



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Diseño de un Sistema Fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica al Fundo Agrícola San Gregorio-Motupe”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. García Tejeda Alejandro (ORCID: 0000-0003-2316-4043)

ASESOR:

Mg. Dávila Hurtado Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO- PERÚ

2020

Dedicatoria

El resultado de esta investigación lo dedico en primer lugar a Dios, por regalarme la vida, bienestar y guiarme en todo momento, así como permitirme lograr mis más anhelados sueños.

A mis padres: Jorge Luis y Luz María, por el gran sacrificio diario que realizan por todos en mi hogar, quienes con amor han inculcado valores, apoyo moral y económico en el transcurso de mi formación académico profesional.

A mis amados hermanos, quienes me respaldaron siempre en toda circunstancia de mi vida.

A mi esposa: Karen Lizeth, por su paciencia y permanecer a mi lado, siempre luchando cada día por lograr nuestros sueños.

A mi hijo: Erick Jadiel, por todas las sonrisas que me regala todos los días al llegar a casa, ser el motivo y empuje que me inspira a seguir adelante para brindarle un mejor futuro.

Alejandro García Tejeda

Agradecimiento

Agradecer a Dios, por su infinito amor, su misericordia quien me ha acompañado siempre en cualquier momento de mi vida y por las más grandes bendiciones que me regalado.

Agradezco a mis padres, por el apoyo incondicional brindado a lo largo del desarrollo de mi carrera profesional quienes con esfuerzo y sacrificio se hicieron camino en la vida y un gran ejemplo a seguir.

Agradezco a mi esposa e hijo, quienes son una de mis grandes bendiciones, así como la fortaleza en todas las decisiones y momentos de vida.

Alejandro García Tejeda

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Trabajos previos.....	5
II MARCO TEÓRICO	9
2.1 Energía solar.....	9
2.2 Sistema fotovoltaico.....	9
2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico	9
2.4 Panel o módulo fotovoltaico	10
2.4.1 Regulador o controlador de carga.....	10
2.4.2 Inversor.....	10
2.5 Rendimiento o eficiencia.....	11
2.6 Baterías.....	12
2.7 Sistema de bombeo	12
2.7.1 Bomba	13
2.7.2 Riego por goteo.....	13
2.8 Formulación del problema	14
2.9 Justificación del estudio	14
2.10 Hipótesis	15
2.11 Objetivos	15
2.11.1 Objetivo general	15
2.11.2 Objetivos específicos.....	15
III METODOLOGÍA.....	16
3.1 Diseño de investigación	16
3.2 Variables, operacionalización	16
3.2.1 Operacionalización de las variables	17

3.3	Población y Muestra	18
3.3.1	Población.....	18
3.3.2	Muestra.....	18
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad 18	
3.4.1	Técnicas	18
3.4.2	Instrumento de recolección de datos.....	18
3.4.3	Validez y confiabilidad.....	19
3.5	Métodos de análisis de datos.....	19
3.6	Aspectos éticos	19
IV	RESULTADOS	20
4.1	Determinar la máxima demanda de Energía Eléctrica en función de la necesidad del recurso hídrico para cultivo de palta tipo Hass.	20
4.1.1	Cálculo de la evapotranspiración	20
4.1.2	Demanda Neta de Cultivo (DNC).....	21
4.1.3	Cálculo del tiempo de riego diario (TRD).....	22
4.1.4	Cantidad de Sectores (C_s)	22
4.1.5	Determinación del caudal de bombeo.....	22
4.1.6	Dimensionamiento de tuberías y sus derivaciones.....	23
4.1.7	Pérdida de Carga.....	24
4.1.8	Selección de la bomba.....	28
4.2	Determinar el potencial de radiación solar promedio, de la zona de influencia del proyecto, mediante aplicación del método Weibull.....	30
4.2.1	Ubicación del Fundo San Gregorio.....	30
4.3	Análisis probabilidad de Weibull	31
4.4	Distribución de Weibull.....	31
4.5	Determinar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico, que permitan abastecer la demanda de energía del fundo.	35
4.5.1	Cálculo de la energía requerida por el sistema	35
4.5.2	Selección del número de paneles solares (N_t).....	36
4.5.3	Selección de la batería	37
4.5.4	Selección del controlador de carga.....	38
4.5.5	Selección del inversor	38
4.5.6	Selección del conductor.....	39

4.6 Realizar una evolución económica del proyecto mediante los indicadores VAN Y TIR.	40
4.6.1 Presupuesto.....	40
4.6.2 Ingresos.....	40
4.6.3 Egresos	40
4.6.4 Flujo de caja	41
V DISCUSIÓN.....	42
VI CONCLUSIONES	43
VII RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	47

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de variables	17
Tabla 2. Técnicas de validación	18
Tabla 3. Evapotranspiración.....	20
Tabla 4. Métodos de riego.....	21
Tabla 5 Cuadro de perdidas	26
Tabla 6. Tabla de accesorios	27
Tabla 7. Tabla de factores.....	33
Tabla 8. Cuadro de probabilidades	34
Tabla 9. Presupuesto	40
Tabla 10. Ingresos y egresos	41
Tabla 11. Niveles de radiación solar-Enero.....	48
Tabla 12. Niveles de radiación solar-Febrero.....	49
Tabla 13. Niveles de radiación solar-Marzo	50
Tabla 14. Niveles de radiación solar-Abril	51
Tabla 15. Distribución de Weibull-1	52
Tabla 16. Distribución de Weibull-2.....	53

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de Energías Renovables.....	1
Figura 2. Evolución de electricidad rural y nacional.....	3
Figura 3. Flujo de energía en sistemas fotovoltaicos.....	9
Figura 4. Elementos del sistema fotovoltaico.....	9
Figura 5. Modulo fotovoltaico.....	10
Figura 6. Baterías	12
Figura 7. Sistema de bombeo.....	12
Figura 8.Bomba sumergible	13
Figura.9 Tramos de tuberías.....	25
Figura 10. Bomba 4SR75G/50	29
Figura 11 .Ubicación geográfica del fundo San Gregorio	30
Figura 12. Modelo de batería.....	37
Figura 13 Inversor.....	38
Figura 14. Inversor de corriente	56
Figura 15. Especificaciones técnicas de inversor.....	57
Figura 16. Panel solar	58
Figura 17. Especificaciones técnicas de panel solar	59

Resumen

La presente investigación se desarrolló debido a que el Fundo Agrícola San Gregorio, ubicado en el distrito de Motupe, no cuenta con suministro eléctrico; lo cual en estos momentos es un problema y al mismo tiempo necesidad evidente para un buen desempeño de las actividades agrícolas, así como el bienestar de los trabajadores del fundo, siendo esta la principal razón es que se realizó un estudio para diseñar un sistema fotovoltaico que proporcione energía suficiente y cubrir los requerimientos de esta en el fundo agrícola.

La falta de este recurso, obliga al dueño del fundo a consumir combustibles fósiles como es el diésel para el funcionamiento de un grupo electrógeno el cual suministra la energía eléctrica, pero también implica gastos excesivos en promedio de s/500 a s/700 mensuales. Por lo cual se planteó en esta investigación un sistema fotovoltaico, que abastezca de energía eléctrica para cubrir las necesidades dentro del fundo tales como: sistema de bombeo de agua, alumbrado, etc.

Este diseño está considerado con 3 días de autonomía, generando 17kwh con ello se abastecerá al fundo, el mismo que tiene un consumo promedio al día de 13,4kw/h. Se seleccionaron los mejores equipos electromecánicos y evaluación económica óptima.

Palabras claves: Energía eléctrica, Sistema fotovoltaico, evaluación económica.

Abstract

The present investigation was developed because the San Gregorio Agricultural Fund, located in the Motupe district, does not have electricity supply; which at the moment is a problem and at the same time an obvious need for a good performance of agricultural activities as well as the welfare of the workers, this being the main reason is that a study was conducted to design of a photovoltaic system that provide sufficient Energy and cover the requirements of this in the farm.

The lack of this resource obliges the owner of the farm to consume fossil fuels such as diesel for the operation of a generator set that supplies electric power, but also implies excessive expenses on average of s/ 500 to s/ 700 per month. Therefore, a photovoltaic system was proposed in this investigation which supplies electrical energy to cover the needs within the farm, such as: water pumping system, lighting, etc.

The design is considered with 3 days of autonomy, generating 17 kWh with it with be supplied to the farm, which has an average daily consumption of 13.4 kWh. The best electromechanical equipment and optimal economic evaluation were selected.

Keywords: Electricity, Photovoltaic system, Economic evaluation

I INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

A Nivel Internacional

En Francia el uso de las energías renovables es del 5% para producir electricidad, que incluye a las energías solares, eólicas, etc., es decir un valor aun poco significativo para la disminución del uso de combustibles fósiles. (BARBUT, 2009)

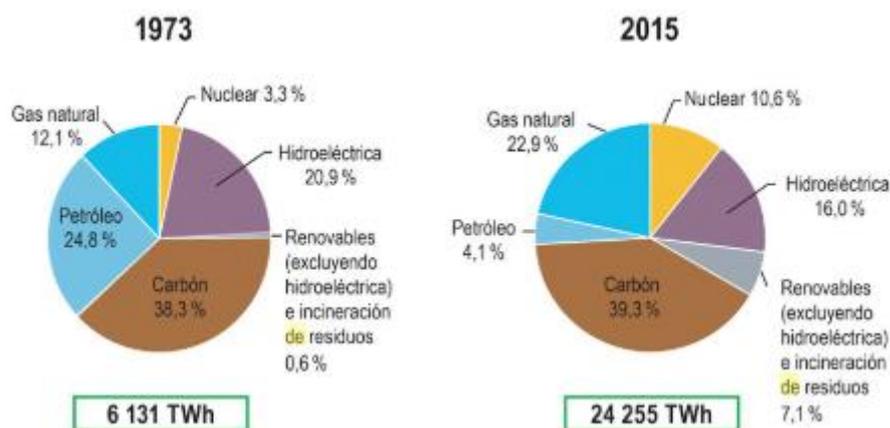


Figura 1. Evolución de Energías Renovables
Fuente: Miguel Moreno Vallina, 2018

En los últimos años, muchos países en sus políticas energéticas incluyen el incentivo de la energía fotovoltaica, específicamente en Europa, paises como Alemania y España lideran la generación de este tipo de energía; sin embargo el problema fundamental es la poca eficiencia de los equipos que captan ña energía, lo que encarece el sistema. El uso de la energía fotovoltaica para fines de electrificación rural se ha incrementado en todos los países de Europa, sin embargo la competencia de precios con otros tipos de energía, sigue siendo uno de los principales causas por el cual el crecimiento no es acentuado; por lo tanto muchos países de la Unión Europea han fijado políticas energéticas en cada país, a fin de incentivar el uso de esta energía, innovando tecnología con el afán de incrementar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, siendo de esa manera más competitivos con los demás sistemas convencionales de generación de energía. (Energiza, 2017, p.4)

“A nivel mundial, el 3.2% de las energías son renovables, entre eólicas, solares y mareomotriz, siendo en promedio el 1% de incremento de consumo total de energía por cada año”. (Eurostat, 2018).

En el mundo, aún existen lugares rurales, que no cuentan con energía eléctrica; los organismos gubernamentales con el afán en lograr el desarrollo de estas zonas, ha implementado políticas para que el acceso se realice con energías no convencionales, siendo una de ellas la fotovoltaica, sin embargo la baja capacidad de los pobladores rurales, hace que los pagos de tarifas eléctricas con valores bajos, no sean cumplidos. En algunos casos se utiliza la energía fotovoltaica en zonas rurales para actividad productivas. (Mendieta, 2015, p.2)

Contar con electricidad es una parte fundamental en la actualidad, de ahí que lograr el acceso mundial es fundamentalmente un objetivo de inmenso respaldo internacional. Pero, habido variaciones en los distintos programas inmersos en electrificación en cuanto a su eficiencia, un ejemplo claro, para el año 2013 alrededor de 1.200 millones de habitantes en todo el mundo; no contaban con infraestructura básica.

Para el año 2012 aproximadamente 22 millones de habitantes en Latinoamérica y Caribe, no tuvieron alcance al servicio eléctrico, de acuerdo a Indicadores del Desarrollo Mundial. Al realizar investigaciones a nivel nacional en 16 países de América Latina y el Caribe, el estudio “Rural Electricity Access Penalty In Latin América: Income and Location” estudia 3 aspectos que son cruciales para la disponibilidad de electricidad: ingreso del hogar, ubicación geográfica e ingreso per cápita del país, (JIMÉNEZ & LOPEZ, 2016)

Se calcula que 1.100 millones de habitantes en la actualidad no cuentan con energía eléctrica en el mundo; en Ecuador, el índice de cobertura eléctrica es de 97.04%, el área de la región amazónica del Ecuador (RAE) está la tasa de electrificación más baja. (TEN & BONI, 2016, pág. 5)

La región amazónica del Ecuador, además de tener la diversidad de nacionalidades indígenas del país, es el escenario para debates representativos relacionados con el tema energético. En su territorio se sugieren varias propuestas de transformación

social, que se formulan en torno al Buen Vivir, las cuales difieren con la forma tradicional de desarrollo. (TEN & BONI, 2016, pág. 7).

A nivel nacional

“En el Perú para llegar a un 100% de electrificación en zonas rurales se necesitará una inversión de 260 millones de dólares. Al año 2021, se lograra la cobertura total de energía eléctrica en las zonas rurales” (Ministerio de energía y minas, 2016)

El MEM, implementará 2 mecanismos para usar paneles solares: en primer lugar en el año 2019, instalará 160,000 módulos, posteriormente para el año 2021 se sumaran, 100,000 dispositivos a los ya instalados. Para ambos proyectos se invertirá: 160 millones de dólares para el 2019, 100 millones de dólares en el 2021, así mismo, por su parte el MEM tomara una medida adicional para utilizar redes eléctricas que no utilizarán energías renovables solar. (CENERGIA, 2017).

En el año 2017, en todo el país fue implementado un programa masivo de sistemas de células solares por la compañía de inversión ERGON, instalando 6,000 módulos solares en Amazonas, San Martín, Huánuco, Huancavelica y Puno a favor de 27,000 habitantes con electricidad. (Ministerio de Energía y Minas, 2018).

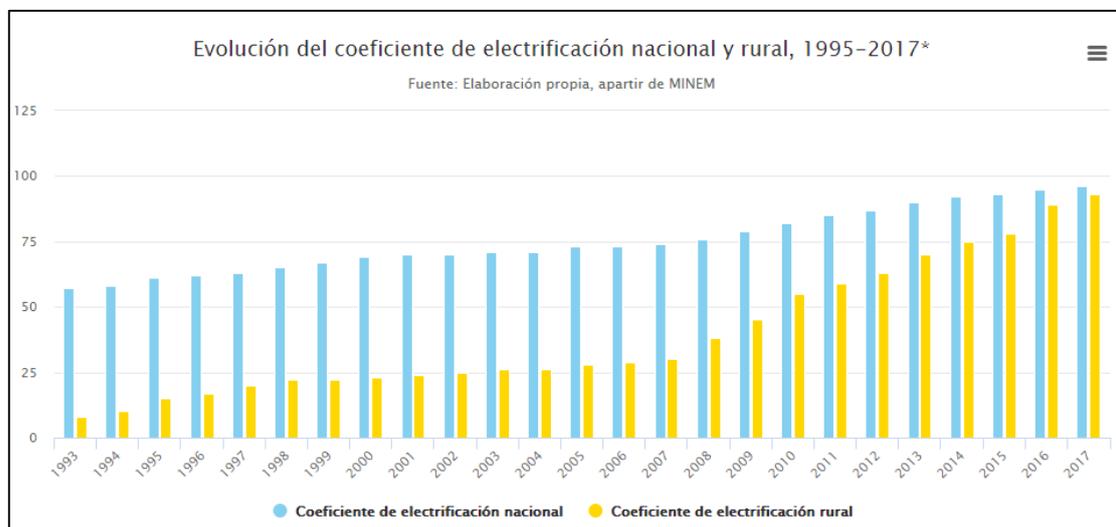


Figura 2. Evolución de electricidad rural y nacional
Fuente: Ministerio de Energía y Minas

“Para el 2008 se dio inicio en Peru al desarrollo de energías amigables con el medio ambiente y con el objeto de mejorar el estilo de vida en su población, tal beneficio

gracias a un nuevo marco legal que contempla la ejecución de licitaciones periódicas y competitivas”. (OSINERGMIN, 2016).

A nivel local

En el fundo Agrícola SAN GREGORIO-MOTUPE, dedicado al cultivo de frutas, palta, maíz, entre otros, no cuenta con el servicio eléctrico para las operaciones propias de la siembra, mantenimiento y cosecha de los cultivos, para lo cual actualmente se utiliza un grupo electrógeno.

El grupo electrógeno suministra energía para la iluminación de los ambientes del fundo, como son las oficinas y almacenes, así como también acciona una la electrobomba de agua que se utilizan para el regadío, por lo que el consumo de combustible está en función al tiempo de operación.

El consumo de combustible es variable cada vez, observando consumo mensual entre 40 y 60 galones, que representan un costo aproximado entre 500y 700 soles, lo cual repercute significativamente en los costos operativos del fundo; el acceso de electricidad del sistema interconectado, esta distante a unos 2km, y en dicho tramo no hay potenciales usuarios, por lo tanto el fundo tendría que asumir los costos de instalación de la red primaria de 10KV, lo cual económicamente hace inviable su interconexión.

1.2 Trabajos previos

(LEÓN & BERRIOS, 2017), en su tesis de grado denominado: **“SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON FEEDFORWARD UTILIZANDO ENERGIA SOLAR EN LA LOCALIDAD DE LA TROCHA-JAYANCA”**, menciona en sus conclusiones:

Se obtendrá un 10 % a 25% de ahorro en recurso hídrico, en relación con control de lazo cerrado habitual.

Este sistema de control avanzado funciona mejor en dificultades relacionadas a lo ambiental.

Para el agricultor será más ventajoso, siendo este sistema automático podrán configurarse los días de riego.

La corrección de humedad se realiza en condiciones más óptimas teniendo un PLC de gama superior porque pueden ingresarse directamente los datos.

Los componentes usados, tendrán un costo más elevado en relación al planeado.

(SÁNCHEZ, 2018), en su tesis de grado, denominado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE USO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR COSTOS DE ENERGIA DEL FUNDO LA VIÑA BATANGRANDE, CHICLAYO”**, presentado a la Universidad Cesar Vallejo-Chiclayo, menciona en sus conclusiones:

Se evaluó el consumo de energía actual en el fundo La Viña, que tiene una demanda máxima de 16242 Watt, con consumo de energía diario de 76540.5 Watt y un factor de carga del 21.15%, siendo la bomba eléctrica de 20HP la mayor potencia, que opera un tiempo de 5 horas, impulsado 960 m³ de agua por semana. En la actualidad la energía eléctrica se obtiene por medio de un grupo electrógeno con un consumo mensual de 2350 soles.

Realizado un análisis de la bomba eléctrica que utiliza electricidad del panel solar, se concluyó que la altura de salida del agua es de 71 m, en un tanque de almacenamiento con capacidad de 320 m³ se almacena la cantidad de agua necesaria, a un caudal de 5.95 litros por segundo. $P_t = 0.883$ m. en las tuberías de succión y descarga son de 0.83 m respectivamente y 28.8 m. de altura dinámica, la potencia de la bomba eléctrica es de 3.58 HP.

Utilizando datos estadísticos, se logró determinar el potencial de radiación solar, así como a partir de mediciones realizadas en la zona. Con el análisis de flujo, es factible determinar que exista una probabilidad de 84.64% que el valor de la radiación solar es 5.09 a las 1:45 pm, siendo valor óptimo para el uso de energía de las células fotovoltaicas, en la transformación del nivel de radiación solar en energía eléctrica.

Se realizó la selección de diversos componentes que intervienen en el sistema fotovoltaico y se concluyó, que son necesarios 18 paneles de 24 vol. y 300 W, 8 baterías de 24V -180 AH, cada una, con un ciclo profundo llamado RITAR, modelo RA 24-180 (24V 180 AH).

En la evaluación económica, se estipuló una inversión inicial del 5% mensual. Con una relación beneficio costo de 1.17, lo cual hace posible que se implemente el proyecto.

(JARA & RAMOS, 2018), en su tesis de grado denominado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO, PECUARIO Y CONSUMO HUMANO UTILIZANDO ENERGIA FOTOVOLTAICA”**, presenta en su resumen:

El objetivo de este trabajo de investigación es diseñar y evaluar la posibilidad de implementar el prototipo automatizado de bombeo de agua, la cual se utilizara en riego, pecuario y para consumo humano usando energía solar, dado el problema de la defectuosa aplicación de sistemas de células solares en riego automatizado en lugares alto andinas.

El estudio tuvo en cuenta al centro poblado de Ichu, donde se propone realizar dicho prototipo con paneles solares y desarrollar un diseño acorde con la metodología de cálculo de la evapotranspiración potencial de cultivo de cebolla de 4.65 mm/días en una extensión de terreno de 200 m² para cultivar y un sistema de riego localizado con eficiencia del 90% y flujo de 17.4 mm, se utilizaron datos mensuales de heliografías de 5.76 horas pico/día para cálculo de las placas solares; con una velocidad de bomba de 3.23 it/min, de acuerdo al cálculo son necesarios 04 módulos solares de 231.84 watts.

Tomando los resultados de la evaluación económica de los costos iniciales de inversión, reemplazo, recuperación, electricidad. Para una vida útil de 20 años. El sistema tendría un costo de S/5,787.70 soles con vida de 20 años, el sistema eléctrico convencional tiene un costo de S/11,247.16 soles evidentemente más alto en costos que el sistema fotovoltaico. En conclusión el proyecto es altamente viable en cuanto a costos y utilización de energías renovables.

(VILLALOBOS, 2014), **en su tesis de Maestría, denominado: “PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE”**, menciona en sus conclusiones:

Este Plan Maestro proporcionara un servicio eléctrico sostenible que utilizara energía fotovoltaica, que a larga reduce el aumento de las emisiones de gases tóxicos que afectan seriamente al medio ambiente, lo cual se ve reflejado en la mejora del estilo de vida al total de 127 ciudades favorecidas, incluidas un global de conexiones de 2006, con un total en inversión de S/. 12 116 870,28 Nuevos Soles.

Este plan debe considerarse como una herramienta de Planificación Técnica Económica, para proporcionar ubicaciones remotas no electrificadas con un servicio eléctrico de calidad y sostenible.

Lo propuesto en este plan está abocado en una perspectiva participativa que unen decisiones de la población y autoridades locales juntamente con apoyo institucional del Gobierno Regional de Lambayeque, con miras a la descentralización del gobierno nacional.

(SANCHEZ B. M., 2016), **en su tesis de grado denominado: “DISEÑO DE UN SUMINISTRO ELECTRICO CON ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE EQUIPOS DE BOMBEO AGRICOLA DEL ESTABLO GESA-LAMBAYEQUE, 2016”** presentado a la Universidad Cesar Vallejo, **presenta en sus conclusiones:**

Se cuenta con distintas opciones no convencionales para obtener electricidad, pero en este contexto ha sido posible proyectar un sistema utilizando energía fotovoltaica para el establo GESA, lo cual será ventajoso para la operación de las bombas eléctricas para mejorar su producción.

Todos los elementos que componen al sistema fotovoltaico, están disponibles en proveedores nacionales, son: celdas solares Solarland, modelo SLP120-12U; controlador solar modelo Phocos CML08; batería Ritar, modelo RA12-150; inversor de onda senoidal 12VDC/220VAC 500 W ENERGIT.

Actualmente la demanda de agua en la zona asciende a 290 litro de recurso hídrico cada día, que son utilizados en el área agrícola, más de 5% de reserva. Para esto, el sistema fue diseñado para suministrar 1000,50 litros de agua por día.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Energía solar

Esta es captada del calor y luz que son emitidos por el sol. La radiación solar que llega a nuestro planeta puede ser utilizada bajo la forma de calor o como absorción de radiación, es uno de los llamados energía renovable; especialmente el tipo ecológico, conocida como energía pura. (NUÑEZ; et at, 2018)

2.2 Sistema fotovoltaico

Consta de una serie de dispositivos, los cuales permiten utilizar energía del sol, con fin de convertirla a energía eléctrica; la cual puede usarse para el funcionamiento de equipos eléctricos y artefactos. (ACEVEDO G. F., 2016)

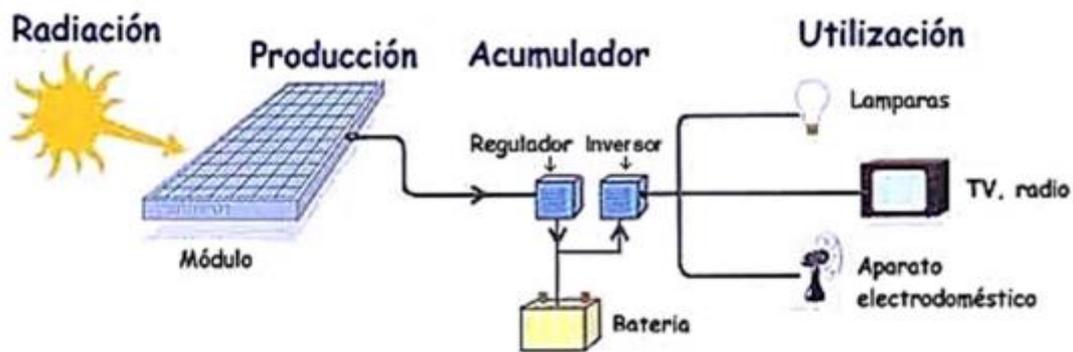


Figura 3. Flujo de energía en sistemas fotovoltaicos
Fuente: Energía sin fronteras, 2014

2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico

Los elementos son: módulo solar, el controlador de carga, el convertidor de corriente DC/AC, banco de baterías.

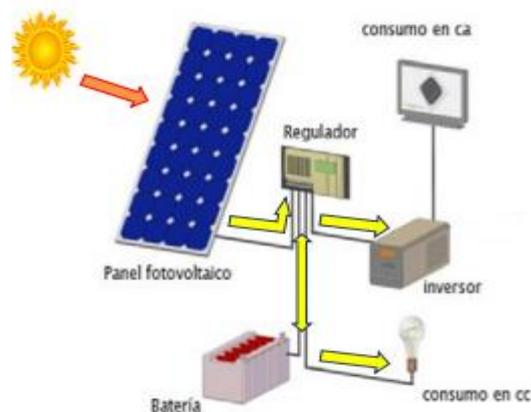


Figura 4. Elementos del sistema fotovoltaico
Fuente: (EnDEev/GIZ, 2013)

2.4 Panel o módulo fotovoltaico

Son dispositivos formados por grupos de celdas fotovoltaicas; las cuales funcionan de acuerdo al principio del efecto fotoeléctrico, capaces de convertir la energía del sol en eléctrica. Podríamos decir que un panel fotovoltaico, es en su menor unidad, una celda solar; esta manera de fabricación se hace obligada debido a la fragilidad de los materiales y tecnologías existentes para la fabricación de dispositivos correctos en la generación fotovoltaica. (ACEVEDO G. F., 2016).

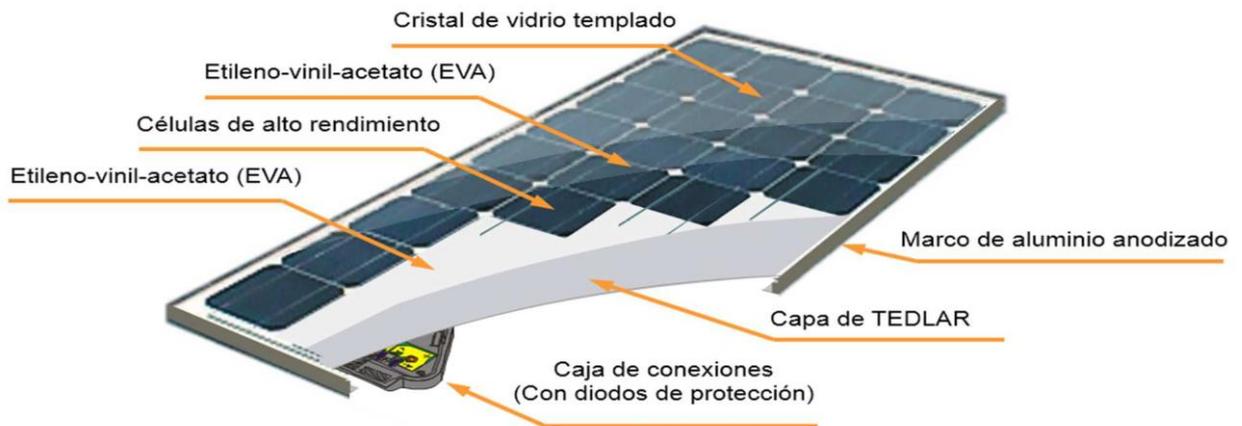


Figura 5. Módulo fotovoltaico
Fuente: Energía sin fronteras, 2014

2.4.1 Regulador o controlador de carga

La misión principal del regulador es que la batería, siga recibiendo carga del módulo fotovoltaico, cuando está alcanzado su máxima capacidad; ya que de ser así se producirían gases o recalentamiento lo que puede ser peligroso y acortarían la vida de la misma.

Un regulador se define por sus propiedades, como son el voltaje nominal y la corriente máxima que se puede disparar. Así mismo pueden cancelar o desconectar el servicio si fuera necesario y tener reinicio automático o manual. (SANCHEZ Q. D., 2012, pág. 27)

2.4.2 Inversor

Convierte corriente continua de batería (CC) a corriente alterna (CA), esta última requerida para el funcionamiento de equipos y/o artefactos, los cuales operan con este tipo de alimentación eléctrica que puede ser 110v/220v. (EnDEev/GIZ, 2013, pág. 21)

2.4.2.1 Clases de inversor

Existen diferentes tipos de estos equipos, que depende de la utilización final que se le dará al sistema fotovoltaico, en tal sentido, la forma de onda en la señal de entrega del mismo. (BRITAR, 2017, pág. 102)

- **Inversores de onda cuadrada**

Este tipo de inversor funciona a partir de una unidad de comunicación en cual hace que la corriente directa en el devanado primario de un transformador cambie continuamente su dirección, dando como resultado una onda cuadrada en la secundaria. (BRITAR, 2017, pág. 12).

- **Inversores de onda senoidal modificada**

En comparación con el anterior tipo de inversor, este su costo es elevado; la forma de onda aun no es sinusoidal pura, sin embargo los armónicos son menores. Este inversor es el más utilizado en sistemas fotovoltaicos. (BRITAR, 2017, pág. 12)

2.5 Rendimiento o eficiencia

Relación referida como un porcentaje, de la potencia existente en la salida y entrada del inversor. Su valor va depender de sus condiciones de carga, es decir, del total de potencia de dispositivos de consumo suministrados por el inversor en proporción con su potencia nominal. (JARA F. C., 2018, pág. 46)

2.6 Baterías

Los únicos componentes vivos del sistema son las baterías, ya que pueden almacenar electricidad para su uso posterior a través de reacciones químicas, mediante procesos llamados carga y descarga. Por lo tanto, sus propiedades funcionales en el interior del acumulador se ven afectadas por ciertas acciones y estímulos. (DE ALAMINOS, 2014)



Figura 6. Baterías
Fuente: Monsolar.com

2.7 Sistema de bombeo

Los sistemas de bombeo consisten en una serie de componentes los cuales permiten el traslado por medio de tubería y almacenar temporalmente fluidos, de esta forma satisfacer la demanda requerida (FRANCO, 2015, pág. 33)



Figura 7. Sistema de bombeo
Fuente: Solartec.com.ar

2.7.1 Bomba

“Equipos principales de un sistema, se tiene de diferentes tipos de acuerdo a la naturaleza de trabajo, las bombas son equipos mecánicos que cumplen la función de succionar y enviar fluidos desde un punto hacia otro, transmitiendo una determinada cantidad denominado caudal.” (AGUIRRE, 2014, pág. 26)

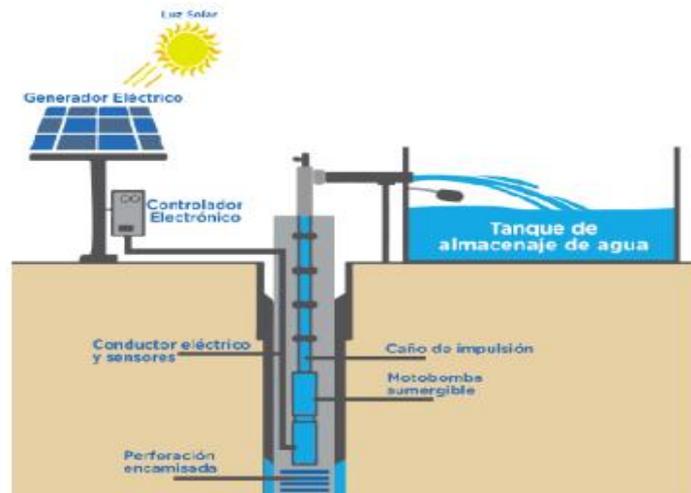


Figura 8. Bomba sumergible
Fuente: Catalogo Pedrollo

2.7.2 Riego por goteo

Este tipo de sistema se caracteriza por mantener al recurso hídrico en zona de la raíz bajo condiciones más favorables de uso para la planta, y lo aplica gota a gota. Se conduce el recurso hídrico a través de mangueras cerradas desde la toma hasta la propia planta y es aplicado mediante elementos llamados goteros o emisores. (MEZA, 2014, pág. 28)

2.8 Formulación del problema

¿Cómo obtener suministro eléctrico para el fundo agrícola San Gregorio-Motupe mediante energía solar fotovoltaica?

2.9 Justificación del estudio

Tecnológica

Precisamente porque en el fundo agrícola actualmente para satisfacer la necesidad de energía eléctrica, se utiliza un grupo electrógeno que tiene un alto consumo de combustibles, por lo tanto al captar la energía y almacenarla en un banco de baterías, se tendrá la disponibilidad de la energía eléctrica, en función a la demanda. Además se optará por los avances tecnológicos más recientes, que permitan capturar y monitorear la radiación solar con precisión, alcanzando mayor eficiencia relacionada al incremento de generación de la energía eléctrica. Estas razones justifican la realización del proyecto de investigación propuesto.

Económica

Se justifica la implementación del proyecto, porque actualmente se tiene altos costos por el consumo de combustible para el grupo electrógeno; que varían entre 40 y 60 galones, representando un costo mensual de 500 y 700 soles; si bien es cierto que existe una inversión inicial de instalación de los elementos de captación de energía solar, así como su almacenamiento en un banco de baterías, en un mediano plazo se recupera dicha inversión.

Social

Al contar con el servicio de energía eléctrica, los trabajadores del fundo se favorecen en tener un trabajo más tecnificado, utilizando las máquinas y/o equipos, mejorando las condiciones laborales, así como también la existencia de horas extras al ampliar el horario de trabajo, lo cual influye en el incremento de sus ingresos de los trabajadores del fundo.

Ambiental

Al no utilizar combustible para el grupo electrógeno, se evita la emanación de gases de escape al medio ambiente, lo cual contribuye a la disminución de la emisión de gases tóxicos entre ellos CO₂, estando este entre los causante en el incremento de la temperatura en el planeta por el efecto invernadero. Esta propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico, se utilizara, radiación solar con lo cual estaremos evitando contaminar el medio ambiente, no habrá consumo de combustibles, además no va a generar ruidos.

2.10 Hipótesis

Mediante un sistema fotovoltaico podemos abastecer de energía eléctrica al fundo Agrícola San Gregorio, Motupe.

2.11 Objetivos

2.11.1 Objetivo general

Diseñar un sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica al fundo agrícola San Gregorio, Motupe.

2.11.2 Objetivos específicos

- Determinar la Máxima Demanda de Energía Eléctrica en función a la necesidad del recurso hídrico necesario para cultivo de plata tipo Hass.
- Determinar el potencial de radiación solar promedio, de la zona de influencia del proyecto, mediante aplicación del método de Weibull.
- Dimensionar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico, que permitan abastecer la demanda de energía del fundo.
- Realizar una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores VAN y TIR.

III METODOLOGÍA

3.1 Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental ya que no se alteraran las variables a estudiar, por tal motivo los fenómenos se observaran tal como se desarrollan en la realidad o contexto, para un posterior análisis. Empezará con la búsqueda de documentos de cada una de las variables, a analizar. Es descriptiva, pues el problema es observado y descrito como ocurre naturalmente sin intervención o manipulación del investigador.

3.2 Variables, operacionalización

- **Variable independiente**

Diseño de un sistema fotovoltaico

- **Variable dependiente**

Energía eléctrica

3.2.1 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Tabla de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Independiente: Diseño de un Sistema Fotovoltaico	Es un proceso de conversión energética, el cual la radiación solar se convierte en una diferencia de tensión en un dispositivo semiconductor (silicio o germanio), y tendrá un valor en función al nivel de radiación solar.	El diseño de cada elemento del sistema fotovoltaico, se dimensiona en función a la intensidad de corriente eléctrica que circula de las cargas eléctricas conectadas; el banco de baterías acumula la energía eléctrica para el accionamiento de las cargas eléctricas.	Radiación solar Eficiencia modulo fotovoltaico Tiempo de autonomía de baterías	Kw/m ² –día % Horas	Guía de observación
Dependiente: Energía Eléctrica	Es un tipo de energía, el cual consiste en el desplazamiento de electrones dentro de un campo eléctrico, en el cual fluyen en una determinada cantidad dentro de un periodo dado, y que permite accionar mecanismos.	El abastecimiento de energía eléctrica hacia el fondo, se mide con las variables eléctricas, y se analiza la variación de estos en función al ritmo de uso de los diferentes artefactos eléctricos en funcionamiento.	Tensión Intensidad de corriente eléctrica Horas de funcionamiento	Voltios Amperios Horas	Guía de observación

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

La población sometida a estudio, es el nivel de radiación solar en el área de influencia del proyecto.

3.3.2 Muestra

La muestra coincide con la población.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

3.4.1 Técnicas

Tabla 2. Técnicas de validación

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión documentaria	Se revisan los trabajos de investigación, artículos científicos, y manuales de los fabricantes.	Evaluación documentaria
Observación	Se realizan mediciones de los niveles de radiación solar de la zona.	Guía de observación

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Instrumento de recolección de datos

3.4.2.1 Guías de observación

Guía de observación del tiempo de funcionamiento de los equipos eléctricos.

Permite obtener información referente al ritmo de funcionamiento de los equipos eléctricos que se encuentran en el fundo, ya sea para el desarrollo de las labores agrícolas (electrobomba, taladro, etc.), como de los equipos que cuenta la casa rural (laptop, iluminación, etc.), durante las 24 horas del día.

Guía de observación de las mediciones de radiación solar

Mediante este instrumento permite obtener información concerniente a los niveles de radiación de la zona durante las 10:00 hasta las 16:00 horas. Las lecturas se realizan cada 30 minutos, durante 4 meses de medición.

Esta información permite determinar el potencial de radiación solar de la zona.

Guía de análisis de documento

Se revisan los trabajos de investigación, artículos científicos y manuales de los fabricantes de sistemas fotovoltaicos.

3.4.3 Validez y confiabilidad

3.4.3.1 Validez

La validez de la presente investigación se refiere en interpretar correctamente, así mismo cuidar de manera exhaustiva el trascurso metódico de los resultados alcanzados del estudio del tema científico, en cuyo caso estudiamos la utilización de energía solar para la electrificación del Fundo Agrícola San Gregorio-Motupe.

3.4.3.2 Confiabilidad

La confiabilidad será otorgada por el o los profesionales que validaran los instrumentos utilizados en el proceso de la investigación.

3.5 Métodos de análisis de datos

El registro de medición se analizará utilizando el análisis parabólico de Weibull, para establecer el valor de radiación solar que se utilizará.

3.6 Aspectos éticos

La información presentada por el investigador, debe de ser, veras y confiables así como las fuentes de donde fue tomada; pero también responsable con sus decisiones para que sean solidas con el medio ambiente, salud, seguridad y beneficiar a la sociedad.

Así mismo ser consiente y objetivo con sus conclusiones.

IV RESULTADOS

4.1 Determinar la máxima demanda de Energía Eléctrica en función de la necesidad del recurso hídrico para cultivo de palta tipo Hass.

4.1.1 Cálculo de la evapotranspiración

Para determinar la cantidad de recurso hídrico necesario para la planta, se realizaron cálculos relacionados con la estimación de la transpiración y la evaporación de agua (la pérdida del agua que ocurre desde el suelo) en el periodo de mayor demanda, para lograr tal fin se calculó la evapotranspiración (E_{tc}) (evaporación + transpiración).

$$E_{tc} = E_{to} * K_c$$

Dónde:

E_{tc} : Evapotranspiración del cultivo de interés (mm/día)

E_{to} : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día), tomándose el más elevado para obtener el máximo requerimiento y poder seleccionar el recurso hídrico.

K_c : Coeficiente del cultivo

Tabla 3. Evapotranspiración

Meses	E_{to} mm/día	K_c	E_{tc} mm/día
Enero	5.7	0.75	4.3
Febrero	5.9	0.75	4.4
Marzo	4.6	0.75	3.5
Abril	3.3	0.75	2.5
Mayo	2.1	0.75	1.6
Junio	1.1	0.65	0.7
Julio	0.8	0.65	0.5
Agosto	1.1	0.65	0.7
Setiembre	2.1	0.65	1.4
Octubre	3.3	0.65	2.1
Noviembre	4.6	0.75	3.5
Diciembre	5.5	0.75	4.1

Fuente: Elaboración Propia

Obteniéndose:

$$E_{tc} = 4.4 \text{ mm/día}$$

4.1.2 Demanda Neta de Cultivo (DNC)

En esta sección se transformó los (mm/día) de la evapotranspiración en litros por planta por día.

$$DNC = E_{tc} * MP * PC$$

Dónde:

E_{tc} : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

MP : Marco de plantación (6*3=18m²)

PC : Porcentaje de cubrimiento (80%)

$$DNC = 4.4 \times 18 \times 0.8 = 63.36 \text{ litros/árbol/día}$$

Eficiencia de aplicación de agua según el método de riego utilizado

Tabla 4. Métodos de riego

Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Tendido	30
Surco	45
Borde recto	50
Borde en contorno	60
Perfiles	60
Taza	65
Californiano	65
Aspersión	75
Micro jet	85
Goteo(cinta)	90

Fuente: Manual del Cultivo del Palto

Debemos considerar, adicionalmente, la eficiencia del riego por goteo (90%).

Para determinar la demanda real de agua del cultivo o Demanda Bruta de Cultivo (DBC)

$$DBC = \frac{DNC}{0.9} = \frac{63.36}{0.9} = 70.4 \text{ litros/árbol/día}$$

4.1.3 Cálculo del tiempo de riego diario (TRD)

Ahora corresponde determinar el tiempo necesario para regar el cultivo empleando riego por goteo:

$$TRD = \frac{DBC}{N_e \times Q_e}$$

Dónde:

N_e : 18 (Número de emisores/planta)

Q_e : 2 Litros/h (caudal/emisor).

$$TRD = \frac{70.4}{18 \times 2} = 1.95 \text{ horas}$$

4.1.4 Cantidad de Sectores (Cs)

$$C_s = \frac{\text{Tiempo de jornada}}{TRD}$$

Dónde:

Tiempo de jornada: en el fundo es de 4 horas.

Cantidad de sectores: 2

- Cantidad de paltos totales en terreno

$$C_p = \frac{\text{superficie}(m^2)}{MP} = \frac{20000}{2} = 1111 \text{ paltos}$$

- Cantidad de paltos a regar en forma simultánea

$$C_{prs} = \frac{C_p}{C_s} = \frac{1111}{2} = 555$$

4.1.5 Determinación del caudal de bombeo

$$Q_b = \frac{C_{prs} \times N_e \times Q_e}{A_{sector}}$$

$$Q_b = \frac{555 \times 18 \times 2}{1} = 19980 \text{ l/h}$$

$$Q_b = 5.55 \text{ l/s}$$

4.1.6 Dimensionamiento de tuberías y sus derivaciones

Es de vital importancia lograr determinar en forma real la configuración del sistema de riego (conformado por tuberías y accesorios) que garanticen la presión necesaria, así como el caudal necesario, con el menor valor de pérdidas por conducción.

En este tipo de flujo (turbulento) está gobernado por formulas experimentales y muchas de sus recomendaciones de diseño están dadas por la práctica, estas recomiendan que para tuberías cuyas naturaleza es termoplástica, se recomienda que la velocidad del agua dentro de la turbulencia sea entre (0.5 a3.5) m/s. Debido a que los valores de velocidad menor que el mínimo mostrado pueden ocasionar sedimentación de partículas y residuos por su baja velocidad y valores de velocidad mayor que el número máximo mostrado influye en la durabilidad de la tubería.

Se tiene provisto la instalación de una tubería principal subterránea que atravesara el terreno desde la cual partirán los diferentes ramales portagotos superficiales en todo el terreno, y serán de polietileno de baja densidad de color negro.

Cada planta de plato contara con 18 emisores cada uno con un caudal de 2 l/h y que por cada ramal se atenderá 18 árboles en promedio lo que resume un caudal de 648 l/h, es decir $0.18 \times 10^{-3} m^2/s$.

Para cumplir con esta operación de riego se ha seleccionado tubos flexibles de polietileno de baja densidad DN16, con diámetro nominal de 16 mm y diámetro interior de 13.6 mm. Obteniéndose una velocidad (V_1):

$$V_1 = \frac{4 \times 0.18 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.0136^2} = 1.24 \text{ m/s}$$

Asimismo, para el caso de cálculo de los parámetros de flujo en la tubería principal se ha elegido una tubería de polietileno de baja densidad del tipo DN63 con diámetro exterior 63 mm y diámetro interior de 45.8 mm. Obteniéndose una velocidad (V_2) de:

$$V_2 = \frac{4 \times 5.5 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.0544^2} = 2.37 \text{ m/s}$$

4.1.7 Pérdida de Carga

La obtención de la pérdida de carga (h_l) este parámetro es importante debido a que nos permitirá determinar la caída de presión que debe ser compensada por la bomba a seleccionar. De acuerdo a la base teórica esta acción lo logramos mediante el cálculo de:

- a) Pérdidas Mayores (pérdidas principales) debido a la longitud de tubería (h_p)
- b) Pérdidas Menores (pérdidas secundarias) que suceden en los accesorios del sistema de tuberías (h_m).
- c) Pérdidas de cargas en los goteros (h_g).

$$h_l = h_p + h_m + h_g$$

a) Pérdidas Mayores (pérdidas principales) debido a la longitud de tubería

Se ha empleado la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

L : Longitud de la tubería del tramo en estudio (m)

D : Diámetro interior de la tubería (m)

V : Velocidad del fluido (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s)

f : Factor de fricción

Para determinar el factor de fricción empleamos la ecuación de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Dónde:

ε/D : Rugosidad relativa del material de la tubería (m)

Re : Número de Reynolds

Si bien es cierto la ecuación de Colebrook, resulta ser una ecuación implícita, existe ahora calculadoras que permiten solucionar este tipo de ecuaciones, para el caso de estudio se ha empleado una calculadora científica Hewlett Packard 48GX.

Para determinar el Número de Reynolds, empleamos:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Dónde:

μ : Viscosidad dinámica del agua 20°C ($1,005 \times 10^{-3} kg/m.s$)

Este número nos permite confirmar el tipo de régimen de flujo que para nuestro caso es flujo turbulento donde el ($Re > 4000$).

Para la obtención de la rugosidad relativa ε/D se emplea los valores de la rugosidad absoluta del material del que está hecho la tubería (plástico) cuyo valor es $0.0015 mm$ y se le divide entre el diámetro interno de la misma en el tramo de estudio.

Haciendo una representación esquemática del terreno, para mostrar el recorrido al punto más lejano (tramo ABC) donde se producirá la mayor pérdida de carga del sistema.

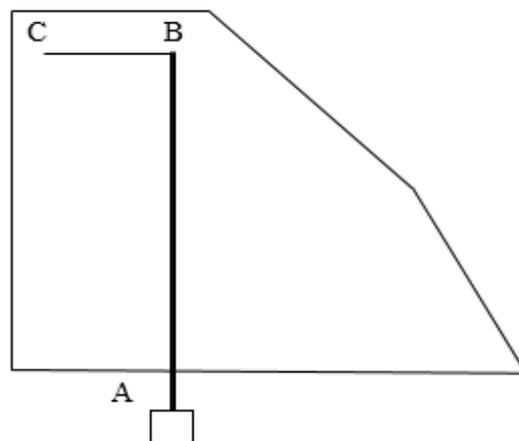


Figura.9 Tramos de tuberías
Fuente: Elaboración propia

- Tramo AB, representa a la tubería principal conformado por polietileno de baja densidad DN63.

- Tramo BC, tramo del portagoteros de tubo de polietileno DN16.

A continuación, el siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos acerca de las pérdidas mayores:

Tabla 5 Cuadro de perdidas

Tramo	AB	BC
Diámetro interior (Di)	54.4 mm	13.6 mm
Longitud (L)	130 m	22 m
Velocidad (V)	2.37 m/s	1.24 m/s
Rugosidad relativa (ϵ/D)	0.0000275	0.00011
Numero de Reynolds (Re)	128055	16750
Factor de fricción (f)	0.0173	0.0273
Pérdidas de cargas (m)	11.83 m	3.46

Fuente: Elaboración propia

Que hacen un total de:

$$h_p = 15.29 \text{ m}$$

b) Pérdidas Menores (pérdidas secundarias) que suceden en los accesorios del sistema de tuberías

Este tipo de pérdidas suceden en los accesorios del sistema de tuberías (válvulas, codos, derivaciones, cambios de sección, etc.)

Para su cálculo emplearemos la relación:

$$h_m = K \frac{V^2}{2g}$$

Siendo:

K : Coeficiente de pérdida del accesorio.

V : Velocidad más alta en el tramo de estudio.

Los diferentes valores del coeficiente de pérdidas (K) lo hemos obtenido de la bibliografía disponible. (CENGEL & CIMBILA, 2006)

Haciendo un recorrido por el tramo **ABC** para determinar y clasificar los diferentes tipos de accesorios que confirmas el sistema de tuberías se ha elaborado la siguiente tabla de resultados:

Tabla 6. Tabla de accesorios

Tramo	Accesorio	Cantida d (Un.)	K	V m/s	Di (m)	Pérdida
AB	Válvula check	01	1.0	2.37	0.0544	0.286
	Válvula de bola	02	0.1	2.37	0.0544	0.057
	Válvula hidráulica	02	0.2	2.37	0.0544	0.114
	Codos a 90°	04	0.2	2.37	0.0544	0.228
	Unión	03	0.1	2.37	0.0544	0.086
	Reductor	01	0.2	2.37	0.0544	0.057
	Derivaciones	29	0.7	2.37	0.0544	5.800
BC	Inserción de goteros	22	0.7	1.24	0.0136	1.188
					Total (m)	7.816

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del filtro hidrociclón su valor se ha extraído de catálogo correspondiéndole un valor de pérdida de carga igual a 3.5 m.

En resumen, las pérdidas menores suman: $h_m = 11.316 \text{ m}$

c) Pérdidas de carga en los goteros

El valor de la altura equivalente de pérdida en los goteros se obtuvo de la bibliografía de ese tipo de accesorios, la misma que se encuentra en función del diámetro de la tubería (16 mm). De acuerdo a lo anteriormente dicho la altura de pérdidas por los goteros es: $h_g = 0.230 \text{ m}$

En resumen, el valor de la pérdida de carga será

$$h_l = 15.29 + 11.316 + 0.230 = 26.83 \text{ m}$$

4.1.8 Selección de la bomba

De acuerdo a lo obtenido, el valor del caudal se estableció en: 5.5 l/s equivalente a $5.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, para un total de 1111 plantas de palto tipo Hass. Asimismo, tomando en consideración una futura ampliación se puede asumir un incremento en 20% de lo actual, esto nos conlleva a establecer un futuro caudal, que debe suministrar la bomba a seleccionar

$6.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a $23.8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Además de cubrir las pérdidas de cargas, la bomba debe cubrir la altura geométrica h_g , que es la profundidad a la cual se encuentra el nivel del agua subterránea (pozo).

Esta altura debe coincidir con la altura que se encuentra el nivel del agua dentro del pozo siendo su igual a 12 metros. Entonces el valor de la altura manométrica (H_{mam}), esta dado por:

$$H_{mam} = h_g + h_l = 38.83 \text{ m}$$

Luego los parámetros determinados que nos permitirán seleccionar la bomba son:

- Caudal = $23.8 \text{ m}^3/\text{h}$
- Altura de carga de la bomba 38.83 m

Con estos datos podemos determinar la potencia de la bomba a seleccionar:

$$Pot = \frac{\gamma Q h_{mam}}{n_B} = \frac{9.81 \times 23.8 \times 38.83}{3600 \times 0.75}$$
$$Pot = 3.35 \text{ KW}$$

Asimismo, el tiempo empleado la acción de riego es de aproximadamente 4 horas, lo que nos entrega un consumo de energía promedio al día de:

$$E_p = 13.4 \text{ KWh/dia}$$

De acuerdo al valor del caudal y de la altura manométrica se seleccionó una bomba del tipo sumergible de marca PEDROLLO modelo 4SR75G/50 que entrega una potencia de 3.7 kW. (Ver anexo).



Figura 10. Bomba 4SR75G/50
Fuente: Pedrollo

4.2 Determinar el potencial de radiación solar promedio, de la zona de influencia del proyecto, mediante aplicación del método Weibull

4.2.1 Ubicación del Fundo San Gregorio

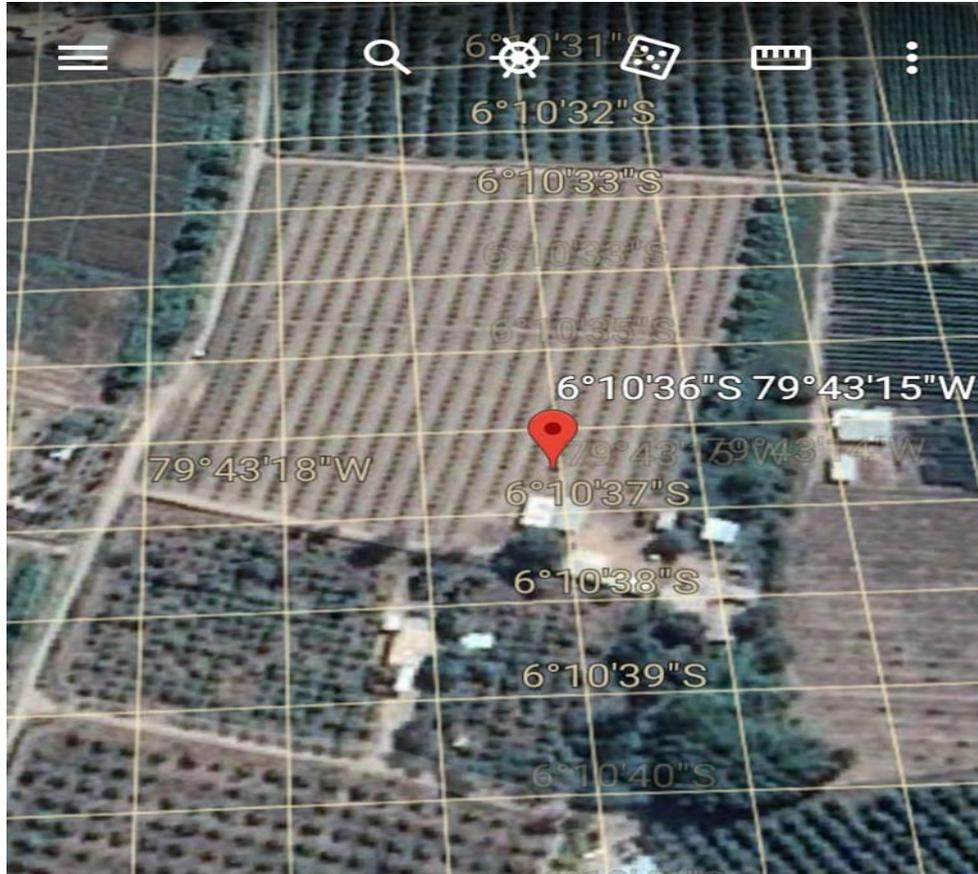


Figura 11 .Ubicación geográfica del fundo San Gregorio
Fuente: Google Earth

En la zona del proyecto, se encuentra la estación meteorológica ASI SAC, de la cual se tiene la información estadística que usaremos para el análisis de probabilidad de ocurrencia de valores de radiación, utilizando método Weibull.

Se cuenta con información meteorológica recopilada en la base de datos de los últimos 4 meses, donde se puede observar los máximos y mínimos valores de radiación solar registrados cada media hora desde las 10:00 hasta las 16:00 horas todos los días.

En anexos, se describen tablas donde se observa con detalle los datos obtenidos en medición de radiación solar, que usaremos para aplicar el método Weibull

4.3 Análisis probabilidad de Weibull

Para analizar la probabilidad de que ocurra radiación solar en el lugar de influencia del proyecto usaremos el método de Weibull, analizando las mediciones tomadas en enero, febrero, marzo y abril.

4.4 Distribución de Weibull

En la determinación del potencial de radiación solar, estableceremos los diferentes parámetros de Weibull, pertenecientes al parámetro de escala “c” (KW-h/m²), el cual indica el nivel de radiación solar promedio del lugar afectado en el proyecto, y “k” parámetro, que muestra el grado de dispersión de mediciones ejecutas, de esta manera podrá establecerse la periodicidad con la que acontecen los valores de radiación solar, dichos parámetros se determinan con:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Dónde:

P: potencia

r: radiación

k: factor de forma

c: factor de escala

e: constante épsilon

En la determinación de parámetros de Weibull, utilizaremos ajuste de mínimos.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Se obtiene usando la técnica de regresión lineal, relacionando variables, resultando siguiente:

$$Y_i = \text{Ln}[\text{Ln}(1 - P_i)]$$

$$X_i = \text{Ln}(r)$$

$$a = -k\text{Ln}(c)$$

$$b = k$$

Con los datos, se establece la ecuación de la recta:

$$Y: aX + b$$

Este proceso radica en efectuar la aproximación de la ecuación de la recta, desarrollando los siguientes pasos:

- a) Se multiplica valores de X.Y, elevamos el valor de X al cuadrado, en seguida se realiza la sumatoria del valore de X, Y, y de X.Y, sumatoria de los cuadrados de X.
- b) Se establecen valores de a y b, de:

$$a = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

Para "a"

$$a = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

$$a = \frac{((779 * (-465.43)) - (1166.30 * (-448.35)))}{((779 * (1783.54)) - (1166.30)^2)}$$

$$a = 5.5$$

Para "b"

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

$$b = \frac{((-448.35 * 1783.54) - (1166.3 * (-465.43)))}{((779 * 1783.54) - (1166.3)^2)}$$

$$b = 8.82$$

Por lo tanto:

$$a = 5.5$$

$$b = 8.82 = K$$

La ecuación de la recta es:

$$y = 5.5X - 8.82$$

De las expresiones:

$$a = -k \ln(c)$$

$$b = k$$

Se tiene lo siguiente:

$$a = -k \ln(c)$$

$$c = e^{\frac{8.82}{5.5}}$$

$$c = 4.97$$

Este valor (c), nos muestra un promedio del nivel de radiación en el área de estudio, el factor de forma (k), muestra el índice de dispersión de datos, así como la reiteración en que se presenta la radiación.

Tabla 7. Tabla de factores

Factor de forma K	Factor de escala c, (KW-h/m ²)
8.82	4.97

Fuente: Elaboración propia

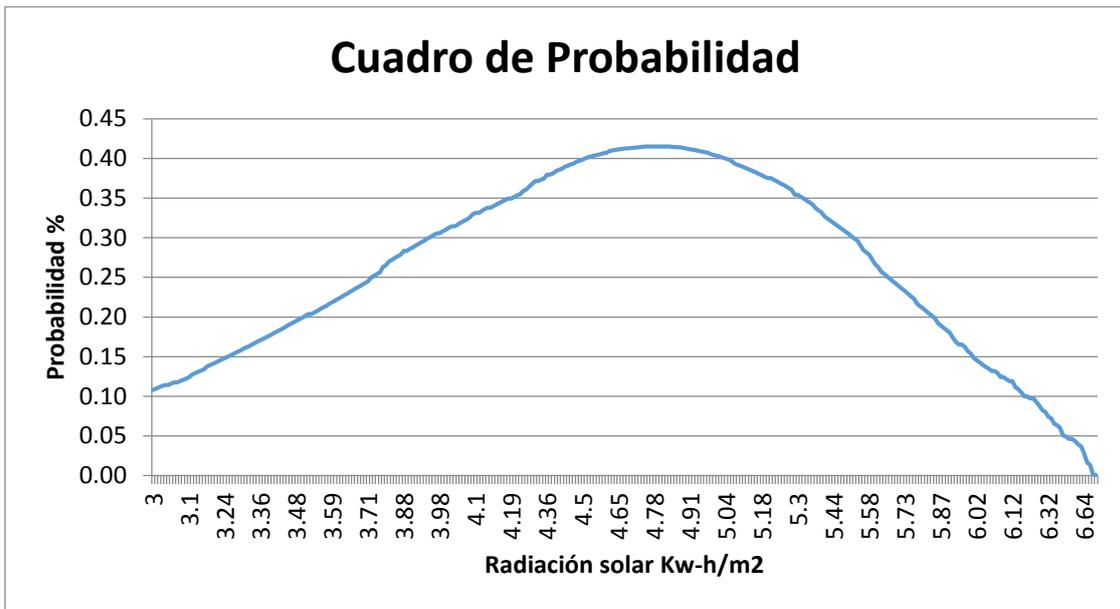
- **Probabilidad de ocurrencia de los niveles de radiación solar**

Para ello se utiliza la ecuación de distribución de Weibull.

$$F(v) = \left(\frac{a}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{a-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando los valores tenemos: (ver anexos)

Tabla 8. Cuadro de probabilidades



Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se muestra claramente el valor de radiación solar es 4.97 KW-h/m2, tiene mayor probabilidad de ocurrencia en el área de influencia de estudio, con un 41%.

4.5 Determinar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico, que permitan abastecer la demanda de energía del fondo.

4.5.1 Cálculo de la energía requerida por el sistema

Del ítem 3.1, se determinó una energía en teoría $E_t = 13.4 kWh$, asimismo se tomó el criterio de asignar una autonomía $N = 3 días$ a la instalación de generación fotovoltaica. Además, asumimos una descarga máxima de la batería mediante el factor $P_d = 0.8$

Se determinó también el valor del factor global de rendimiento de la instalación fotovoltaica, mediante:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \times \left(1 - \frac{k_a \times N}{P_d}\right)$$

Dónde:

k_a : Coeficiente de autodescarga (0.005)

k_b : Coeficiente de pérdidas en el acumulador (0.05)

k_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor (0.05-0.1)

k_v : Coeficiente de otras pérdidas (0.05-0.15)

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.1) \times \left(1 - \frac{0.005 \times 3}{0.8}\right)$$

$$R = 0.785$$

Con este valor del rendimiento podemos determinar la energía real E_r que debe generar la instalación fotovoltaica, dando como resultado:

$$E_r = \frac{13.4}{0.785} = 17kWh$$

4.5.2 Selección del número de paneles solares (N_t)

$$N_t = \frac{E_r}{P_p \times HPS \times P_g}$$

Dónde:

N_t : Número de paneles total

P_p : Potencia pico del módulo (W)

HSP : Hora solar pico (h)

P_g : Factor global de pérdida

Operando, obtenemos:

$$N_t = \frac{17000}{270 \times 4.97 \times 0.9} = 14$$

$$N_t = 14 \text{ paneles}$$

Se ha seleccionado un panel de las siguientes características:

Modelo EGE-270P-60. Policristalino 270Wp/30 voltios de la marca ECO GREEN ENERGY. (Ver anexo)

- Número de paneles en serie (N_s)

$$N_s = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}}$$

$$N_s = \frac{48}{31.44} = 1.53$$

$$N_s = 2 \text{ paneles}$$

- Número de paneles en paralelo (N_p)

$$N_p = \frac{N_t}{N_s}$$

$$N_p = \frac{14}{2}$$

$$N_p = 7$$

4.5.3 Selección de la batería

$$N_{BAT} = \frac{V_{sistema}}{V_{bateria}}$$

$$N_{BAT} = \frac{48}{24} = 2$$

Como se observa es necesario contar con dos baterías estacionarias para lograr el voltaje necesario de funcionamiento del sistema, además, es necesario calcular la capacidad de la batería (C_n) que se expresa en Ampere-hora (Ah). Entonces:

$$C_n = \frac{E_r}{V_{sistema}} \times \frac{N}{P_d}$$

$$C_n = \frac{17000}{48} \times \frac{3}{0.8}$$

$$C_n = 1328.13Ah$$

Se seleccionó baterías estacionarias SCL POPzS 24 voltios 906 Ah, se harán dos armados de en paralelo haciendo un total de 04 baterías estacionarias del modelo descrito que hacen un total de 1812 Ah que cumple con lo calculado.

<https://www.monsolar.com/bateria-scl-popzs-24voltios.html>

FOTOVOLTAICA DESCATALOGADOS ENERGÍAS RENOVABLES FORMACION

Inicio / Fotovoltaica / Baterías Solares / Baterías Estacionarias / Baterías estacionarias OPzS 24V /

Bateria estacionaria SCL POPzS 24 voltios (906Ah-1450Ah)



Bateria estacionaria SCL POPzS 24 voltios (906Ah-1450Ah)

[Opina sobre este producto](#)

Bateria estacionaria SCL a 24 voltios de alta durabilidad y resistencia para utilización en consumos importantes y frecuentes con excelentes prestaciones. Por su régimen de carga y descarga, su funcionamiento se optimiza en **instalaciones fotovoltaicas aisladas**.

El contenedor está fabricado con polipropileno transparente. Con esta batería se garantizan unos **3000 ciclos para una profundidad de descarga del 30%**. Se pueden adquirir dos modelos, en función de la capacidad de acumulación de la batería estacionaria SCL, con 906Ah o 1450Ah en C100.

Se incluyen las pletinas y tornillos de conexión para la unión de los elementos entre sí.

ENVIÓ GRATUITO
pedidos > 150€

CONFIANZA EN LÍNEA
Compra segura

CONSÚLTANOS
Tl. 963 81 39 81

21% DE IVA INCLUIDO
En todos los precios

DEVOLUCIÓN GRATUITA
Al pagar con PayPal

Escoge el modelo de batería que desees:

- Bateria Estacionaria SCL 5 POPzS 625 12V 906Ah en C100
- Bateria Estacionaria SCL 8 POPzS 1000 12V 1450Ah en C100

+1.000,00 €

Figura 12. Modelo de batería
Fuente: monsolar.com

<https://www.monsolar.com/bateria-scl-popzs-24voltios.html>

4.5.4 Selección del controlador de carga

Para lograr este fin empleamos la siguiente relación:

$$I_{max} = I_{cc} \times N_p$$

$$I_{max} = 9.03 \times 7 = 63.21 A$$

Se ha seleccionado 01 controlador de carga marca Solar System PC18-8015A-MPPT solar. Con autodetección de voltaje (12-48) V, 60 Amperios. (Ver anexo)

4.5.5 Selección del inversor

$$S_{inversor} = 1.25 \times \frac{Pot}{fdp}$$

$$S_{inversor} = 1.25 \times \frac{3350}{0.9}$$

$$S_{inversor} = 4653 VA$$

Se seleccionó 01 inversor Victron Phoenix Solar 48V/5000VA. Con potencia de arranque de motor eléctrico hasta 5000 VA. (Ver anexo).



Phoenix Inverter
24/5000

Figura 13 Inversor
Fuente: Victron Energy

<https://autosolar.es/pdf/Datasheet-Phoenix-Inverter-1200VA-5000VA-ES.pdf>

4.5.6 Selección del conductor

Para seleccionar el conductor se ha tomado el criterio de hacerlo con base a la máxima corriente que circula en el sistema fotovoltaico hasta la llegada al inversor 63.21 A.

Luego la sección del conductor es de 16 mm² THW, con una capacidad de corriente (en ducto) de 85 A.

4.6 Realizar una evolución económica del proyecto mediante los indicadores VAN Y TIR.

4.6.1 Presupuesto

Tabla 9. Presupuesto

Ítem	Descripción	Un.	Cant.	Costo Unitario	Parcial
1	Panel Fotovoltaico Policristalino EGE 270W	Un.	14	450.00	6300.00
2	Estructura panel solar	Un	14	150.00	2100.00
3	Bomba sumergible PEDROLLO 4SR75G/50	Un.	1	2900.00	2900.00
4	Regulador Solar System PC18-8015A – MPPT	Un.	1	3200.00	3200.00
5	Inversor trifásico Victron Phoenix Solar 48V/5000VA	Un.	1	8200.00	8200.00
6	Batería Estacionaria SCL POPzS 24 V. 906Ah.	Un	4	5000.00	20000.00
7	Conductor THW de 16 mm2	m	50	23.00	1150.00
8	Puesta a tierra	Un.	2	800.00	1600.00
9	Tubo PVC de 1 pulgada diámetro	Un.	120	8.00	960.00
10	Montaje electromecánico	Un.	1	35000.00	35000.00
11	Transporte	Un	1	8600.00	8600.00
TOTAL					90010.00

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Ingresos

Actualmente en el fundo existe una motobomba que suministra el caudal para el sistema de riego existente. Como resultado de la aplicación del presente trabajo de investigación se podrá reemplazar el motor de combustión interna por otro tipo de energía alternativa como lo es la energía fotovoltaica.

Asumimos como ingreso al ahorro del combustible que antes se compraba para el consumo del motor en una cantidad aproximada de hasta 60 galones por semana. Precio de mercado del diésel 2 de 12.3 soles por galón, resulta un total de ahorro en combustible de 738 soles semanal y para un total de 52 semanas (01 año) resulta 38736 soles.

4.6.3 Egresos

- Gastos por jornal de obrero al año (sembrío): 1600 soles
- Gasto por mantenimiento y operación de equipos: 1000 soles/año

4.6.4 Flujo de caja

El cuadro, muestra los movimientos económicos para realizar la evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR y se determinó empleando una hoja de cálculo (Excel).

Tabla 10. Ingresos y egresos

Año	0	1	2	3	4	5
INGRESOS						
Venta de palta 40 ton.		40000	40000	40000	40000	40000
Total Ingresos						
EGRESOS						
Inversión	90010.00					
Jornal		1600	1600	1600	1600	1600
Operación y mantenimiento		1000	1000	1000	1000	1000
Operario maquina		12000	12000	12000	12000	12000
Total egresos	90010.00	14600	14600	14600	14600	14600
Ingreso neto	-90010	25092	25092	25092	25092	25092
VAN	S/44,310.12					
TIR	12%					

Fuente: Elaboración propia

V DISCUSIÓN

En el desarrollo de la investigación, se logró determinar que el uso del grupo electrógeno para suministrar energía eléctrica al fundo, conlleva a gastos excesivos, además de contaminación ambiental por la quema de combustibles fósiles; así mismo se obtuvo la energía requerida por el fundo, como también la cantidad de recurso hídrico que requiere cada árbol de palto Has.

La propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico, es adaptable a la zona rural por la disponibilidad del principal recurso durante horas del día, muchas de estas zonas están optando por energías de este tipo, además beneficia al medio ambiente (reduciendo la contaminación), y a los trabajadores dando una mejor calidad de vida y la obtención de información en nuevas técnicas de cultivos. Se suministraría energía al sistema de bombeo del riego por goteo para el cultivo en el fundo, contara con un banco de baterías donde se acumulara energía lo cual garantiza la autonomía del mismo; esto si la probabilidad en el nivel de radiación solar no sea lo requerido.

La obtención de datos de radiación solar, permitió realizar los cálculos para la selección de cada uno de los componentes eléctricos y electrónicos que conforman el sistema, además se utilizó el método de Weibull, para obtención de la probabilidad de ocurrencia de radiación solar en el fundo, esto a la misma hora.

VI CONCLUSIONES

1. Se logró determinar la utilización diaria de electricidad, en el fundo y asciende a 13.4 kWh ; que permite activar el sistema de riego por goteo en una extensión de 2 hectáreas de palto tipo Hass.
2. Mediante el análisis probabilístico de los datos de radiación solar como resultado de las mediciones realizadas con el solarímetro y aplicando el método probabilístico de Weibull se determinó un nivel de radiación de 4.97 kWh/m^2 .
3. Se logró determinar los parámetros de funcionamiento del sistema de generación fotovoltaica, concluyendo con la dimensión y elección de los diversos dispositivos electromecánicos que conforman el sistema fotovoltaico que garanticen cubrir la energía en demanda de acuerdo a lo calculado.
4. La evaluación económica permitió establecer la rentabilidad de reemplazar el consumo de combustible diésel para la generación de fuerza motriz de la bomba por el del sistema de generación fotovoltaico logrando obtener un valor de VAN igual a s/ 44310.12 y una tasa interna de retorno igual al 12%, garantizando la rentabilidad del proyecto.

VII RECOMENDACIONES

1. La administración del fundo deberá asignar un personal idóneo, para hacerse cargo de la manipulación y sostenimiento del sistema de generación fotovoltaica y logre la conservación del mismo.
2. Que en tiempo no muy lejano se logre automatizar la alimentación y control de generación fotovoltaico con el funcionamiento de la electrobomba.

REFERENCIAS

- A, C. Y., & M, C. J. (2006). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- ACEVEDO, G. F. (2016). *Diseño de una instalacion solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilo*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Josse Acevedo y Gomez.
- ACEVEDO, G. F. (s.f.). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3*.
- AGUIRRE, H. I. (2014). *Optimizacion del Bombeo de Agua Subterranea en un Tajo Abierto*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- BARBUT, M. (2009). La Inversión en Proyectos de Energía Renovable. *Fondo Para el Medio Ambiente Mundial*, 33.
- BRITAR, S. S. (2017). *Estudio de Factibilidad para la Implementacion de Sistemas Fovovoltaicos como Fuente de Energia en el Sctor Industrial de Colombia*. Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administracion-CESA-.
- CENGEL, Y., & CIMBILA, J. (2006). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- DE ALAMINOS, J. (2014). *Eatudio sobre las microneeds y su aplicacion a proyectos de electrificacion de zonas rurales*. Madrid : Energia sin fronteras.
- EnDEev/GIZ, P. (2013). Manual de Instalacion de un Sistema Fovovoltaico Domiciliario. *Instalación de Sistemas Fovovoltaicos*, 48.
- Eurostat. (03 de 09 de 2018). *Renewable energy statistics/es*. Obtenido de Renewable energy statistics/es.
- FRANCO, S. J. (2015). *Optimizacion del Sistema de Bombeo de Agua Subterranea, para Satisfacer su Demanda Volumetrica, en Volcan Compañia Minera S.A.A.-Unidad Chungar*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- JARA, F. C. (2018). *Implementacion de Energia Fovovoltaica para Optimizar el Costo por Consumo de Energia Electrica en Edificio Multifamiliar del Distrito de Baños del Inca Cajamarca*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- JARA, R. J., & RAMOS, C. J. (2018). *Diseño y Construccion de un Prototipo Automatizado de un Sistema de Bombeo de Agua para Riego, Pecuario y Consumo Humano Utilizando Energía Fovovoltaica*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- JIMÉNEZ, R., & LOPEZ, S. D. (21 de Junio de 2016). *Energía para el Futuro*. Obtenido de Energía para el Futuro.
- LEÓN, H. F., & BERRIOS, S. O. (2017). *Sistema de Riego Controlado con Feedforward Utilizando Energía Solar en La Localidad de La Trocha, Jayanca*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

- MEZA, C. K. (2014). *Planeamiento, diseño y evaluación técnica económica del diseño de riego del programa de frutales- fundo en la universidad Nacional Agraria La Molina*. Lima: Universidad Agraria la Molina.
- NUÑEZ, M. (27 de Agosto de 2018). Study of Perceptions on Clean and Self-Sustainable Energy. *IJMSOR*, 3(1), 15.
- OSINERGMIN. (2016). *La Industria de la Electricidad en el Peru*. Lima: Grafica Biblos S.A.
- SANCHEZ, B. M. (2016). *Diseño de un Suministro Eléctrico con Energía Solar Fotovoltaica para Mejorar la Productividad de Equipos de Bombeo Agrícola del Establo Gesa-Lambayeque, 2016*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.
- SÁNCHEZ, L. V. (2018). *Estudio de Factibilidad de uso de Sistema Fotovoltaico Para Reducir Costos de Energía del Fundo La Viña Batangrande, Chiclayo*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.
- SANCHEZ, Q. D. (2012). *Sistema de Energía Solar Fotovoltaica Aislado para Vivienda Unifilar Aislada*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- TEN, M., & BONI, A. (2016). Visiones de la electrificación rural en la Amazonía ecuatoriana. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 4-21.
- TEN, P. M., & BONI, A. A. (2016). Visiones de la Electrificación Rural en la Amazonia Ecuatoriana. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*(n°20), 4-21.
- VILLALOBOS, C. J. (2014). *Plan Maestro de Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica en la Región Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

ANEXOS

En las siguientes tablas se muestra el registro de radiación solar de los meses Enero, Febrero, Marzo y Abril

Anexo 1

Tabla 11. Niveles de radiación solar-Enero

Nivel de Radiación Solar Kw-h/m2 Mes de Enero 2019													
Horas	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
1/1/19	3.98	4.64	5.00	5.56	5.69	5.29	3.19	3.49	2.50	2.23	2.41	1.51	0.58
2/1/19	4.22	4.68	1.27	0.65	5.41	6.11	4.99	5.48	5.62	4.10	3.38	2.87	3.96
3/1/19	1.58	1.84	2.90	1.52	4.79	5.74	5.76	5.69	5.43	5.09	4.63	4.12	3.59
4/1/19	4.22	4.72	1.74	0.86	5.12	3.01	2.90	5.84	4.36	4.81	3.58	4.36	1.25
5/1/19	4.22	4.70	2.01	1.48	5.45	5.84	5.75	5.65	5.46	5.23	2.80	3.70	3.82
6/1/19	2.14	2.32	2.43	2.64	2.84	2.50	1.49	1.19	1.03	0.59	0.45	0.43	1.06
7/1/19	1.85	2.68	3.29	2.68	4.13	3.74	3.05	4.43	6.32	5.09	3.49	2.59	2.81
8/1/19	2.81	4.66	2.41	1.56	4.95	6.08	6.16	5.69	4.48	2.53	5.49	2.88	2.48
9/1/19	4.07	4.52	3.17	1.67	4.62	6.12	5.60	5.66	5.92	2.80	2.16	1.66	2.97
10/1/19	4.01	3.29	3.37	3.17	3.44	3.22	2.00	2.24	1.91	1.04	1.79	0.85	0.51
11/1/19	2.89	3.62	3.23	1.36	3.22	3.71	2.23	2.66	3.05	4.82	3.88	3.52	3.54
12/1/19	3.99	3.44	2.68	0.81	3.21	5.49	6.10	3.99	1.93	2.54	1.77	1.26	0.90
13/1/19	4.02	4.52	3.26	0.67	4.69	6.04	5.96	5.26	5.57	2.15	1.00	0.98	1.09
14/1/19	1.64	1.42	1.99	2.72	2.74	2.34	1.63	1.12	0.92	0.78	0.50	0.23	0.20
15/1/19	3.95	3.84	3.30	2.53	2.33	2.15	1.92	1.00	0.62	0.49	0.46	0.29	0.22
16/1/19	1.70	4.49	3.40	1.27	4.75	2.80	2.06	1.90	1.25	0.77	0.68	0.45	0.32
17/1/19	2.84	3.12	3.67	2.08	3.15	2.30	2.01	1.54	0.94	0.55	0.44	0.32	0.23
18/1/19	1.37	1.66	2.08	2.42	3.31	3.88	4.40	1.91	1.20	1.22	0.58	0.85	1.04
19/1/19	2.08	3.52	3.55	1.28	3.85	6.15	6.56	6.38	5.20	3.23	2.20	0.95	1.50
20/1/19	2.47	4.99	4.88	2.02	3.13	2.53	2.07	2.32	1.46	1.13	0.85	0.74	0.62
21/1/19	2.05	2.62	2.98	2.26	2.54	2.72	3.64	5.82	3.68	3.44	3.48	2.27	1.44
22/1/19	1.52	2.07	2.69	3.28	3.46	3.92	3.29	3.06	3.61	1.93	1.10	0.79	0.77
23/1/19	4.06	4.65	4.85	0.74	5.03	5.81	5.79	5.73	4.46	5.20	2.20	1.61	2.31
24/1/19	4.09	4.59	4.87	1.09	5.18	5.81	5.86	5.92	4.45	5.94	3.64	1.64	1.04
25/1/19	4.20	4.58	3.23	2.99	3.07	4.64	5.05	2.71	1.77	1.03	0.52	0.28	0.22
26/1/19	2.78	4.83	4.50	2.72	4.13	5.73	5.75	5.80	4.36	2.39	0.81	0.64	0.58
27/1/19	3.59	2.77	3.25	2.87	3.76	4.44	3.41	5.68	5.09	2.87	1.29	0.64	0.60
28/1/19	1.12	1.48	1.78	2.86	3.84	3.18	2.92	2.86	2.15	1.96	1.37	1.51	0.89
29/1/19	1.00	1.28	2.41	3.12	3.03	3.21	3.56	3.15	5.04	3.50	2.76	1.87	1.03
30/1/19	1.25	1.76	2.26	3.06	3.95	4.98	4.45	2.86	3.08	4.46	1.78	0.65	0.32
31/1/19	1.98	2.53	1.65	1.15	0.89	0.56	0.56	0.52	0.70	0.65	0.50	0.26	0.22

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Tabla 12. Niveles de radiación solar-Febrero

Nivel de Radiación Solar Kw-h/m2 Mes de Febrero 2019													
Horas	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
1/2/19	2.05	2.12	2.41	2.35	3.33	3.85	7.29	3.36	1.69	1.56	1.75	0.98	0.57
2/2/19	0.93	2.55	2.62	3.06	3.57	3.80	5.66	2.47	2.51	1.76	0.67	0.35	0.26
3/2/19	1.08	1.22	1.85	2.14	1.95	3.00	2.07	1.86	1.57	0.98	0.56	0.92	0.37
4/2/19	2.18	3.47	5.01	5.41	5.95	3.75	2.89	1.61	1.85	1.05	0.46	0.28	0.22
5/2/19	3.46	5.07	4.79	5.72	5.84	3.70	4.11	2.14	1.72	2.42	0.76	0.70	0.41
6/2/19	2.41	2.81	3.51	3.03	3.23	3.04	2.81	2.31	1.61	1.07	0.48	0.35	0.37
7/2/19	0.94	1.21	1.55	2.02	2.55	3.64	4.78	4.14	4.21	2.74	2.09	0.73	0.34
8/2/19	2.02	3.94	4.40	5.27	6.54	6.20	3.53	1.46	1.55	1.25	0.67	0.52	0.24
9/2/19	1.97	1.54	2.90	2.82	2.71	3.55	3.94	3.32	2.98	2.71	1.99	1.79	0.36
10/2/19	1.99	2.57	2.89	2.92	2.92	2.79	3.29	2.95	1.70	2.06	1.65	0.62	0.43
11/2/19	2.13	2.91	6.12	2.69	3.64	3.18	2.52	1.66	1.04	1.16	0.83	0.87	0.50
12/2/19	1.58	1.88	2.12	2.44	2.65	2.02	1.66	2.05	2.16	2.38	3.27	1.54	0.66
13/2/19	4.37	4.81	5.42	5.73	5.71	5.21	5.70	2.71	1.54	1.99	2.10	2.05	2.23
14/2/19	1.53	2.18	2.55	2.93	3.08	2.45	1.04	0.40	0.38	0.44	0.70	0.44	0.55
15/2/19	4.33	4.46	3.34	3.29	2.85	3.52	6.05	4.82	1.91	1.48	1.40	0.62	0.76
16/2/19	4.02	4.27	5.05	5.60	5.83	6.02	6.07	5.72	6.02	5.03	1.75	1.51	1.99
17/2/19	4.06	4.70	4.85	2.19	1.30	2.23	5.12	2.93	0.58	0.66	0.68	0.79	0.50
18/2/19	2.38	3.00	3.58	3.33	5.68	2.60	1.19	1.37	1.85	1.33	1.15	0.59	0.37
19/2/19	2.48	1.81	2.34	3.41	3.61	4.80	3.70	1.91	1.05	1.20	1.57	2.13	1.12
20/2/19	3.75	4.65	5.65	5.42	5.70	3.07	3.68	3.14	1.75	0.40	0.28	0.28	0.26
21/2/19	4.13	4.64	5.07	5.68	6.21	6.23	6.33	5.46	3.83	5.24	2.60	2.36	0.97
22/2/19	3.16	4.69	4.94	5.67	5.77	5.40	5.92	3.73	3.98	4.11	4.16	4.33	4.03
23/2/19	1.34	1.26	1.07	2.19	1.73	1.15	1.42	1.60	1.23	1.24	1.41	1.45	0.59
24/2/19	0.82	1.69	2.33	2.77	2.02	2.07	2.52	2.38	2.00	1.70	0.97	0.60	0.88
25/2/19	3.47	4.97	4.27	4.06	5.18	7.39	6.05	5.38	4.49	2.40	1.85	0.58	0.52
26/2/19	4.83	4.77	4.16	5.33	6.37	6.54	5.43	3.27	3.41	5.35	4.75	2.76	1.92
27/2/19	4.25	4.86	5.31	5.65	6.05	6.40	3.13	2.32	2.15	1.73	2.62	1.64	1.03
28/2/19	4.57	4.00	5.20	5.45	5.69	4.01	4.29	4.64	2.08	0.98	0.79	0.82	0.38

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Tabla 13. Niveles de radiación solar-Marzo

Nivel de Radiación Solar Kw-h/m2 Mes de Marzo 2019													
Horas	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
1/3/19	3.93	4.54	4.96	4.49	3.35	4.01	6.64	3.50	3.63	2.54	2.27	2.13	0.77
2/3/19	1.96	2.08	2.88	3.38	3.19	4.11	6.51	3.10	5.74	5.39	5.66	5.17	1.92
3/3/19	2.44	2.57	3.33	3.60	6.29	3.60	2.76	1.91	1.60	1.36	1.05	1.19	0.68
4/3/19	3.45	4.75	3.97	3.96	5.42	5.42	5.51	6.47	3.86	1.06	0.42	0.14	0.11
5/3/19	2.17	3.39	3.00	3.79	3.91	3.57	2.55	2.38	1.93	2.14	1.57	0.97	0.77
6/3/19	2.43	2.66	2.36	1.91	1.56	1.15	1.53	1.82	1.77	1.25	1.13	0.89	0.67
7/3/19	2.68	3.33	3.69	4.88	4.44	6.28	6.79	5.69	6.16	1.25	0.38	0.44	1.30
8/3/19	4.13	5.09	4.79	5.60	5.26	5.78	4.99	4.66	1.82	1.46	1.34	0.80	1.24
9/3/19	4.17	4.72	5.12	5.51	5.73	5.89	4.54	2.84	3.39	3.06	2.72	2.13	1.64
10/3/19	2.90	3.27	4.31	5.51	5.81	5.88	5.63	5.56	4.43	3.70	1.90	0.74	0.66
11/3/19	4.10	4.70	5.12	5.49	5.75	5.86	5.96	5.99	4.22	3.35	3.71	3.82	1.28
12/3/19	2.78	3.85	3.50	3.80	3.22	3.70	6.49	5.84	6.06	5.81	4.19	3.25	0.94
13/3/19	4.18	4.75	5.21	5.63	5.86	6.18	6.54	4.15	2.33	2.06	0.88	0.30	0.21
14/3/19	3.92	2.89	3.03	5.87	5.83	6.46	5.14	5.74	5.02	3.04	1.52	1.08	0.76
15/3/19	4.24	4.37	5.19	4.91	5.73	6.84	3.31	1.25	0.43	0.35	0.39	0.52	0.55
16/3/19	4.24	4.85	5.02	5.18	6.03	5.70	3.17	1.34	1.05	0.74	0.81	0.80	0.95
17/3/19	3.89	4.54	4.57	3.58	4.33	5.50	5.57	2.68	1.29	1.05	1.29	1.02	0.69
18/3/19	2.09	2.38	3.42	5.09	6.16	6.64	6.25	4.55	2.56	0.86	0.48	0.20	0.13
19/3/19	4.37	4.93	2.53	2.89	3.55	2.74	5.04	3.83	3.84	1.82	1.29	0.40	0.23
20/3/19	2.92	3.79	4.40	5.12	5.75	5.84	5.92	5.32	4.17	1.40	0.65	0.61	0.77
21/3/19	4.16	4.78	5.25	5.44	5.68	5.90	5.24	3.07	3.41	2.75	1.69	0.86	0.43
22/3/19	2.93	3.37	4.49	5.27	4.49	3.10	5.14	5.18	2.48	1.92	1.99	1.54	0.95
23/3/19	1.90	2.55	3.21	3.60	3.43	4.45	3.96	2.08	1.58	1.45	1.10	0.80	0.45
24/3/19	3.79	4.73	5.25	3.74	3.33	4.03	2.45	2.23	3.65	2.31	1.43	1.25	0.85
25/3/19	5.16	5.03	5.15	5.40	5.65	5.80	5.89	6.07	5.34	2.18	1.63	1.54	1.26
26/3/19	3.45	3.09	2.95	3.55	4.01	4.11	3.24	3.10	2.19	1.76	1.64	1.06	0.45
27/3/19	1.78	2.43	3.13	3.53	3.53	2.48	2.29	3.69	3.84	2.66	2.58	1.73	0.87
28/3/19	3.30	3.91	3.40	2.97	3.19	3.20	2.42	2.05	1.32	1.03	0.59	0.58	0.50
29/3/19	4.27	4.37	4.41	5.50	5.77	3.55	1.83	1.30	0.76	0.59	0.26	0.19	0.20
30/3/19	1.07	1.68	2.21	2.38	2.80	2.98	3.29	2.75	2.32	1.53	1.49	1.59	1.30
31/3/19	2.65	4.88	5.38	5.95	3.89	5.71	5.99	5.01	4.78	2.09	1.77	1.48	1.20

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Tabla 14. Niveles de radiación solar-Abril

Nivel de Radiación Solar Kw-h/m2 Mes de Abril 2019													
Horas	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
1/4/19	2.30	1.87	1.75	2.02	2.15	2.09	1.73	1.87	0.90	0.83	0.87	0.97	0.41
2/4/19	2.87	2.65	2.97	1.92	2.61	3.26	3.53	4.05	5.21	2.65	1.69	0.97	0.55
3/4/19	1.61	2.05	2.29	4.48	3.85	2.93	5.14	5.71	4.27	2.38	2.11	1.04	1.17
4/4/19	2.59	3.34	3.82	4.53	3.23	4.04	3.22	2.98	5.73	4.45	5.05	3.73	1.91
5/4/19	4.09	4.87	5.27	5.70	5.24	2.18	3.44	6.49	5.01	4.40	4.87	4.24	2.48
6/4/19	3.73	4.68	5.02	5.45	2.66	3.02	4.00	3.84	4.99	2.80	3.70	3.23	2.96
7/4/19	4.18	4.90	5.26	5.00	6.07	4.44	5.80	3.65	4.22	4.78	3.06	1.85	1.97
8/4/19	3.20	3.76	3.68	3.49	6.20	5.78	5.80	5.72	5.50	5.69	2.56	0.44	0.14
9/4/19	4.31	4.93	5.13	4.99	3.22	6.21	4.97	2.84	2.59	1.85	1.52	0.99	0.88
10/4/19	4.18	4.73	5.10	5.41	6.01	3.05	4.20	4.69	3.33	4.15	2.95	4.86	0.91
11/4/19	4.20	4.70	5.07	5.38	5.57	5.66	5.65	5.54	5.41	5.22	2.27	1.14	0.76
12/4/19	4.14	4.67	4.97	5.39	5.30	5.48	5.99	3.47	3.56	3.00	2.82	3.12	1.57
13/4/19	4.22	4.69	5.06	5.35	5.54	5.65	5.24	4.92	6.10	4.48	3.13	2.46	3.32
14/4/19	4.15	4.67	5.11	5.38	5.71	5.71	5.98	5.62	3.37	2.77	4.92	3.86	3.01
15/4/19	3.10	5.06	4.25	3.73	5.94	5.11	2.75	2.77	2.75	4.72	3.79	2.09	3.25
16/4/19	3.90	2.84	1.90	5.37	5.96	5.52	5.86	6.10	5.22	5.02	2.08	1.40	1.87
17/4/19	3.97	3.05	3.41	3.66	3.29	2.80	3.10	2.23	1.75	1.45	0.85	0.64	0.46
18/4/19	2.81	3.17	3.76	5.30	5.47	5.56	5.62	5.35	2.65	1.11	0.49	0.24	0.25
19/4/19	2.12	2.15	2.54	3.38	3.07	2.74	3.26	2.52	3.25	1.69	1.03	1.85	1.67
20/4/19	4.25	4.69	5.05	3.52	3.28	2.87	5.70	4.48	3.68	3.95	2.87	2.21	1.28
21/4/19	3.75	5.20	4.32	3.74	2.93	2.70	2.89	2.62	3.41	3.82	2.09	2.74	1.30
22/4/19	4.40	4.19	2.65	2.78	3.53	4.87	5.06	5.73	3.80	3.24	2.14	1.70	0.79
23/4/19	1.78	2.46	2.03	2.60	4.24	5.78	5.12	5.14	5.02	3.07	3.31	3.74	2.11
24/4/19	4.02	3.71	2.74	2.48	2.24	2.56	2.09	3.07	2.92	1.60	1.04	1.54	1.30
25/4/19	1.38	3.58	3.08	4.73	5.81	5.73	5.32	1.99	1.12	1.21	0.67	0.56	0.56
26/4/19	4.09	4.70	5.12	5.34	3.59	5.68	5.56	5.39	3.83	2.28	1.64	2.69	2.84
27/4/19	4.16	4.48	4.76	4.43	4.68	4.39	3.26	4.15	4.70	2.87	2.87	1.66	0.98
28/4/19	2.36	3.41	3.05	2.29	2.83	2.53	2.67	2.34	2.38	1.76	1.60	1.30	0.71
29/4/19	4.09	4.56	5.15	3.59	2.59	2.59	2.23	2.10	2.02	1.23	0.53	0.28	0.18
30/4/19	4.10	4.59	5.05	5.58	5.83	5.57	5.45	5.35	5.17	4.92	3.99	2.80	0.85

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Tabla 15. Distribución de Weibull-1

N°	Radiación Solar (KW-h/m2)	Mediana (M-0.3)/(N+0.4)	1/(1-M)	Y = $\ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	X = $\ln(\ln(Radiación\ solar))$	XY	X2
1	3	0	1	-7.01	1.1	-7.71	1.21
2	3.01	0	1	-6.13	1.1	-6.75	1.21
3	3.01	0	1	-5.66	1.1	-6.24	1.21
4	3.02	0	1	-5.35	1.11	-5.91	1.22
5	3.03	0.01	1.01	-5.11	1.11	-5.66	1.23
6	3.03	0.01	1.01	-4.91	1.11	-5.45	1.23
7	3.03	0.01	1.01	-4.75	1.11	-5.27	1.23
8	3.04	0.01	1.01	-4.61	1.11	-5.13	1.24
9	3.04	0.01	1.01	-4.49	1.11	-4.99	1.24
10	3.05	0.01	1.01	-4.38	1.12	-4.88	1.24
11	3.05	0.01	1.01	-4.28	1.12	-4.77	1.24
12	3.05	0.02	1.02	-4.19	1.12	-4.67	1.24
13	3.05	0.02	1.02	-4.11	1.12	-4.58	1.24
14	3.05	0.02	1.02	-4.03	1.12	-4.5	1.24
15	3.06	0.02	1.02	-3.96	1.12	-4.43	1.25
16	3.06	0.02	1.02	-3.89	1.12	-4.36	1.25
17	3.06	0.02	1.02	-3.83	1.12	-4.29	1.25
18	3.06	0.02	1.02	-3.77	1.12	-4.22	1.25
19	3.06	0.02	1.02	-3.72	1.12	-4.16	1.25
20	3.07	0.03	1.03	-3.67	1.12	-4.11	1.26
21	3.07	0.03	1.03	-3.61	1.12	-4.05	1.26
22	3.07	0.03	1.03	-3.57	1.12	-4	1.26
23	3.07	0.03	1.03	-3.52	1.12	-3.95	1.26
24	3.07	0.03	1.03	-3.48	1.12	-3.9	1.26
25	3.07	0.03	1.03	-3.44	1.12	-3.85	1.26
26	3.08	0.03	1.03	-3.4	1.12	-3.82	1.27
27	3.08	0.03	1.04	-3.36	1.12	-3.78	1.27
28	3.08	0.04	1.04	-3.32	1.12	-3.73	1.27
29	3.09	0.04	1.04	-3.28	1.13	-3.7	1.27
30	3.1	0.04	1.04	-3.25	1.13	-3.67	1.28
31	3.1	0.04	1.04	-3.21	1.13	-3.64	1.28
32	3.1	0.04	1.04	-3.18	1.13	-3.6	1.28
33	3.1	0.04	1.04	-3.15	1.13	-3.56	1.28
34	3.1	0.04	1.05	-3.12	1.13	-3.53	1.28
35	3.12	0.04	1.05	-3.09	1.14	-3.51	1.29
36	3.12	0.05	1.05	-3.06	1.14	-3.48	1.29

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Tabla 16. Distribución de Weibull-2

Nº	Radiación Solar (KW-h/m2)	Mediana (M-0.3)/(N+0.4)	1/(1-M)	Y = $\ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	X = $\ln(\ln(Radiación\ solar))$	XY	X2
37	3.12	0.05	1.05	-3.03	1.14	-3.45	1.29
38	3.13	0.05	1.05	-3	1.14	-3.43	1.3
39	3.13	0.05	1.05	-2.98	1.14	-3.4	1.3
40	3.13	0.05	1.05	-2.95	1.14	-3.37	1.3
41	3.13	0.05	1.06	-2.93	1.14	-3.34	1.3
42	3.14	0.05	1.06	-2.9	1.14	-3.32	1.31
43	3.15	0.05	1.06	-2.88	1.15	-3.3	1.32
44	3.15	0.06	1.06	-2.85	1.15	-3.27	1.32
45	3.16	0.06	1.06	-2.83	1.15	-3.26	1.32
46	3.17	0.06	1.06	-2.81	1.15	-3.24	1.33
47	3.17	0.06	1.06	-2.78	1.15	-3.21	1.33
48	3.17	0.06	1.07	-2.76	1.15	-3.19	1.33
49	3.17	0.06	1.07	-2.74	1.15	-3.16	1.33
50	3.18	0.06	1.07	-2.72	1.16	-3.15	1.34
51	3.18	0.07	1.07	-2.7	1.16	-3.12	1.34
52	3.19	0.07	1.07	-2.68	1.16	-3.11	1.35
53	3.19	0.07	1.07	-2.66	1.16	-3.08	1.35
54	3.2	0.07	1.07	-2.64	1.16	-3.07	1.35
55	3.2	0.07	1.08	-2.62	1.16	-3.05	1.35
56	3.21	0.07	1.08	-2.6	1.17	-3.03	1.36
57	3.21	0.07	1.08	-2.58	1.17	-3.01	1.36
58	3.21	0.07	1.08	-2.57	1.17	-2.99	1.36
59	3.22	0.08	1.08	-2.55	1.17	-2.98	1.37
60	3.22	0.08	1.08	-2.53	1.17	-2.96	1.37
61	3.22	0.08	1.08	-2.51	1.17	-2.94	1.37
62	3.22	0.08	1.09	-2.5	1.17	-2.92	1.37
63	3.22	0.08	1.09	-2.48	1.17	-2.9	1.37
64	3.23	0.08	1.09	-2.46	1.17	-2.89	1.37
65	3.23	0.08	1.09	-2.45	1.17	-2.87	1.37
66	3.23	0.08	1.09	-2.43	1.17	-2.85	1.37
67	3.23	0.09	1.09	-2.41	1.17	-2.83	1.37
68	3.23	0.09	1.1	-2.4	1.17	-2.81	1.37
69	3.23	0.09	1.1	-2.38	1.17	-2.79	1.37
70	3.24	0.09	1.1	-2.37	1.18	-2.78	1.38
71	3.24	0.09	1.1	-2.35	1.18	-2.77	1.38
72	3.25	0.09	1.1	-2.34	1.18	-2.76	1.39

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

Tabla 17. Probabilidad de Weibull

Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad	Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad	Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad
4.81	0.42	5.15	0.38	5.47	0.31
4.82	0.41	5.16	0.38	5.48	0.31
4.82	0.41	5.17	0.38	5.49	0.3
4.83	0.41	5.18	0.38	5.5	0.3
4.85	0.41	5.19	0.38	5.51	0.3
4.85	0.41	5.2	0.38	5.52	0.3
4.86	0.41	5.2	0.38	5.54	0.29
4.88	0.41	5.21	0.37	5.56	0.28
4.9	0.41	5.22	0.37	5.57	0.28
4.91	0.41	5.23	0.37	5.58	0.28
4.92	0.41	5.24	0.37	5.6	0.27
4.93	0.41	5.25	0.37	5.62	0.27
4.94	0.41	5.26	0.36	5.63	0.26
4.95	0.41	5.27	0.36	5.65	0.26
4.96	0.41	5.3	0.35	5.66	0.25
4.97	0.41	5.3	0.35	5.67	0.25
4.99	0.41	5.31	0.35	5.68	0.25
5	0.4	5.32	0.35	5.69	0.24
5.01	0.4	5.33	0.35	5.7	0.24
5.02	0.4	5.34	0.34	5.71	0.24
5.03	0.4	5.35	0.34	5.72	0.24
5.04	0.4	5.37	0.34	5.73	0.23
5.05	0.4	5.38	0.33	5.74	0.23
5.07	0.4	5.39	0.33	5.75	0.23
5.09	0.39	5.41	0.33	5.76	0.22
5.1	0.39	5.42	0.32	5.78	0.22
5.11	0.39	5.43	0.32	5.79	0.21
5.12	0.39	5.44	0.32	5.8	0.21
5.13	0.39	5.45	0.32	5.81	0.21
5.14	0.39	5.46	0.31	5.82	0.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

Tabla 18. Probabilidad de Weibull

Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad	Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad	Radiación Solar (KW-h/m ²)	Probabilidad
4.81	0.42	5.15	0.38	5.47	0.31
4.82	0.41	5.16	0.38	5.48	0.31
4.82	0.41	5.17	0.38	5.49	0.3
4.83	0.41	5.18	0.38	5.5	0.3
4.85	0.41	5.19	0.38	5.51	0.3
4.85	0.41	5.2	0.38	5.52	0.3
4.86	0.41	5.2	0.38	5.54	0.29
4.88	0.41	5.21	0.37	5.56	0.28
4.9	0.41	5.22	0.37	5.57	0.28
4.91	0.41	5.23	0.37	5.58	0.28
4.92	0.41	5.24	0.37	5.6	0.27
4.93	0.41	5.25	0.37	5.62	0.27
4.94	0.41	5.26	0.36	5.63	0.26
4.95	0.41	5.27	0.36	5.65	0.26
4.96	0.41	5.3	0.35	5.66	0.25
4.97	0.41	5.3	0.35	5.67	0.25
4.99	0.41	5.31	0.35	5.68	0.25
5	0.4	5.32	0.35	5.69	0.24
5.01	0.4	5.33	0.35	5.7	0.24
5.02	0.4	5.34	0.34	5.71	0.24
5.03	0.4	5.35	0.34	5.72	0.24
5.04	0.4	5.37	0.34	5.73	0.23
5.05	0.4	5.38	0.33	5.74	0.23
5.07	0.4	5.39	0.33	5.75	0.23
5.09	0.39	5.41	0.33	5.76	0.22
5.1	0.39	5.42	0.32	5.78	0.22
5.11	0.39	5.43	0.32	5.79	0.21
5.12	0.39	5.44	0.32	5.8	0.21
5.13	0.39	5.45	0.32	5.81	0.21
5.14	0.39	5.46	0.31	5.82	0.2

Fuente: Elaboración propia



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 un 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.

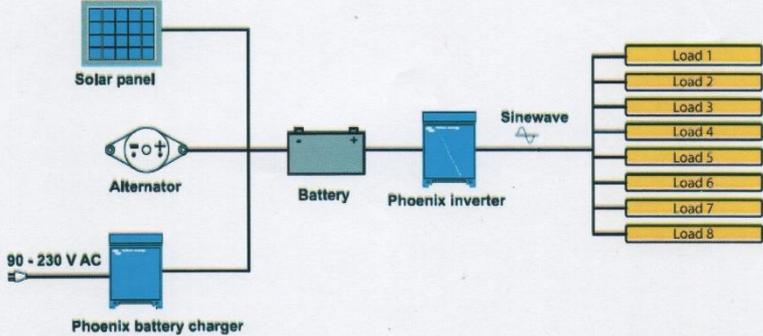
Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático
Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. 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).



Phoenix Inverter Compact
24/1600

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.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Figura 14. Inversor de corriente
Fuente: www.victronenergy.com

Anexo 10

	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, subsección 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				



Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX
Proporciona monitorización e control, de forma local e remota, no [PortalVRM](#).



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure](#))



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte el [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



Monitor de baterías BMV-700

El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

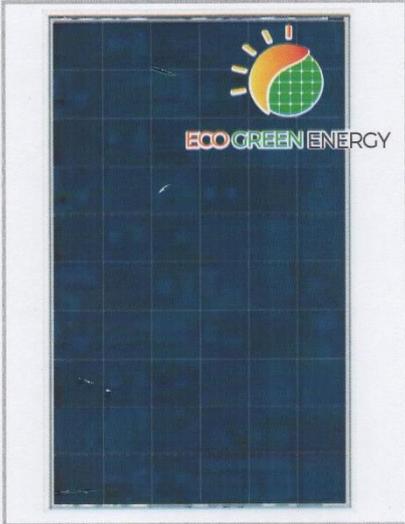
Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

Figura 15. Especificaciones técnicas de inversor
Fuente: www.victronenergy.com



te conecta con el sol

PANEL SOLAR EGE 270W POLICRISTALINO



Información general

EGE produce una amplia gama de paneles solares, desde 3W hasta 330W utilizando la última generación de celdas solares de alta eficiencia, tanto policristalinos como monocristalinos, estos paneles se pueden utilizar para diversas aplicaciones, con una garantía de alta eficiencia.

El compromiso de Eco Green Energy es ofrecer el mejor producto. Los paneles solares EGE son hechos sólo con celdas solares grado "A", que son los mejores en el mercado garantizando una eficiencia muy alta y más de 25 años de vida útil gracias a sus altos estándares sobre materias primas.








IEC 61215 / IEC 61730 / CE / ISO 9001:2015

-  Caja de conexión IP65 O IP67 con resistencia al agua para una larga durabilidad.
-  Marco de aluminio de alta calidad, puede resistir cargas de 5400 PA y presión del viento de 2400 PA.
-  Celdas de 5 bus bars con una eficiencia de hasta 19%.
-  Alto rendimiento en ambientes de poca luz.
-  Vidrio templado de bajo hierro brindando alta transmisividad.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC*	EGE-270W
Potencia máxima (Pmax)	270 W
Tolerancia de potencia	0-+5 %
Eficiencia del módulo	16,60 %
Voltaje máxima potencia	31,44 V
Corriente máxima potencia	8,59 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	38,45 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,03 A
*Condiciones Estándar de Medida: Radiación: 1000 W/m ² · Temperatura de las celdas: 25°C · AM: 1,5	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOC*	
Potencia máxima de salida (Pmax)	199,74 W
Voltaje máxima potencia	29,04 V
Corriente máxima potencia	6,87 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	35,51 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	7,33 A
*Temperatura Nominal de Operación de la Celda: Irradiación: 800W/m ² · Temperatura ambiente: 20°C · AM: 1,5 · Velocidad del viento: 1 m/s	
PARÁMETROS TÉRMICOS	
NOCT	45 °C ±2 °C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,41%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,31%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0,06%/°C
RANGO MÁXIMO DE TEMPERATURA	
Rango de temperatura de operación	-45 °C --+85 °C

www.conermex.com.mx info@conermex.com.mx Lada 01-800-363-7441

rv.110418

Figura 16. Panel solar
 Fuente: www.conermex.com.mx

PANEL SOLAR EGE 270W POLICRISTALINO

Máximo voltaje del sistema	1500 V
Rango máximo de capacidad del fusible	15 A
Máxima carga frontal (ejem. nieve)	5 400 Pa
Máxima carga posterior (ejem. viento)	2 400 Pa
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Tipo de celdas	Policristalino (156x156 mm)
Número de celdas	60
Dimensiones	1640x992x35 mm
Peso	18,8 Kg
Vidrio	3,2 mm vidrio templado
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de control	IP65 o IP67
Cable	0,9 mm
Conector	MC4 o MC4 compatible

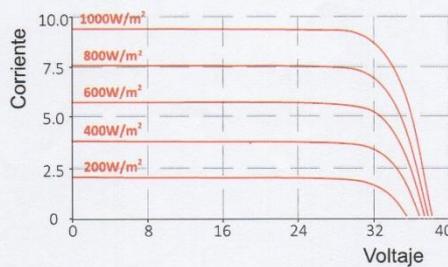
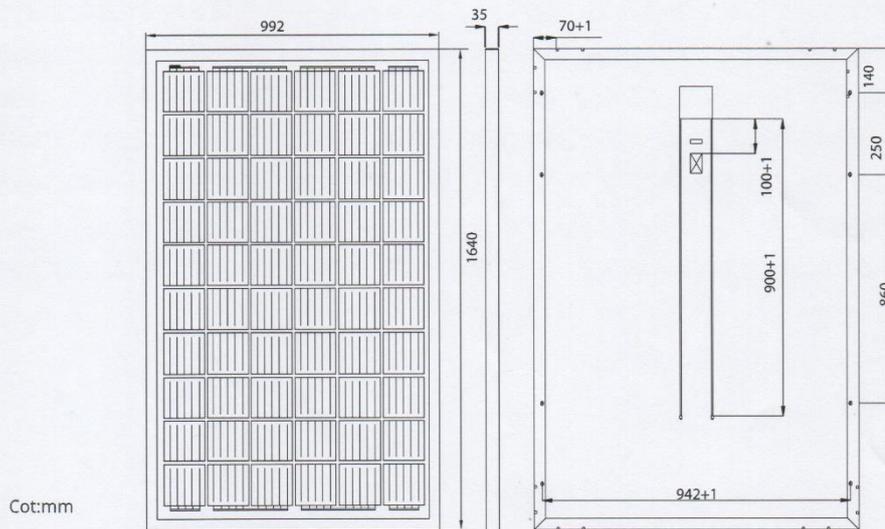


Figura 17. Especificaciones técnicas de panel solar
Fuente: www.conermex.com.mx