ANEXO 13

- Ficha técnica y características de inversor Phoenix 24/48v-5000w
(victronenergy, 2023)

Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter
24/5000

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador

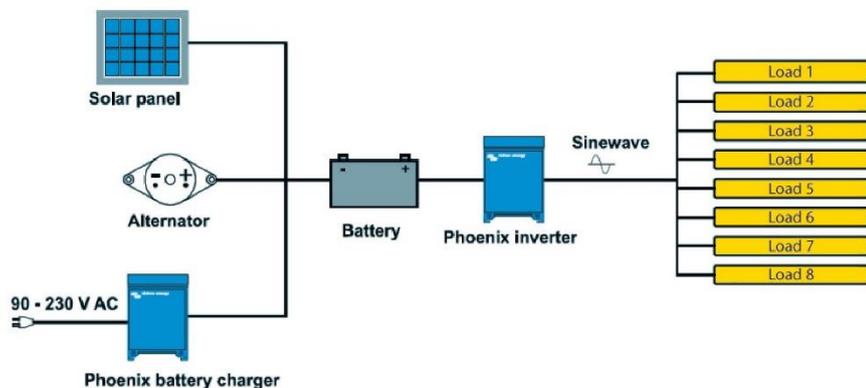
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VENet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Phoenix Inverter Compact
24/1600



- Ficha técnica y características de inversor Phoenix 24/48v-5000w (victronenergy, 2023)

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				

ANEXO 14

- Regulador fotovoltaico Smart solar charge controllers modelo: MPPT 150/100 12/24V (victron energy, 2023)



SmartSolar Charge Controller
MPPT 150/100-Tr VE.Can
with optional pluggable display



SmartSolar Charge Controller
MPPT 150/100-Tr VE.Can
without display



Bluetooth sensing:
Smart Battery Sense



Bluetooth sensing:
BMV-712 Smart Battery Monitor

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a clouded sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points (MPP) may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative SmartSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%.

Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm, and eight pre-programmed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high. PV short circuit and PV reverse polarity protection. PV reverse current protection.

Bluetooth Smart built-in

The wireless solution to set-up, monitor, update and synchronise SmartSolar Charge Controllers.

Internal temperature sensor and optional external battery voltage and temperature sensing via Bluetooth

A Smart Battery Sense or a BMV-712 Smart Battery Monitor can be used to communicate battery voltage and temperature to one or more SmartSolar Charge Controllers.

VE.Can: the multiple controller solution

Up to 25 units can be synchronised with VE.Can

VE.Direct or VE.Can

For a wired data connection to a Color Control GX, other GX products, PC or other devices

Remote on-off

To connect for example to a VE.BUS BMS.

Programmable relay

Can be programmed to trip on an alarm, or other events.

Optional: SmartSolar pluggable LCD display

Simply remove the rubber seal that protects the plug on the front of the controller, and plug-in the display.



SmartSolar pluggable display



- Regulador fotovoltaico Smart solar charge controllers modelo: MPPT 150/100
12/24/48 (victron energy, 2023)

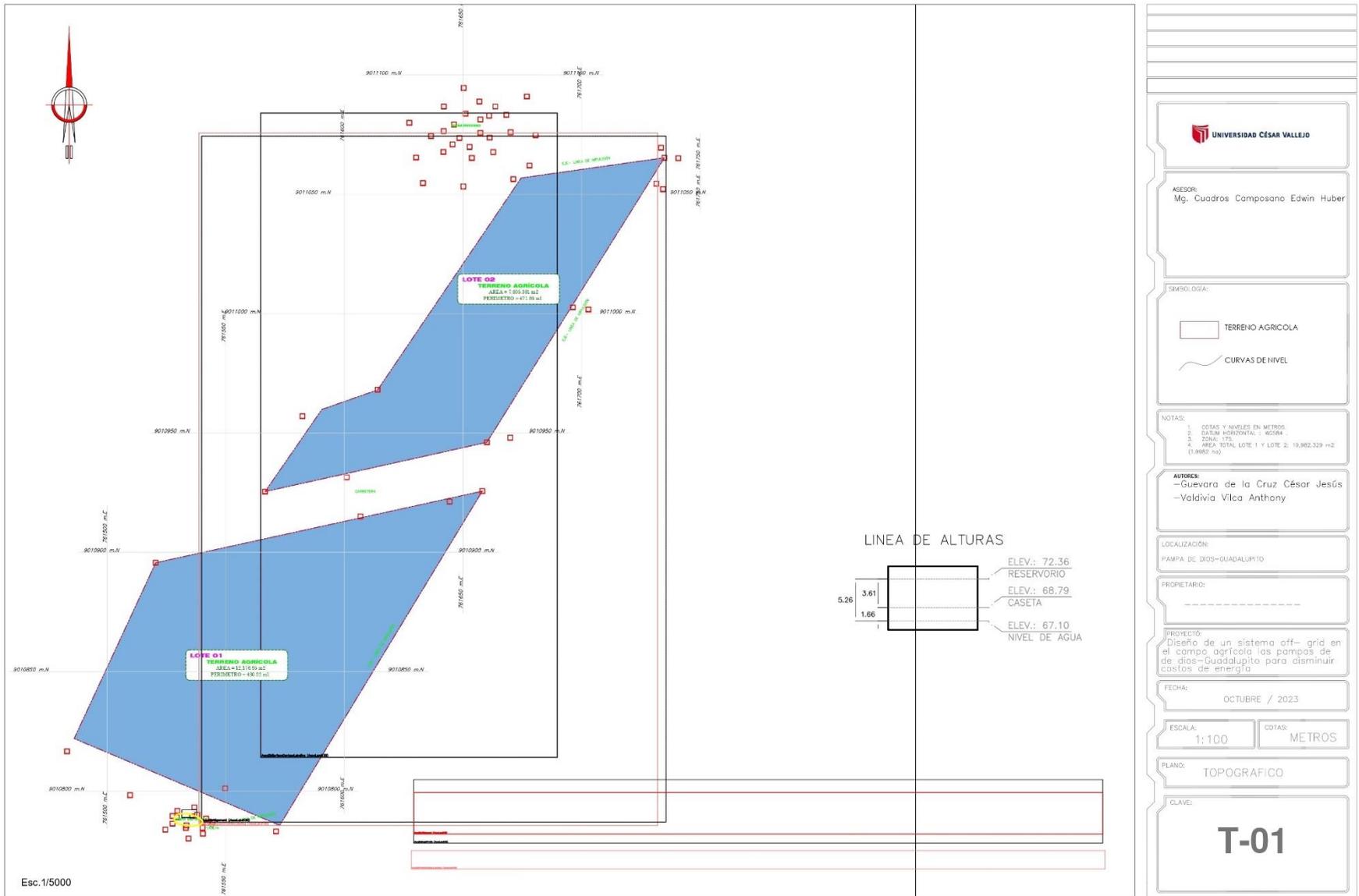
SmartSolar Charge Controller with VE.Can interface	150/70 VE.Can	150/85 VE.Can	150/100 VE.Can (also available without Bluetooth)
Battery voltage	12/24/48V Auto Select (36V: manual)		
Rated charge current	70A	85A	100A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	1000W	1200W	1450W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	2000W	2400W	2900W
Nominal PV power, 36V 1a,b)	3000W	3600W	4350W
Nominal PV power, 48V 1a,b)	4000W	4900W	5800W
Max. PV short circuit current 2)	50A (max 30A per MC4 conn.)	70A (max 30A per MC4 conn.)	
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum		
Maximum efficiency	98%		
Self-consumption	Less than 35mA @ 12V / 20mA @ 48V Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable with: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'float'	Default setting: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (adjustable)		
Charge voltage 'equalization'	multi-stage adaptive (eight preprogrammed algorithms) or user defined algorithm		
Charge algorithm	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Temperature compensation	PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature		
Protection	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)		
Operating temperature	95%, non-condensing		
Humidity	5000m (full rated output up to 2000m)		
Maximum altitude	Indoor, unconditioned		
Environmental condition	PD3		
Pollution degree	VE.Can, VE.Direct and Bluetooth		
Data communication	Yes (2 pole connector)		
Remote on/off	DPST AC rating: 240VAC / 4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC		
Programmable relay	Yes, parallel synchronised operation with VE.Can or Bluetooth		
Parallel operation	ENCLOSURE		
Colour	Blue (RAL 5012)		
PV terminals 3)	35 mm ² / AWG2 (Tr models) Two pairs of MC4 connectors (MC4 models)	35 mm ² / AWG2 (Tr models) Three pairs of MC4 connectors (MC4 models)	
Battery terminals	35mm ² / AWG2		
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)		
Weight	3 kg	4,5kg	
Dimensions (h x w x d) in mm	Tr models: 185 x 250 x 95 mm MC4 models: 215 x 250 x 95 mm	Tr models: 216 x 295 x 103 MC4 models: 246 x 295 x 103	
STANDARDS			
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V. 2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller. 3) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels Maximum current per MC4 connector: 30A (the MC4 connectors are parallel connected to one MPPT tracker)			



With VE.Can or Bluetooth up to 25 Charge Controllers can be daisy-chained and connected to a Color Control GX or other GX device
Each Controller can be monitored individually, for example on a Color Control GX and on the VRM website (VE.Can)
or on a smartphone or iPad (Bluetooth)

ANEXO 15

- Plano topográfico del campo agrícola la pampa de dios, distrito de Guadalupe (elaboración propia)



ASESOR:
Mg. Cuadros Composano Edwin Huber

SIMBOLOGIA:

TERRENO AGRICOLA
CURVAS DE NIVEL

NOTAS:

1. COTAS Y NIVELES EN METROS
2. DATUM HORIZONTAL: NGM-84
3. ZONA: LTS
4. AREA TOTAL LOTE 1 Y LOTE 2: 316,44 m² (1.9892 ha)

AUTORES:

-Guevara de la Cruz César Jesús
-Valdivia Vilca Anthony

LOCALIZACIÓN:

PAMPA DE DIOS-GUADALUPE

PROPIETARIO:

PROYECTO:

Diseño de un sistema off-grid en el campo agrícola las pampas de dios-Guadalupe para disminuir costos de energía

FECHA:

OCTUBRE / 2023

ESCALA:

1:100

COTAS:

METROS

PLANO:

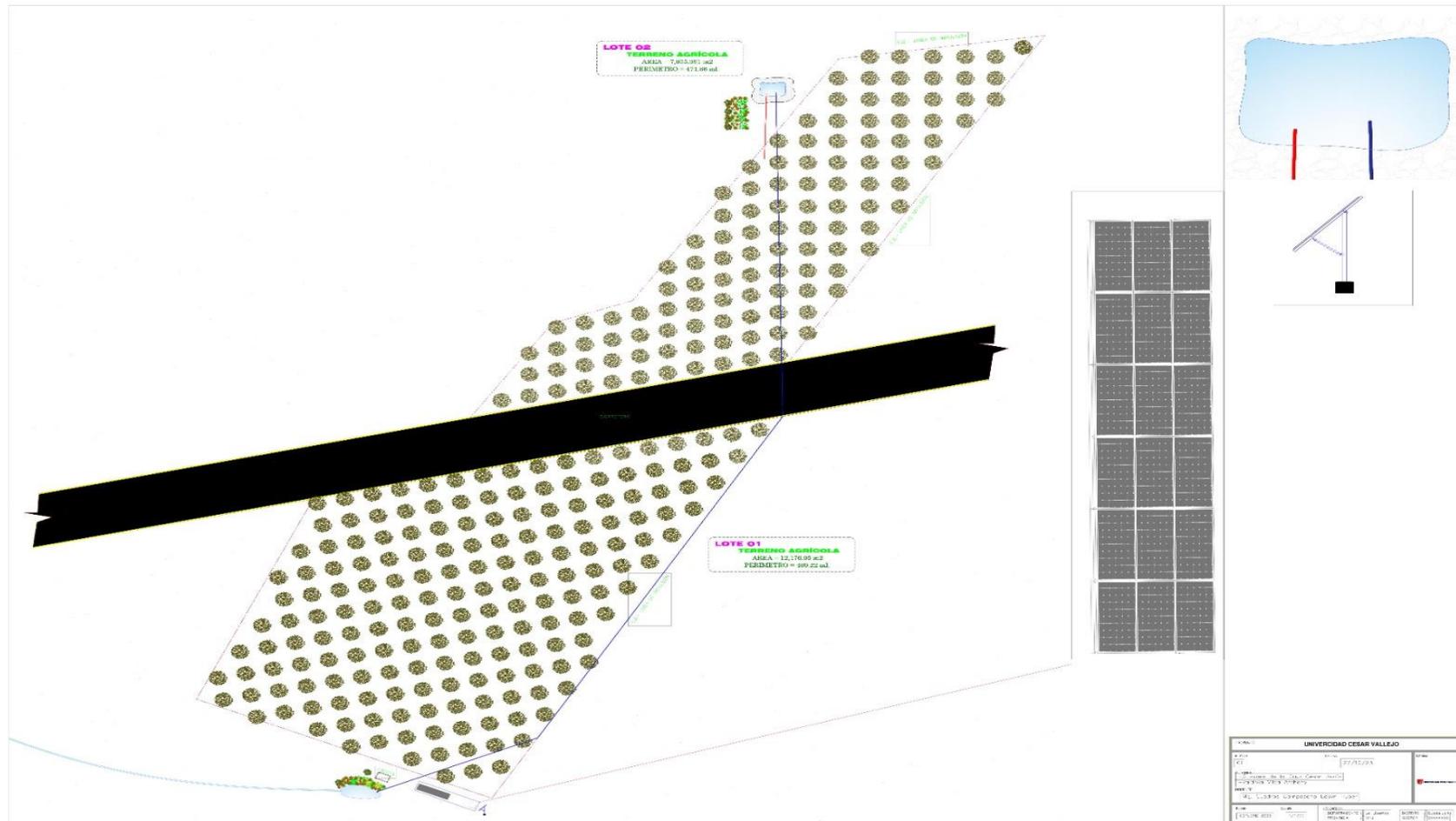
TOPOGRAFICO

CLAVE:

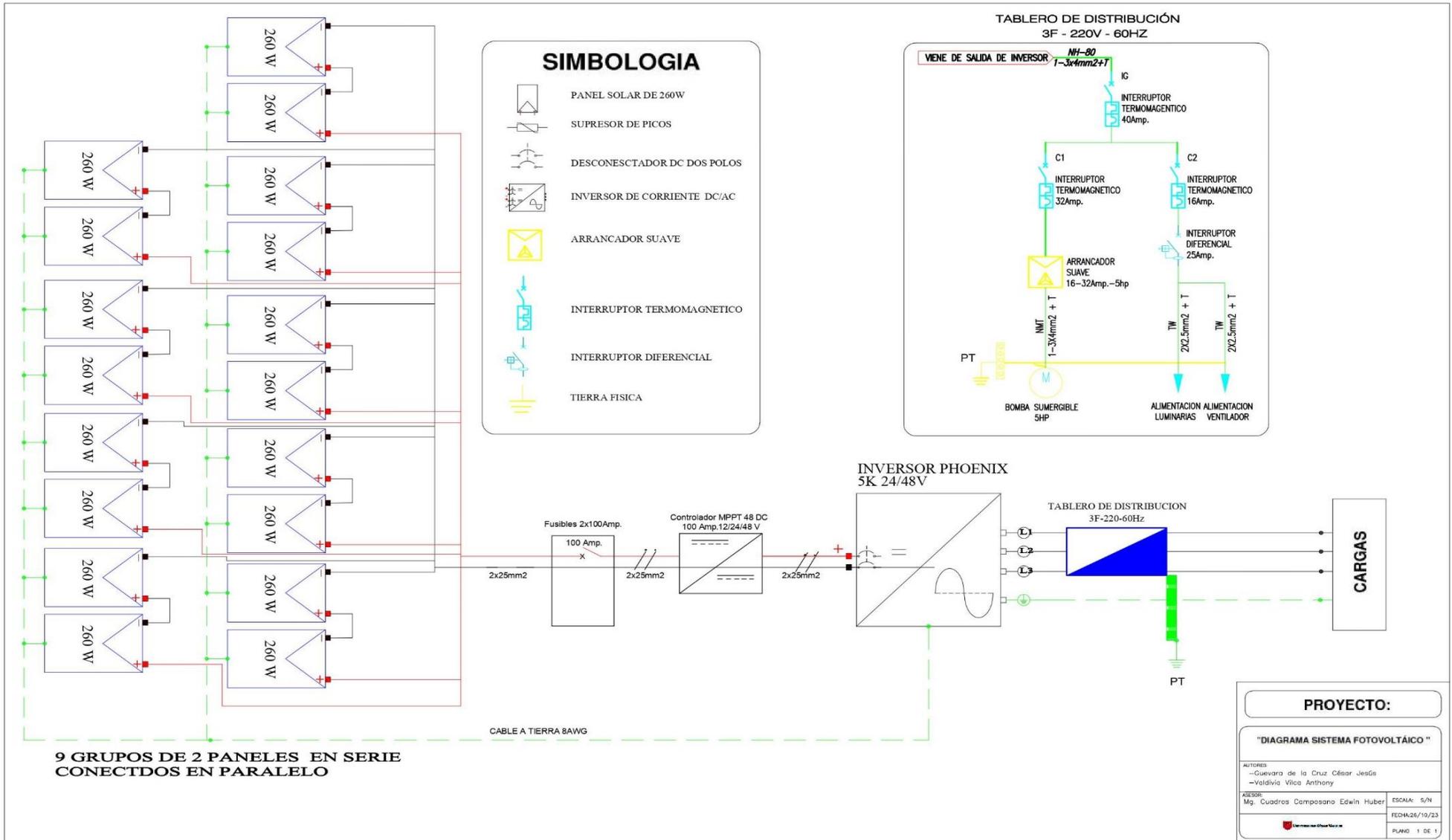
T-01

ANEXO 16

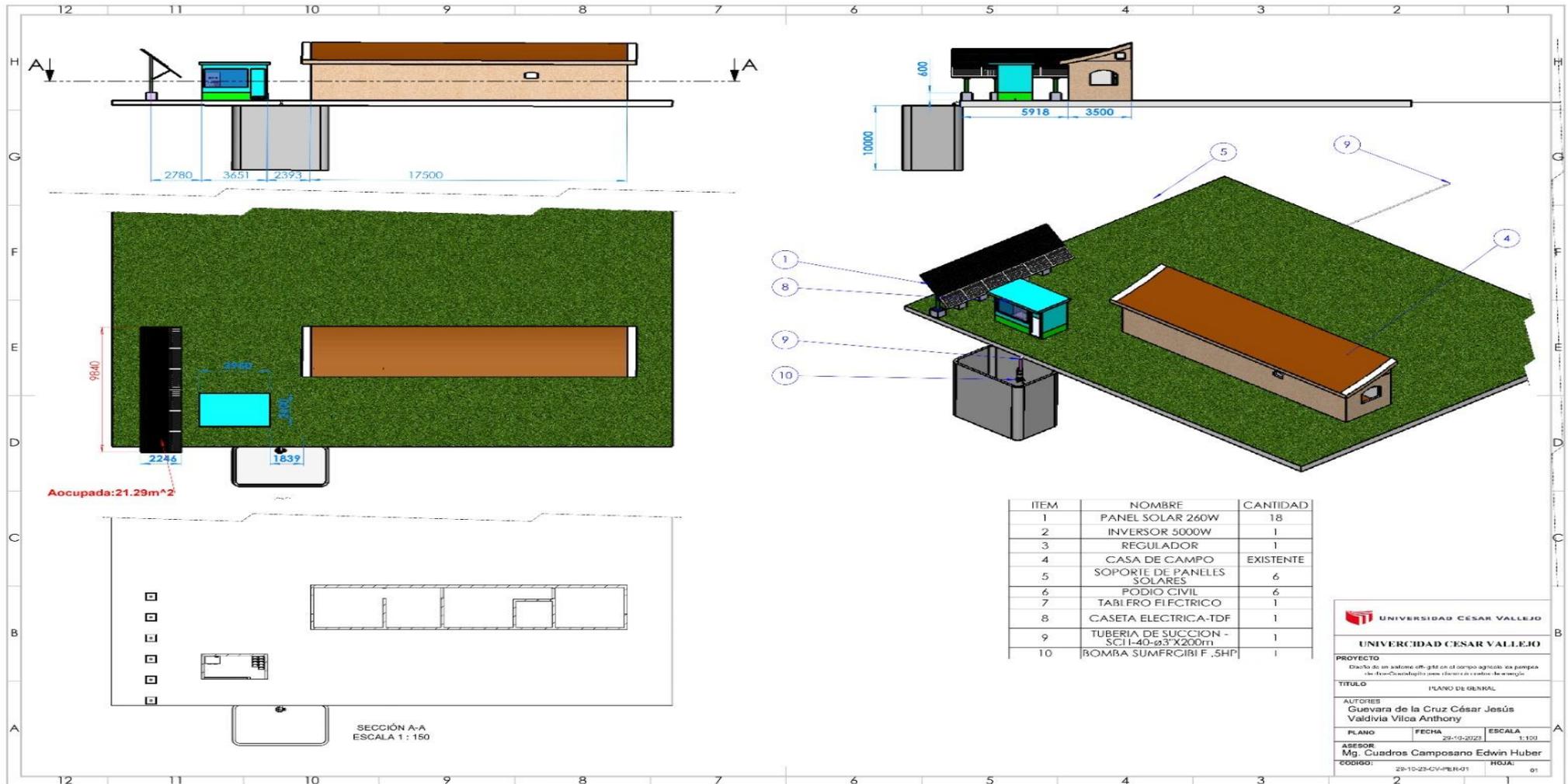
- Plano de Ubicación del sistema off- grid en el campo agrícola la pampa de dios, distrito de Guadalupe (elaboración propia)



ANEXO 17: Plano del diagrama Unifilar del sistema off- grid (elaboración propia)

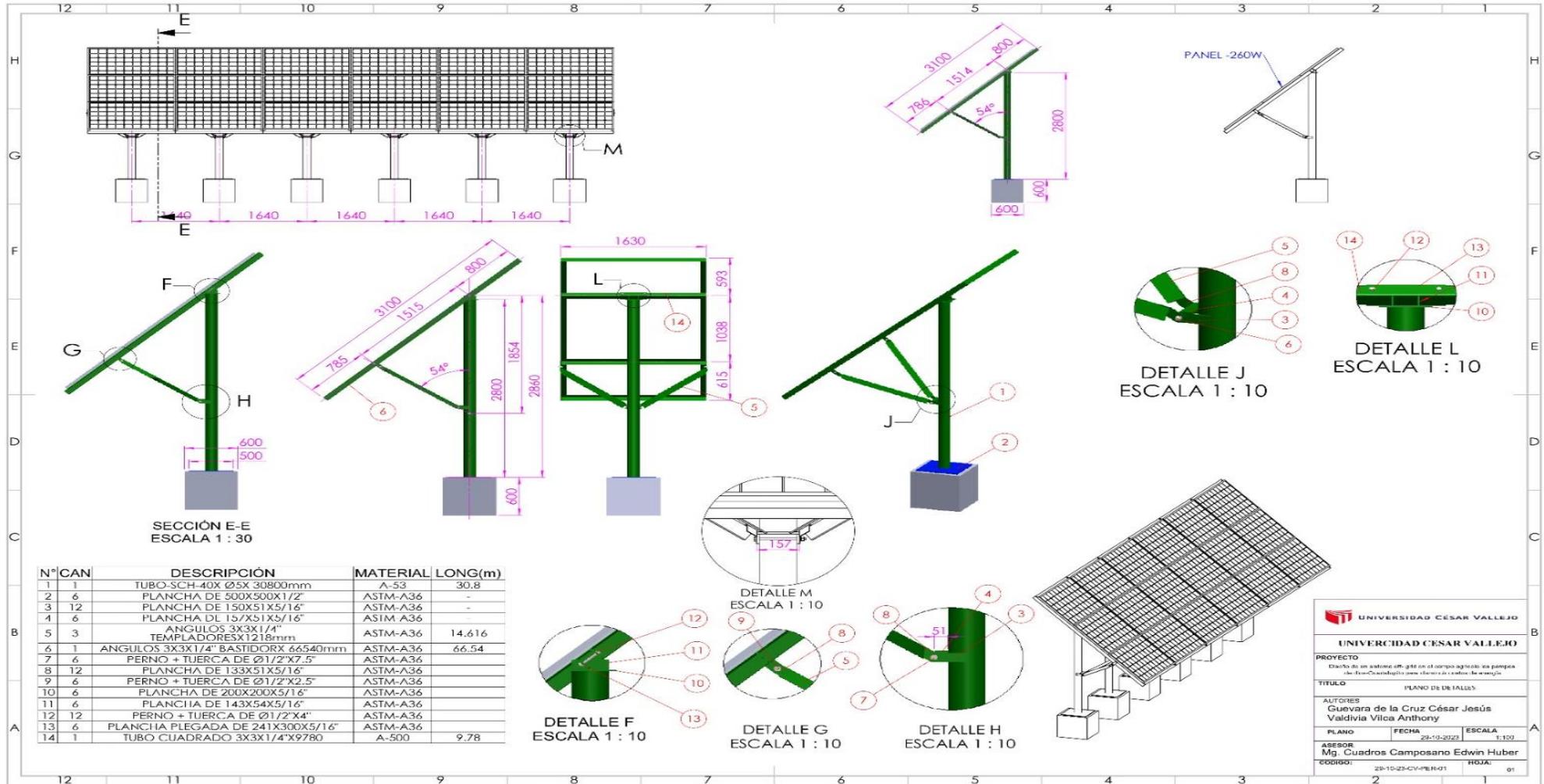


ANEXO 18: Diseño del sistema off – grid en el campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupe, provincia de Virú, Departamento de la Libertad. (elaboración propia)

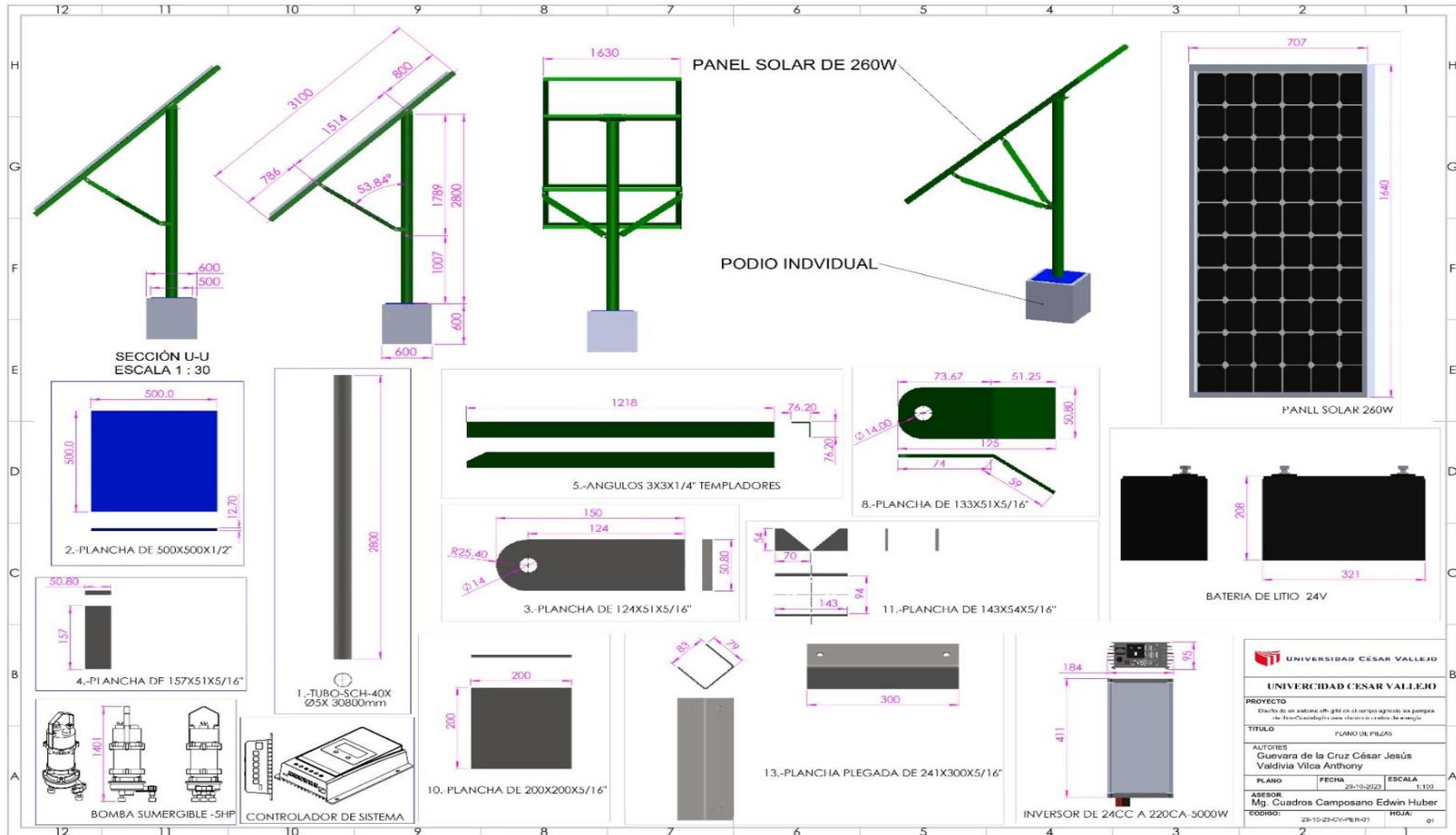


ANEXO 19

- Diseño de estructuras para los paneles solares del sistema off – grid en el campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupito, provincia de Virú, Departamento de la Libertad. (elaboración propia)



- Diseño de estructuras para los paneles solares del sistema off – grid en el campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupe, provincia de Virú, Departamento de la Libertad. (elaboración propia)



ANEXO 21

- Metrado del sistema off – grid en el campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupito, provincia de Virú, Departamento de la Libertad. (elaboración propia)

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO														
PLANILLA DE METRADOS														
	PROYECTO:		Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de dios- Guadalupito para disminuir costos de energía											
	LUGAR:		Guadalupito											
	FECHA:		29/10/2023											
	ESPECIALIDAD:		METAL MECÁNICA-ELÉCTRICA-CIVIL											
3.00 METRADO-ESTRUCTURA-CIVIL-ELECTRICO														
3.1 PLANO DE DETALLES														
ELEMENTOS	MATERIAL	N° Element	N° Veces	Largo	Ancho	Espesor	Area	Volumen	Densidad	Peso (kg)	Peso (kg/ml)	Parcial (kg)	Peso + Desperd	
TUBO SCH-40X Ø5X 30800mm	A-53	1	1	30.8							21.77	670.516	737.57	
PLANCHA DE 500X500X1/2"	ASTM A-36	1	11	0.5	0.5	0.0127	0.25	0.003175	8027	25.485725		280.34	308.38	
PLANCHA DE 150X51X5/16"	ASTM A-36	1	22	0.15	0.051	0.007938	0.00765	6.07E-05	8027	0.487445194		10.72	11.80	
PLANCHA DE 157X51X5/16"	ASTM A-36	1	11	0.157	0.051	0.007938	0.00801	6.36E-05	8027	0.510192636		5.61	6.17	
ANGULOS 3X3X1/4" TEMPLADORESX1218mm	ASTM A-36	1	22	1.22							7.13	191.3692	210.51	
ANGULOS 3X3X1/4" BASTIDORX 73090mm	ASTM A-36	1	1	73.09							7.13	521.1317	573.24	
PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X7.5"	ASTM A-36	1	11											
PLANCHA DE 133X51X5/16"	ASTM A-36	1	44	0.133	0.051	0.007938	0.00678	5.38E-05	8027	0.432201405		19.02	20.92	
PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X2.5"	ASTM A-36	1	11											
PLANCHA DE 200X200X5/16"	ASTM A-36	1	11	0.2	0.2	0.007938	0.04	0.000318	8027	2.54873304		28.04	30.84	
PLANCHA DE 143X54X5/16"	ASTM A-36	1	11	0.143	0.54	0.007938	0.07722	0.000613	8027	4.920329134		54.12	59.54	
PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X4"	ASTM A-36	1	22						8027					
PLANCHA PLEGADA DE 241X300X5/16"	ASTM A-36	1	11	0.241	0.3	0.007938	0.0723	0.000574	8027	4.60683497		50.68	55.74	
TUBO CUADRADO 3X3"X4X18000mm	A-500	1	1	30.8							8.59	264.572	291.03	
											SUTOTAL	2,096.12		
											DESPERDICIO	10%	209.611952	
											PESO TOTAL		2305.73147	
3.2 PLANO DE ENSAMBLE														
ELEMENTOS	MATERIAL	N° Element	N° Veces	Largo	Ancho	Espesor	Area	Volumen	Densidad	Peso (kg)	Peso (kg/ml)	Parcial (kg)	Peso + Desperd	
PANEL SOLAR 260W	-	1	31											
INVERSOR 10000W	-	1	1											
REGULADOR	-	1	1											
CASETA ELECTRICA-TDF 1	-	1	1											
BATERIA DE LITIO	-	1	9											
BOMBA SUMERGIBLE ,7HP	-	1	1											
PODIO CIVIL+BASE CIVIL	-	1	11											
TUBERIA DE SUCCION -SCH-40-ø3"X200m	-	1	1	200							11.29	2258	2483.8	
											SUTOTAL	2,258.00		
											DESPERDICIO	10%	225.8	
											PESO TOTAL		2483.8	

ANEXO 22

- Presupuesto del sistema off – grid en el campo agrícola las pampas de dios, distrito de Guadalupe, provincia de Virú, Departamento de la Libertad. (elaboración propia)

 Universidad César Vallejo PRESUPUESTO					
SERVICIO: Diseño de un sistema off- grid en el campo agrícola las pampas de dios-Guadalupe para disminuir costos de energía					
CLIENTE:			FECHA DE PRESUPUESTO		29/10/2023
LUGAR: Guadalupe					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD DE MEDIDA	METRADO	PRECIO UNITARIO	TOTAL/ SUBTOTAL
1.00	SUMINISTRO Y ACCESORIOS PARA PROTECCION				S/5,250.00
1.0.1	POZOS A TIERRA	GLB	2.00	1,500.00	3,000.00
1.0.2	TABLERO ELÉCTRICO Y PROTECCIONES	UND	1.00	1,500.00	1,500.00
1.0.3	CABLEADO	MT	26.00	25.00	650.00
1.0.4	ACCESORIOS Y OTROS	UND	1.00	100.00	100.00
2.00	ESTRUCTURAS METALICAS-ELECTRICAS -CIVL				59,217.84
2.10	ESTRUCTURAS METALICAS-ELECTRICAS -CIVL				4,815.04
3.1.1	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBO-SCH-40X Ø5X 30800mm FEN	KG	368.79	4.00	1,475.14
3.1.2	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 500X500X1/2" FEN	KG	154.19	4.00	616.76
3.1.3	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 150X51X5/16" FEN	KG	5.90	4.00	23.60
3.1.4	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 157X51X5/16" FEN	KG	3.09	4.00	12.34
3.1.5	FABRICACION Y MONTAJE DE ANGULOS 3X3X1/4" TEMPLADORESX1218mm	KG	105.26	4.00	421.02
3.1.6	FABRICACION Y MONTAJE DE ANGULOS 3X3X1/4" BASTIDORX 73090mm FEN	KG	286.62	4.00	1,146.48
3.1.7	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X7.5"	UND	5.50	10.00	55.00
3.1.8	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 133X51X5/16"	KG	10.46	4.00	41.84
3.1.9	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X2.5"	UND	5.50	10.00	55.00
3.1.10	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 200X200X5/16"	KG	14.02	4.00	56.08
3.1.11	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA DE 143X54X5/16"	KG	27.06	4.00	108.24
3.1.12	FABRICACION Y MONTAJE DE PERNO + TUERCA DE Ø1/2"X4"	UND	11.00	10.00	110.00
3.1.13	FABRICACION Y MONTAJE DE PLANCHA PLEGADA DE 241X300X5/16"	KG	27.87	4.00	111.48
3.1.14	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBO CUADRADO 3X3"X4X18000mm	KG	145.52	4.00	582.06
3.20	PLANO DE ENSAMBLE				54,402.80
3.2.1	SUMINISTRO Y MONTAJE DE PANEL SOLAR 260W	UND	36.00	800.00	28,800.0
3.2.2	SUMINISTRO Y MONTAJE DE INVERSOR 5000W -48V	GLB	1.00	3,500.00	3,500.0
3.2.3	SUMINISTRO Y MONTAJE DE REGULADOR	GLB	1.00	1,000.00	1,000.0
3.2.5	SUMINISTRO Y MONTAJE DE BOMBA SUMERGIBLE ,5HP	GLB	1.00	5,000.00	5,000.0
3.2.6	CONSTRUCCION PODIO CIVIL+BASE CIVIL	UND	6.00	200.00	1,200.0
3.2.7	FABRICACION Y MONTAJE DE TUBERIA DE SUCCION -SCH-40-Ø3"X200m	KG	2,483.80	6.00	14,902.8
COSTO DIRECTO DE OBRA (NUEVOS SOLES)					S/64,467.84



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 1 1/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados^(*).

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD				SCH-40			XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-	
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-	-	
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66	
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62	
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34	
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1	
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62	

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 24

Ficha técnica de tubo cuadrado de acero ASTM A500 (Fiorellarepre,2023)

TUBO CUADRADO DE ACERO ASTM A500



TUBOS ACERO A500

El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

Tolerancias	
Espesor	+/- 10%
Longitud	+127 / -64

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
20 x 20	3/4" x 3/4"	0.9	0.493
		1.5	0.857
		2	1.040
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.061
		2	1.460
		2.5	1.67
		3.0	1.93
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.2	1.04
		1.5	1.300
		1.8	1.68
		2	1.86
		2.5	2.17
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5	1.770
		1.8	2.03
		2	2.244
		2.5	2.67
		3	3.320
		4.5	4.52
50 x 50	2" x 2"	1.2	1.873
		1.5	2.250
		1.8	2.70
		2	3.122
		2.5	3.872
		3	4.316
		4	5.45
		4.5	6.02
60 x 60	2 1/2" x 2 1/2"	2	3.56
		2.5	4.39
		3	5.19
		4	6.71
		4.5	7.43
75 x 75	3" x 3"	1.5	3.405
		2	4.500
		2.5	5.560
		3	6.810
		4	8.59
		4.5	9.55
		6	13.11
100 x 100	4" x 4"	2	6.165
		2.5	7.675
		3	9.174
		4	12.133
		4.5	13.594
		6	16.980
		9.5	25.70
125 x 125	5" x 5"	3	11.310
		4	14.870
		4.5	16.620
		4.7 (3/16")	17.81
		6	21.690
150 x 150	6" x 6"	6.35 (1/4")	23.24
		3	13.670
		4	18.01
		4.5	20.8
200 x 200	8" x 8"	6	27.386
		3	18.38
		4	24.29
		4.5	27.21
		4.7	29.21
		6.0	35.82
		8	46.9
		9	52.34
250 x 250	10" x 10"	9.5	56.08
		4.7 (3/16")	36.857
		6	45.24
300 x 300	12" x 12"	6	54.66
		8	72.06

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Ángulo de Acero ASTM A36



ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar. Longitud 6m.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

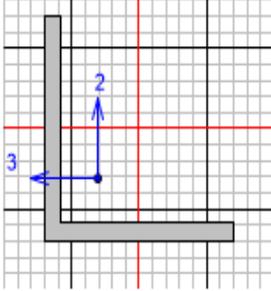
Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
		6.0	1/4"	17.144
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
		6.0	1/4"	20.894
50 x 50	2" x 2"	3.0	1/8"	14.733
		4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	9.5	3/8"	41.966
		4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
		8.0	5/16"	44.645
75 x 75	3" x 3"	9.5	3/8"	52.681
		4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
		8.0	5/16"	54.467
100 x 100	4" x 4"	9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932
		6.0	1/4"	58.932
		8.0	5/16"	73.218
		9.5	3/8"	87.504
		12	1/2"	114.288

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

ANEXO 28

Cálculo del ángulo estructural (elaboración propia)

Uni



AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Kgf, m, C

Frame : 4	X Mid: 0.368	Combo: DSTL1	Design Type: Brace
Length: 1.859	Y Mid: 0.656	Shape: ANGULO DE 3X3X1/	Frame Type: SMF
Loc : 0.	Z Mid: 1.48	Class: Compact	Princpl Rot: 45. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0.95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0.005	AlphaPr/Pe=0.014	Tau_b=1.
EA factor=0.8	EI factor=0.8	Ignore Seismic Code? No
Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes	

SDC: D	I=1.	Rho=1.	Sds=0.5
R=8.	Omega0=3.	Cd=5.5	
PhiB=0.9	PhiC=0.9	PhiTY=0.9	PhiTF=0.75
PhiS=0.9	PhiS-RI=1.	PhiST=0.9	

A=9.274E-04	I33=0.	r33=0.024	S33=9.450E-06	Av3=4.839E-04
J=0.	I22=0.	r22=0.024	S22=9.450E-06	Av2=4.839E-04
Ae=9.274E-04	Se33=9.450E-06	Se22=9.450E-06		
Ixy=0.	Imax=0.	rmax=0.03	Smax=1.599E-05	
Rot= 45. deg	Imin=0.	rmin=0.015	Smin=6.939E-06	
E=2.039E+10	Fy=35153481.3	Ry=1.1	z33=1.702E-05	
RLLF=1.	Fu=45699525.7		z22=1.702E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL1)

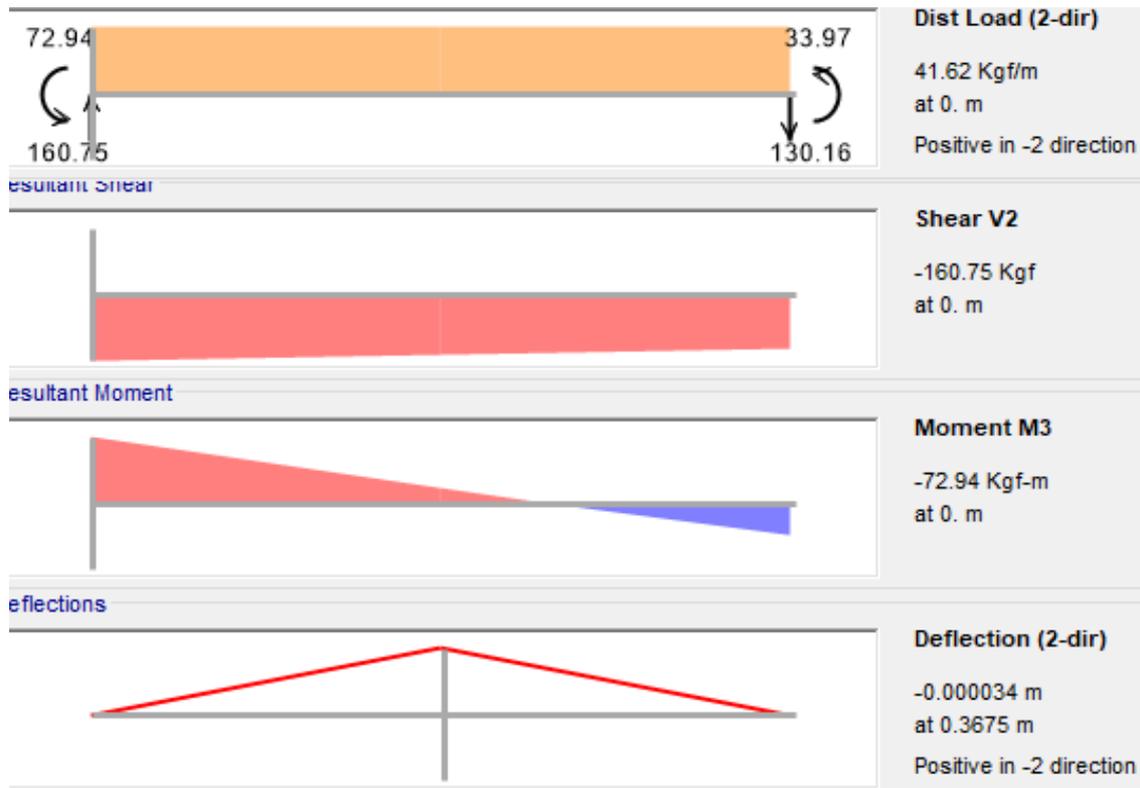
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.	-174.941	-35.581	-21.121	-31.432	-14.422	-0.068

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)

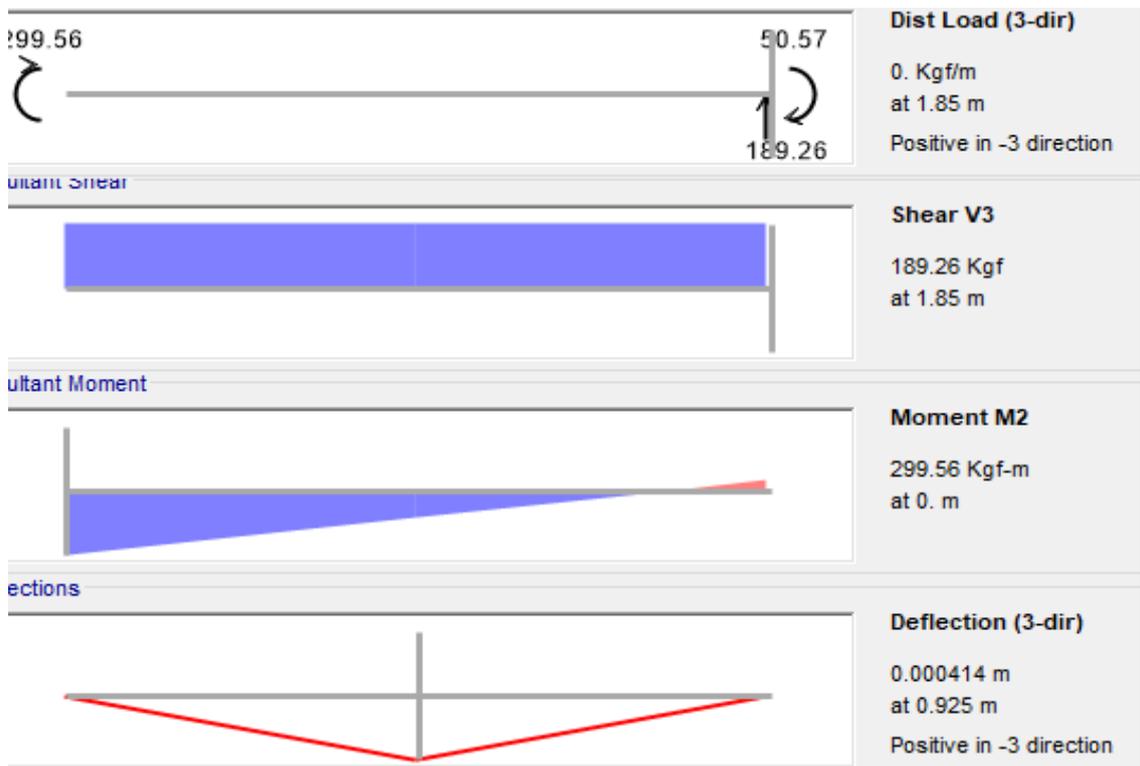
D/C Ratio: 0.12 = 0.018 + 0.071 + 0.031
 = fa/Fa + fbw/Fbw + fbx/Fbx



- Diagramas de momentos mediante el software Sap2000. (Elaboración propia)



- Diagrama de simulación cortante máximo mediante Sap2000. (Elaboración propia)



ANEXO 30

Ficha técnica para cable de cobre desnudo en temple duro. (Condelmex, 2023)

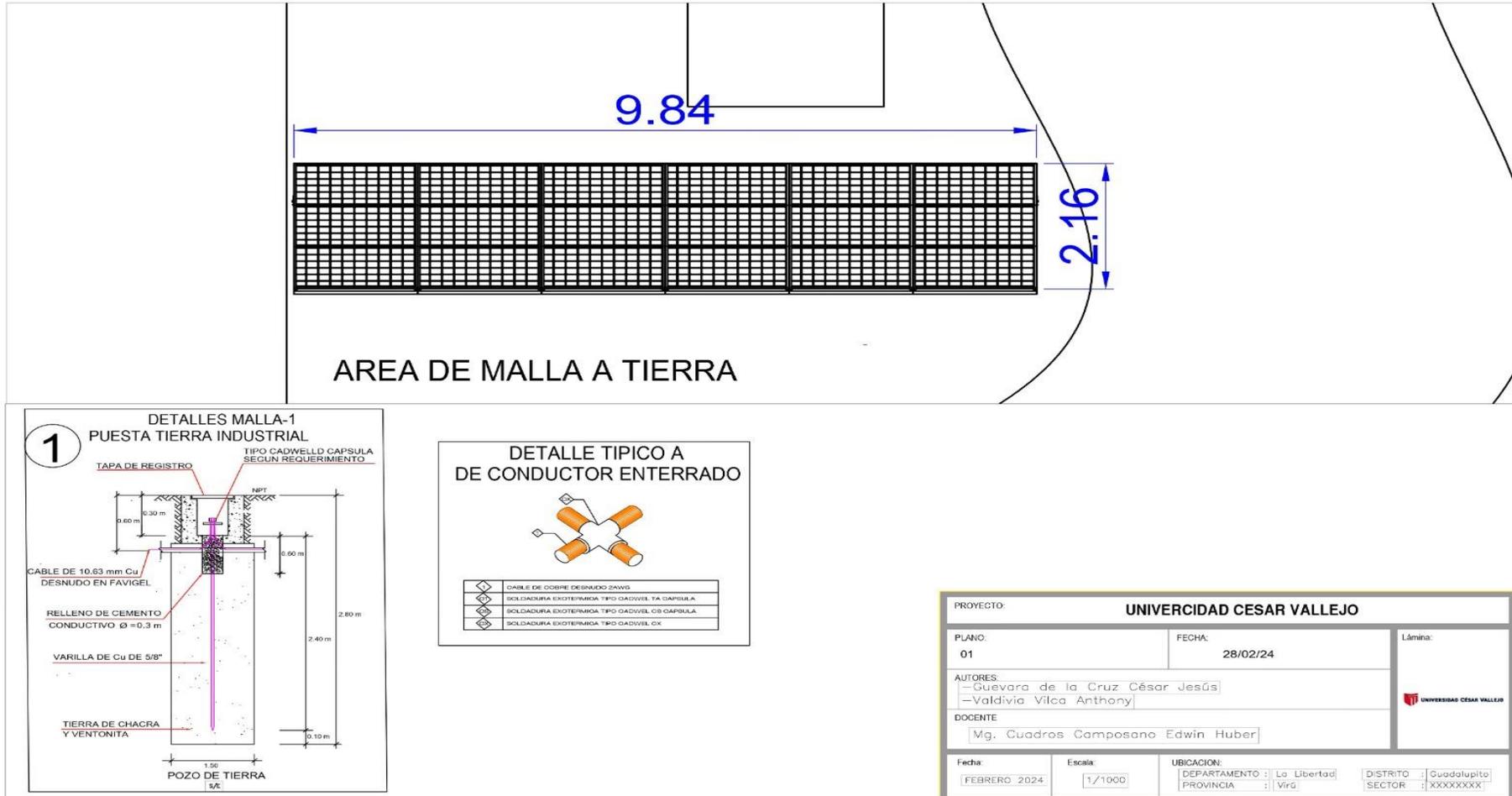
CABLE DE COBRE DESNUDO EN TEMPLE DURO								
Tamaño o designación	Área nominal de la sección transversal	Peso aproximado	Capacidad de conducción de corriente ⁽¹⁾	Clase	Número de hilos	Esfuerzo a la ruptura mínimo	Resistencia eléctrica CD a 20°C	Diámetro total nominal
AWG/kcmil	mm ²	kg/km	Amperes			MPa	ohm / km	mm
6	13.30	120.6	130	B	7	398	1.375	4.67
4	21.15	191.8	180	A y B	7	407	0.865	6.46
2	33.62	304.9	230	A y B	7	402	0.544	7.42
1	42.41	384.6	270	B	19	407	0.431	8.43
1/0	53.48	484.9	310	B	19	407	0.342	9.47
2/0	67.43	611.4	360	B	19	407	0.271	10.63
3/0	85.01	770.9	420	B	19	402	0.215	11.94
250	126,7	1149	540	B	37	407	0.144	14.62
300	152,0	1378	610	B	37	402	0.1203	16.01

NOTA: Datos aproximados sujetos a tolerancia de manufactura.

(1) Calculada para un conductor desnudo, expuesto al sol, operando a una temperatura de 75 °C. Temperatura ambiente: 25 °C, velocidad del viento: 0.61 m/s y emisividad térmica relativa de la superficie del conductor: 0.5

ANEXO 31.

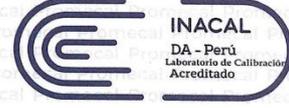
Área de malla y detalles de puesta a tierra del sistema off-grid (Elaboración propia).



- Certificado de calibración de telurómetro utilizado para los cálculos de puesta a tierra. Pag.1



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 040



Registro N° LC - 040

Certificado de Calibración N° 0951-LE-23

PROMECAI S.A.C.

Laboratorio de Calibración

Av. Guillermo Dansey 1094 Urb. Lima Industrial -Lima

Orden de Servicio: 001-00009904
 Solicitante: SERVICIOS INTEGRALES EMPRESARIALES SIEM S.A.C.
 Dirección: CAL.AUGUSTO DURAND NRO. 2721 URB. SAN LUIS, LIMA - LIMA - SAN LUIS
 Instrumento: TELURÓMETRO DIGITAL
 Marca: SONEL
 Modelo: MRU-11
 Número de Serie: E70008
 Código: NO INDICA
 Fecha de Calibración: 2023-08-01
 Fecha de Emisión: 2023-08-01

Procedimiento Utilizado:

La calibración se realizó por el método de comparación, siguiendo los procedimientos:

CAL-PC-01- "Procedimiento para la calibración de telurómetros digitales-validado - PROMECAI S.A.C." para la función de resistencia de puesta a tierra.

PC-021-Segunda Edición-Marzo 2016 "Procedimiento para calibración de Multímetros Digitales-INACAL" para la función de tensión eléctrica.

Condiciones Ambientales:

Temperatura	21,36 °C	±	0,01 °C
Humedad Relativa	47,5 %hr	±	2,2 %hr

Trazabilidad:

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a patrones nacionales, en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABLE	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO
Patrón de INACAL-DM	Década de Resistencia Yokogawa 278620	LE-352-2022
Patrón de INACAL-DM	Calibrador Multifunción Fluke 5500A	LE-324-2022

KARINA LOJA CASTRO
Jefe de Laboratorio de Calibración



Observaciones:

La calibración se realizó en las instalaciones de PROMECAI S.A.C. en el laboratorio de electricidad.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PROMECAI S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

Este certificado de calibración solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de PROMECAI S.A.C.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Incertidumbre:

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre estándar combinada (u) por un factor de cobertura (k). Aproximadamente se expresa un factor k=2, el cual fue determinado según "La guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición" (1995). Generalmente el valor de la magnitud de la medición está dentro del intervalo de los valores asignados con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Av. Guillermo Dansey Nro. 1094 (3er Piso) Lima - Lima - Lima

Central: 715 4250 - Celular: 945 289 488

E-mail: calibraciones@promecal.com.pe



- Certificado de calibración de telurómetro utilizado para los cálculos de puesta a tierra. Pag.2



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 040



Registro N° LC - 040

Certificado de Calibración N° 0951-LE-23

Resultados de Medición

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA (4 POLOS)				
Rango del Instrumento	Indicación del Instrumento	Valor Aplicado	Error de Medición	Incertidumbre
20,00 Ω	1,98 Ω	2,003 Ω	-0,023 Ω	0,015 Ω
	17,91 Ω	18,001 Ω	-0,091 Ω	0,058 Ω
200,0 Ω	20,9 Ω	21,001 Ω	-0,101 Ω	0,085 Ω
	179,6 Ω	179,98 Ω	-0,38 Ω	0,32 Ω
2000 Ω	202 Ω	202,05 Ω	-0,05 Ω	0,91 Ω
	1793 Ω	1800,1 Ω	-7,1 Ω	2,3 Ω
10000 Ω	2001 Ω	2005,0 Ω	-4,0 Ω	4,7 Ω
	8973 Ω	9000 Ω	-27 Ω	12 Ω

TENSIÓN ELÉCTRICA ALTERNA				
Rango del Instrumento	Indicación del Instrumento	Valor Aplicado	Error de Medición	Incertidumbre
100 V @ 60 Hz	9 V	10,00 V	-1,00 V	0,57 V
	49 V	50,00 V	-1,00 V	0,57 V
	89 V	90,00 V	-1,00 V	0,57 V

FIN DEL DOCUMENTO



ANEXO 33

Fotos de visita técnica al campo agrícola las pampas de dios

- medición de resistividad de terreno



- Motobomba actual de 15.7kw (elaboración propia)



- Mediciones topográficas de niveles de terreno (elaboración propia)



- Sistema de riego por goteo (elaboración propia)



- Pozo de agua elevado (elaboración propia)



- Medición de dimensiones del Pozo de agua elevado (elaboración propia)

