



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

“Factibilidad Técnico Económico Mediante la Implementación De Paneles Solares
Fotovoltaicos Para Accionar Las Bombas De Riego Agrícola En El Distrito De Pacanguilla
– Chepén – La Libertad”

AUTOR:

Talavera Leython, Jonathan Rolando (ORCID: 0000-0002-8236-3600)

ASESOR:

Ing. Alex Deyvi Tejada Ponce (ORCID:0000-0001-9844-1100)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación Transmisión y Distribución

Trujillo – Perú

2019

DEDICATORIA

Para toda mi familia, que siempre me sostuvo
de pie durante este largo camino y que abrirá nuevas
puertas y oportunidades.

“A un hombre no se le enseña nada: pero se le
guía para que pueda encontrar la solución
dentro de el mismo”.

“Haz las cosas lo más simple que puedas, pero
no te límites a lo simple”.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Jorge Salas Ruiz, decano de la facultad de ingeniería, al director de escuela Jorge Inciso Vásquez, en la realización de esta tesis.

Al Mg. Alex Tejeda Ponce, asesor de tesis, por el asesoramiento, carisma y por compartir esta nueva experiencia y meta trazada.

Gracias Dr. Jorge Eduardo Lujan López e Ing. Walter Castro Anticona por la labor compartir el tiempo y paciencia, sus conocimientos y experiencias profesionales.

Por último, agradecer aquellas personas que siempre estuvieron directa e indirectamente conmigo durante todo este tiempo y confiar en mi.

PAGINA DEL JURADO

Dr. Jorge Inciso Vásquez
PRESIDENTE JURADO

Dr. Jorge Eduardo Lujan López
SECRETARIO JURADO

Mg. Alex Deyvi Tejeda Ponce
VOCAL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jonathan Rolando Talavera Leython con DNI N.º 42641511, cumpliendo a los mandatos y requerimientos actuales asignadas en la Normativa de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, en la tesis: “Factibilidad Técnico Económico Mediante la Implementación De Paneles Solares Fotovoltaicos Para Accionar Las Bombas De Riego Agrícola En El Distrito De Pacanguilla – Chepén – La Libertad”.

Expongo bajo juramento:

- Mediante los valores obtenidos e información investigada y almacenada que sustento ante esta tesis tienen fines veraces y verídicos.
- Siendo de este modo, asumo con sensatez cualquier duplicidad, encubrimiento o descuido de información proporcionada, de esta manera, dispongo a cualquier incumplimiento ya antes mencionado por las normas académicas y políticas de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, y por la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Trujillo, Julio, 2019

Talavera Leython, Jonathan Rolando

DNI: 42641511

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PAGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
INDICE.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. METODO.....	11
2.1 Tipo y diseño de investigación	11
2.2 Operacionalización de variables:	11
2.3 Población, muestra.....	13
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	13
2.5 Procedimiento	14
2.6 Método de análisis de datos	15
2.7 Aspectos éticos.....	15
III. RESULTADOS	16
IV. DISCUSION.....	55
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	65

RESUMEN

Esta tesis sostuvo como objetivo primordial elaborar una propuesta técnica y económica mediante la implementación de un sistema fotovoltaico para accionar bombas de riego en una empresa agrícola en el sector de Pacanguilla - Chepén - La Libertad. La investigación tuvo una población de 6 casetas de sistema de riego y cada uno estaba compuesta por 9 bombas, se tomó como muestra 1 caseta del sistema de bombas de riego, que estaba compuesta por 9 bombas. El diseño en esta presente investigación es no experimental, de estudio tipo descriptivo, de esta manera pretende observar la relación existente entre la potencia solar y el costo de consumo eléctrico, sin manipular los resultados., estos se midieron a través de la consulta del software PVsyst para conceptualizar el valor de la irradiación solar en la zona, se utilizó el valor más crítico de $4,74 \text{ kwh}/.m^2$, también se determinó el costo de consumo eléctrico a través de cálculos y seleccionando los componentes del sistema fotovoltaico autónomo, estuvo compuesto por: panel fotovoltaico, controlador, batería o acumulador, inversor, Los componentes seleccionados cumplieron las normativas calidad y seguridad de acuerdo al ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 viables para la aplicación. El costo de inversión fue de S/. S/.1 009,149.72 con un beneficio útil anual de S/.274 694,46 obteniendo un ROI de 3 años. De acuerdo con los valores alcanzados se determinó que la investigación es beneficiosa y viable para la aplicación, siendo un estudio importante para la industria agrícola, así como también para el medio ambiente.

Palabras claves: energía fotovoltaica, panel fotovoltaico, máxima demanda.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to prepare a technical and economic proposal through the implementation of a photovoltaic system to operate irrigation pumps in an agricultural company in the Pacanguilla - Chepén - La Libertad sector. The investigation had a population of 6 booths of irrigation system and each one was made up of 9 pumps, was taken as sample 1 booth of the irrigation pump system, which was composed of 9 pumps. The design of the present research was non-experimental, descriptive study, because it aims to observe the relationship between solar power and the cost of electricity consumption, without manipulating the results. These were measured through the consultation of PVsyst software for conceptualize the value of the solar irradiation in the area, the most critical value of $4.74 \text{ kwh} / \text{m}^2$ was used, the cost of electrical consumption was also determined through calculations for the sizing of the autonomous photovoltaic system. The photovoltaic system was composed of: photovoltaic panel, controller, battery or accumulator, inverter, The selected components met quality and safety standards according to ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 standards for the application. The investment cost was S / .1,009,149.72 with a useful annual benefit of S / .274,694.46, obtaining a ROI of 3 years. In accordance with the values achieved, it was determined that the improvement proposal is profitable and viable for the application, being an important study for the agricultural industry, as well as for the environment.

Keywords: photovoltaic energy, photovoltaic panel, maximum demand.

I. INTRODUCCION

En las últimas décadas, el consumo de energía a nivel global se ha incrementado a gran escala, alrededor de 3000 millones de personas utilizan combustibles contaminantes e incluso en las agroindustrias e industrias, pero mediante los avances tecnológicos energéticos la energía renovable desempeña un papel importante para asistir a los países a fomentar sistemas energéticos avanzados y seguros. Motivadas por el constante descenso de los costos, las industrias y empresas eléctricas de todo el mundo están creando sus propias centrales solares

Esta energía es una de las alternativas que están en crecimiento para reducir la quema de combustibles fósiles. Las regiones peruanas, por encontrarse cerca de la línea Ecuatorial, posee gran cantidad de sol durante todo el año. De acuerdo a las instituciones nacionales de meteorología y energía, posee una irradiación por año en la sierra de 5.5 a 6.5 kWh/m²; 5.0 a 6.0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de 4.5 a 5.0 kWh/m²

Las empresas peruanas dedicadas a la agroindustria y agricultura suelen tener los mismos o similares inconvenientes en sus instalaciones y sistemas de riego, el exceso de energía generándose elevados costos y gastos en su consumo energético.

La empresa agrícola se encuentra en la carretera panamericana norte km 733 con carretera de ingreso a la agrícola Cerro Prieto, del distrito de Pacanguilla, provincia de Chepén, Departamento de La Libertad. Se determinó en la empresa inconvenientes como: exceso de consumo energético de 100 kW cuya potencia instalada es de 600 kW, así mismo existen cortes de energía eléctrica por parte de la concesionaria, aproximadamente 4 veces al mes produciendo paradas de operación de 2 a 3 horas generando pérdidas económicas, por otra lado las casetas donde se encuentra el sistema de bombas de riego, no cuentan con un sistema de iluminación, así mismo cuando se realizan las operaciones e inspecciones de noche, no se efectúan de manera favorable. De esta manera se pretende realizar la factibilidad técnico económico, para reducir el costo del consumo energético de demanda máxima proveniente de la red eléctrica, con la implementación de energía solar fotovoltaica, siendo la alternativa de solución a esta investigación.

Esta investigación halló trabajos previos de investigación que hacen referencia como la Tesis Para Bitar y Chamas (2017) en su tesis: “Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia” del Colegio de Estudios Superiores de Administración CESA, tuvo como objetivo: llevar a cabo el estudio de factibilidad técnico/financiera para la comercialización de paneles solares en el mercado de Colombia enfocado al sector industrial. Esta población evaluada cambiaría fuentes limitadas por fuentes reemplazables, como la solar, aunque sus costos fueran altos. Teniendo un valor de \$15.16 por kWh siendo la más costosa de Suramérica. Cuenta con una radiación de 5 a 6 HPS con promedio de 5 a 6kwh/m², para la elección del proveedor del panel FV de los cuales se obtuvo un 15.27% de eficiencia y una potencia máxima de entrega del 75% fue la empresa TRINA, para el inversor en los rangos de capacidad para industrias desde 10kwp a 500kwp entregan más de un 95% de eficiencia, a pesar de ser la más cara de los proveedores seleccionados quien tuvo mayor calificación fue la empresa ABB con modelo PRO 33kw TL-OUTD por contar con protección NEMA 4X garantizando mayor protecciones climatológicas con una eficiencia de 98% obteniendo menos perdidas en la conversión, siendo la instalación del proyecto 10kw, con 40 paneles de 250w policristalinos con eficiencia mayor a 15%, modelo ALLMAX 250P 35 años vida útil siendo su costo de \$598,018.00, inversor ABB 11W PVI-10.0-I-OUTD con eficiencia de 96.5% y un costo de \$15,156. 881, entre los accesorios de instalación los conductores son de la especificación AWG 12 uso externo. La propuesta de inversión sería de \$60,000,000,00, pero de acuerdo a beneficios tributarios por generación de energía renovable de 1kw en Colombia tendría un descuento de 50% a \$30,000,000.00 a partir del segundo año, así misma se aplica la depreciación acelerada de los equipos en periodo de 5 años, del VAN con costo promedio de 6.53% de acuerdo al promedio ERV se obtuvo un valor de \$27,120,515.73, y teniendo un TIR del 20% , y playback de tres años y nueve meses, determinando la viabilidad de la investigación..

Así mismo Así mismo, Nieto (2017) sostiene en su tesis: “Estudio de factibilidad técnica y económica para implementar un sistema de generación de energía renovable no convencional, para una piscicultura experimental de recirculación de agua en la Empresa Cobia del desierto de Atacama SpA, ubicada en la comuna de Mejillones” de la Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería Civil Industrial. Su objetivo fue: justificar la factibilidad técnica y económica, mediante el uso de evaluadores económicos, determinando ser viable la generación energética del sistema solar enfocado en transportar el agua y

preservar su calidez, mediante indicadores estipulados en el cultivo de Cobia, calificado a resistir la erosión de agua salada. Para la utilización del agua contenida son 9 bombas de 2.7HP, las de salida y entrada son de 1.5HP, para lo cual se desea mantener a 27°C para mantener la calidez de este tipo de pez de aguas cálidas a este habita ya que la empresa cuenta con alta producción en la venta de esta especie, reducir sus costos de energía y uso de caldera que genera más contaminación por una SWH (solar wather header). Habiendo llegado a las conclusiones que: al emplear este proyecto dará ganancias a mediados y largo plazo que serán favorables para la economía de la empresa, de tal manera contribuyendo en lo ambiental, diversificando paradigmas y doctrinas en el suministro energético de fuentes limpias. Dichos componentes que se han tomado en cuenta son: un tablero de control, un regulador de 600V/600A, un inversor 350 - 700KW, paneles solares 250W conexión 56 en paralelo y 25 en serie siendo esto 499.52A dados al sistema de los cuales el total a instalar sería de 1400 paneles FV con un total de superficie de 5.045m², montaje, banco de acumuladores 12V/200Ah, dispositivos y cableados. Con una captación de energía de 1.1kw/m². Del valor que paga la empresa por kWh en el año en curso \$64.577 y mensual promedio \$3,931.136 con un total anual de \$47,173.631. El valor actual instalado sería de una inversión de \$383,110.196, proyectado a 25 años duración y garantía del sistema con eficiencia del 80%, haciendo la evaluación del ROI a 4 años, y a los 8 años siendo un total de \$425,377.981, para lo cual la inversión sin PFV sería de \$832, 839.00 y el TIR de 10.026% en 25 años.

De la misma manera Sostuvo Ahumada (2017) en su tesis: “Diseño del Sistema de Bombeo Automatizado con Energía Fotovoltaica para la Planta de Tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila” de la Universidad Nacional del Altiplano, de la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas, su objetivo fue: realizar el diseño de un sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica. Al analizar y hacer la interpretación de resultados: se valida los datos de los cálculos mediante la simulación en el software Pvsyst 6.43, esta herramienta diseña sistemas energéticos FV que fue elaborado en el Centre ‘Universitaire d’Etude des Problèmes de l’Energie de la Universidad de Génova, permitiendo el análisis de datos de funcionamiento sistemas OFF GRID u ON GRID, proporcionando bases de datos climáticos y de componentes FV. De manera que es utilizada por los especialistas en energías renovables FV, así como también obtener la cantidad de irradiación promedio de cada mes. Los cuales nos darán la factibilidad técnica del proyecto para su implementación.

Conforme con Salavarría (2016) en su tesis: “Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que enlaza la universidad cesar vallejo con el Distrito De Morales Provincia De San Martín” de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo departamento la Libertad, su objetivo fue: analizar y seleccionar fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público. Luego de haber realizado un estudio exhaustivo se concluyó: Que, según la ubicación geográfica de la carretera para el alumbrado público, tiene una irradiación de 3,4kwh/m². De esta manera se pudo establecer los parámetros para los paneles fotovoltaicos como el ángulo de inclinación de 22,6° en invierno y -7,6° en verano. Se consideró que la Luminaria para el alumbrado vial debe tener una potencia de 55W, tipo de módulo GREENVISIÓN XCEED BRP 371 de 4800 lúmenes con una vida útil de 50 mil horas. Se eligió un módulo con eficiencia y tiempo de durabilidad para las lámparas convencionales de vapor de sodio. Durante el cálculo mecánico y de alumbrado de vías, lo cual obtuvo un ROI a 10 años, de esta manera asciende la inversión a \$564,319.00, siendo el montaje de 133 postes de alumbrado público. Definiendo un beneficio útil \$55,924.00 por año.

Acorde con Clemente (2014) en su tesis: “Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas alto andinas” de la Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de ingeniería mecánica. Siendo su objetivo fundamental: mejorando la electricidad en viviendas alejadas mediante energía FV. Luego del exhaustivo estudio detallado se concluyó que: En viviendas altoandinas a más de 3800 m.s.n.m de este sector la emisión de la luz del sol suele ser constante entre 5.8 a 5.9 HPS diariamente sobrepasando los 6kwh/día equivalente a 1.051% de la radiación inspeccionada, cantidad necesaria para producir energía eléctrica, lográndose instalar 31 paneles FV. Dichos componentes que se utilizaron en el procedimiento se hicieron de acuerdo con lo estipulado por las bases requeridas en luminosidad optando por: un panel FV SOLARLAND mono cristalino 12V-85Wh máxima potencia con inclinación 30° y 45°, acumulador RITAR MONOBLOCK-GEL12V-60Ah, un regulador CA10-2.1/10A y cables calibre AWG 12 y 10 vulcanizado. La fase de evaluación técnica dio favorables respuestas considerándose 6 HPS en el intervalo de 10 de la mañana y 3 de la tarde, fluctuando de 40.37Wh a 48.55Wh.

Conforme con Ramos y Valdivia (2016) en su tesis: “Factibilidad técnico-económica de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica autónoma para la UANCV mediante la instalación de paneles en los techos de las pérgolas peatonales del campus universitario”,

por la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca. El objetivo principal fue determinar la factibilidad técnico-económica de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica autónoma para la UANCV. Así mismo se realizaría el recambio de luminarias externas e internas de los ambientes de la universidad por el tipo led, permitiendo un ahorro del 35%, del cual la universidad suele pagar un promedio de cien mil soles mensual costando 0.43 soles kWh, por lo tanto, se considera rentable y factible la instalación de energía FV ya que tiene una duración de 25 años, el área establecida sería de 2320m² equivalente a 7kwh.m², suficiente para abastecer la área asignada y algunas otras más, también se obtuvo un nivel de confianza del 95%, siendo la inversión de S/.399,500.00 nuevos soles, del ahorro mencionado se obtendría un ROI a 11 meses y a largo plazo de 2 años, obteniendo ganancias futuras de 23 años. De las cuales sus conclusiones fueron: el mal tiempo, nublado o lluvias, sería el percance de la producción de energía mediante energía solar fotovoltaica, sin embargo, el sistema cuenta con equipos acumuladores para lo cual esto se vería parcialmente solucionado.

Convenientemente para Tejeda (2015) en la tesina: “Estudio técnico económico para la implementación de energía eléctrica fotovoltaica para el sistema de alumbrado decorativo ornamental del parque de las aguas en el distrito de Víctor Larco herrera” de la Universidad Cesar Vallejo, escuela de ingeniería mecánica eléctrica de Trujillo la Libertad. Su objetivo principal fue de: realizar el estudio técnico para el montaje de energía fotovoltaica para el sistema alumbrado decorativo en el parque de aguas. De lo cual se concluyó: que es técnicamente viable, mediante los cálculos realizados, el dimensionamiento basado en los modelos de cálculos, para la selección de distintos equipos en función de datos técnicos que fueron necesarios para los cálculos además de su capacidad, rendimiento, precio de venta, costo de operación y costo de mantenimiento. También se realizó el estudio económico para la instalación obteniendo resultados de costos favorables para la ejecución de la implementación de dicho alumbrado decorativo. Para este caso son luminarias LED de 12W y con horas de trabajo de 4 horas continuas, la máxima demanda proyectada sería de 2.4kwh/día, el sistema real tiene 1.2kwh/día, se halló una radiación promedio de 6.50kwh/m². Se seleccionó para esto 32 paneles solar 85W mono cristalino CNBM LEDERS, 3 reguladores de carga 35A XANTREX C CONTROLLER C35 y 2 MMPT 100/40A PHOCOS, inversor 220V AC – 24V CC y 14 baterías SG2000 200 Ah KUHN, conductores TWH-90 calibre 4-6-8-10-12 mm². La inversión inicial sería de \$12,820.00, obteniendo un ROI a 5 años y 2 meses TIR al 15% con un beneficio de \$840.96 al año.

Para Necochea y Ramírez (2016) en su tesis: “Diseño de un sistema fotovoltaico suministrar parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo r4 en la Ciudad de Trujillo” de la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica. Al Diseñar un sistema de suministro alterno para aprovechar la electricidad para abastecer una vivienda tipo R4. Llegando a las conclusiones que: se analizó y seleccionó los artefactos eléctricos logrando abastecerlos de la energía fotovoltaico permitiendo independizar 4095W aprovechando un promedio de 3320Wh diariamente y casi 100kWh mensuales. Se dimensionó los componentes del sistema fotovoltaico: 5 panel FV 250W/6.62A mono cristalinos CSUN 250-60M/24VDC, regulador de carga 41.375A PHOCOS MPS 45A -24V, inversor VITRON ENERGY PHOENIX INVERTERS 24/5000W, 12 baterías de 12 VDC/137Ah marca TROJAN 5SHP-GEL colocadas en paralelo, estableciendo una metodología de diseño con todos sus parámetros de cálculo y tolerancias razonables acorde y de manera compatible con los requerimientos del usuario atendiendo parte de su consumo energético. Se analizó sus resultados cubriendo las exigencias que el diseño requería evaluar la operatividad, los requerimientos del usuario doméstico y la factibilidad de reducir la cantidad de electricidad de la vivienda tipo R4.

En la elaboración de esta investigación fue necesario fundamentar científicamente, tecnológicamente y humanísticamente lo concerniente a **energía solar fotovoltaica** según el autor Style (2012) “un sistema solar fotovoltaico autónomo o aislado convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica almacenándola en una batería para su uso posterior” (pág. 2).

Según Style(2012) menciona que la intensidad de rayos llega del sol como la irradiación solar, en radiación directa y radiación difusa. La directa viene del sol y la difusa después de ser dispersada en las nubes o polvo y la unión de las dos irradiaciones es llamada radiación global (pág. 14).

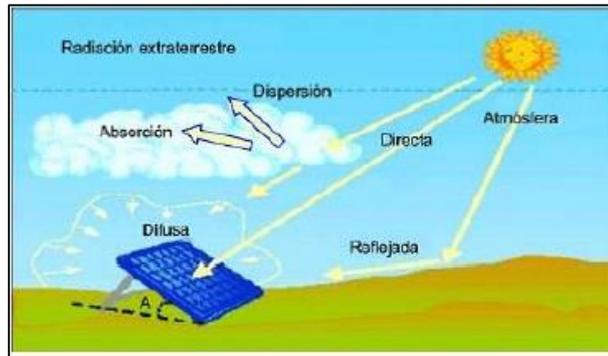


Figura. 1 tipos de radiación solar

Fuente: (Ricardo Berru, diciembre-2009)

Según Mascaròs (2016) “**la Hora solar pico** viene hacer la cantidad de tiempo en su máximo punto en que se encuentra el sol y viene dado por un valor ficticio 1000 W/m², lo cual seria el total de irradiación real de ese punto del día” (pág. 42).

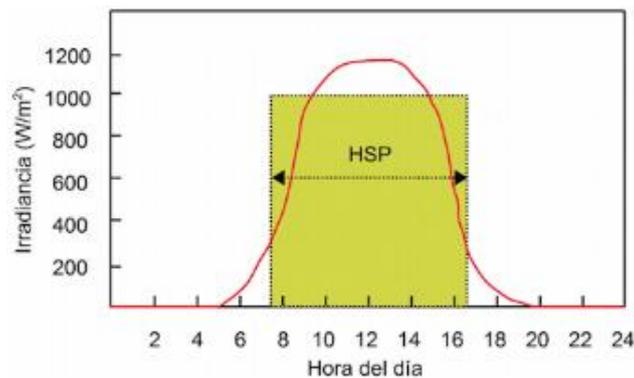


Figura. 2 hora solar (HSP) pico

Fuente: Vicente Mascarós Mateo (2016, p.42)

Según Luque & Hegedus (2003) la **declinación solar** es una línea que forma el sol con la tierra formando un ángulo con el plano ecuatorial. Este valor sin embargo es variante durante el año siendo de 23. 45° y -23. 45° respectivamente, sin embargo, en primavera y otoño el ángulo que forma es cero, de esta manera el Sol forma un eje perpendicular con el ecuador para lo cual permanecen iguales durante el día y la noche (pág.907).

Además, menciona que los **componentes del sistema fotovoltaico**: son

- Generador: convierte la radiación solar en energía eléctrica.
- Acumulador: almacena la energía proveniente del módulo.

- Regulador: controla la energía producida por el módulo, la carga de la batería, y las cargas en CC y AC.
- Carga: es la energía consumida por los equipos eléctricos.

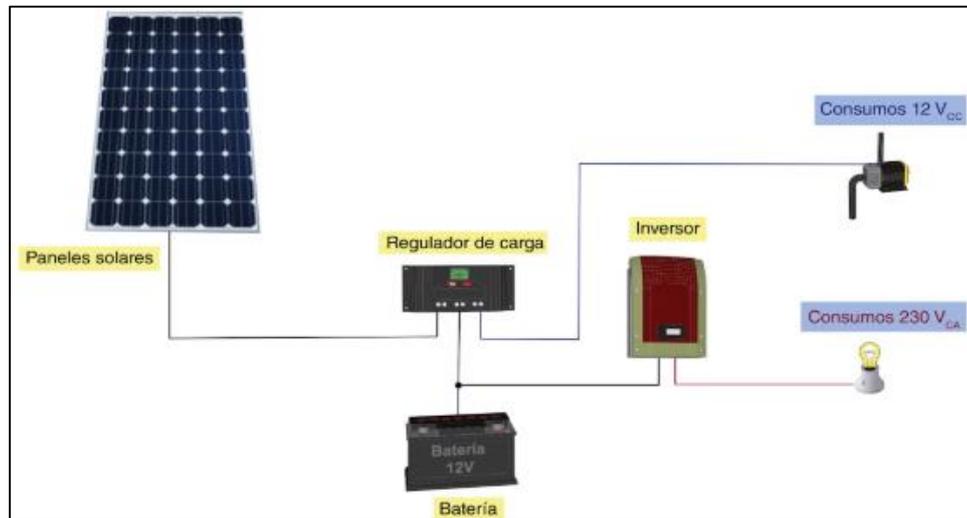


Figura. 3. esquema sistema autónomo.

Fuente: (Mario Baselga Carreras,2019)

Según Focer (2002) La energía proveniente del sol se transforma directamente en energía eléctrica mediante los paneles fotovoltaicos. (pág. 6).

Según Pareja (2010) **Paneles Solares Monocristalinos:** “Este tipo de paneles están compuestos por un sistema cristalino de forma ordenada, obteniéndose a partir de silicio puro fundido mezclado con boro, determinando el azul oscuro y metálico”(pág.11).

Según el autor PERPIÑÁN (2015) el controlador “ es un dispositivo electrónico que cumple una función de suma importancia que es controlar el flujo de corriente generado por los paneles solares a fin de que se produzcan sobrecargas y descargas de las baterías causando su posterior deterioro, para este motivo es adecuado implementar este equipo para acumular energía en las baterías”. (pág. 101).

Por lo tanto, Salavarría (2016) “manifiesta que las **baterías** son parte esencial en el proceso de generación fotovoltaica, permitiendo acumular la energía producida por el panel solar abasteciendo a los componentes del sistema” (p.25).

- Dar Protección a la batería requiere colocarla en la superficie de una madera, aislado, acondicionado, lejos de la luz solar.

- Hay clases de baterías especiales para la instalación solar, mayormente se usa baterías de litio, gel, etc.



Figura 4: Batería solar

Fuente: (Energía Solar, 2017)

Según Castrejon & Santamaria(2011) “para transformar la energía que se genera o produce del dispositivo tiene la capacidad de mantener la frecuencia que nos resulte una corriente alterna” (pág.107). en este sentido existen 2 formas o tipos:

- **Inversor en sistemas fotovoltaicos autónomos**

Estos están conectados a la salida de ambos terminales del acumulador, a su vez cumple con regular la carga del acumulador.

- **Inversor en sistemas FV ON GRID**

Se conecta de forma directa al panel solar y debe resistir la variación de la tensión suministrada para el uso que se le desea dar. Estos entregan en monofásica o trifásica con potencias de 1kw a centenas de kilowatts.

Conforme a Focer. (2002) manifiesta que los componentes de los equipos fabricados e integrados cumplen cuatro funciones principales. (p.6).

- Convertir directa y de manera eficiente la EF.
- Acumular la generación de energía eléctrica.
- Abastecer el consumo de suministro eléctrico producido y almacenado de manera conveniente.
- Aprovechar la energía adquirida y almacenada eficientemente.

La demanda máxima, consumo energético necesario que se ha producido durante un lapso determinado; sea anual, mensual o diaria. La demanda máxima real viene hacer la energía requerida por el consumidor o usuario. (MINEN-CNE, 2011).

Según Luque and Hegedus(2003) la Inclinación Optima Para Panel Solar ($\beta_{\beta,\alpha}$).Es la inclinación especifica más adecuada que debe tener el panel solar para garantizar que tanta energía se puede lograr de forma óptima y ser captada y aprovechada por el panel solar. (pág.942).

PVsyst irradiación solar esta herramienta diseñada se ha elaborado en el Centre 'Universitaire d'Etude des Problèmes de l'Energie (CUEPE) de la Universidad de Génova. Es diseñado y usado por especialistas para efectos de ingeniería. Incluye una data de ayuda contextual. PVsyst puede importar datos meteo, mediante las coordenadas satelitales y la ubicación del lugar de estudio. Permite el estudio de sistemas FV OFF GRID o ON GRID, incluye un eficaz data meteo climáticos, es la más recomendada en la amplia elaboración de proyectos de ingeniería en SFV. (PVsyst 2019).

Formulación del Problema: ¿Es factible implementar un sistema fotovoltaico para reducir los costos de consumo eléctrico en el sistema de bombas de riego agrícola en el distrito de Pacanguilla - Chepén- La Libertad?

Esta presente investigación se **justifica metodológicamente** porque mediante el uso de herramientas y técnicas confiables para el desarrollo de las variables, de manera que con las próximas investigaciones y con en el uso de estos se puede evaluar, cualificar y cuantificar estas variables de formas diferentes. Asimismo, se justifica de manera **tecnológica** porque permite implementar una alternativa de solución tecnológica para la energización e innovación de las empresas en el sector agrícola. Por otro lado, de justifica de manera **ambiental** porque permite reducir la contaminación ambiental, contribuyendo de esta manera que se puedan preservar los ecosistemas.

Objetivos:

Objetivo general:

Elaborar una propuesta técnica y económica mediante la implementación un sistema fotovoltaico para accionar las bombas de riego agrícola del sector de Pacanguilla – Chapén - La Libertad.

Objetivos específicos:

- Obtener los datos de irradiación solar existentes de la zona para el procedimiento de cálculos respectivos.
- Cuantificar el consumo de máxima demanda requerida por las bombas de riego.
- Calcular y seleccionar componentes que son parte de la instalación del SFV.
- Realizar la evaluación técnica de la instalación SFV para la implementación en el sistema de bombas de riego.
- Determinar el análisis económico y financiero de la propuesta.

Hipótesis: Hi: Es factible implementar un sistema fotovoltaico para reducir el costo de consumo eléctrico en el sistema de bombas de riego agrícola en el distrito de Pacanguilla-Chapén - la Libertad.

II. METODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

El diseño de investigación de la presente tesis fue no experimental, de estudio tipo descriptivo, porque pretende observar la relación existente entre la potencia solar y el costo de consumo eléctrico, sin manipular los resultados.

2.2 Operacionalización de variables:

- Variable independiente: potencia solar
Indicadores: irradiación solar, máxima demanda
- Variable dependiente: costo del consumo eléctrico
Indicadores: costos de inversión, beneficio económico

Tabla 1
Operacionalización de variables

variable	indicadores	Definición conceptual	Definición operacional	índices	Escala
Potencia solar	Irradiación solar	Cantidad transferida de energía luminosa en forma de ondas y que se puede medir su magnitud incidente en un área o superficie durante un tiempo.	Es la intensidad de rayos de luz emitida a dispositivos semiconductores a una superficie dada, en un lapso.	Cantidad radiación emitida $\left[\frac{Wh}{m^2}\right]$	Cuantificado
	Demanda Máxima	Es la máxima carga que se brinda a un sistema eléctrico durante su operación.	Es la potencia necesaria en el consumo eléctrico que utilizaremos en el SF	Acumulación de energía eléctrica utilizada [Watts]	Cuantificado
Costo de consumo eléctrico	Paneles solares	Es un dispositivo eléctrico que absorbe la energía emitida por la luz de sol para su utilización.	Dependiendo de la potencia requerida se necesitará un cierto número de paneles	# Número de paneles solares	Cuantificado
	Beneficio económico	Ganancia que se obtiene de una inversión.	Es la utilidad que se obtendrá con la implementación del SF	Registro de precios de energía eléctrica [S./año]	Cuantificado
	Costos de inversión	Es el costo de implementación	Dependerá del total de equipos	Costos totales de	Cuantificado

del sistema fotovoltaico	que necesitaremos	instalación, equipos, mano de obra [S/.]
-----------------------------	----------------------	--

Fuente: propia del investigador.

2.3 Población, muestra

Población: en esta investigación la población fueron las 6 casetas de sistema de riego en la agrícola y cada uno está compuesta por 9 bombas.

Muestra: se tomó a modo de estudio 1 caseta del sistema de bombas de riego que está compuesta por 9 bombas.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la tabla siguiente tenemos la forma de recolección de datos en mejor detalle:

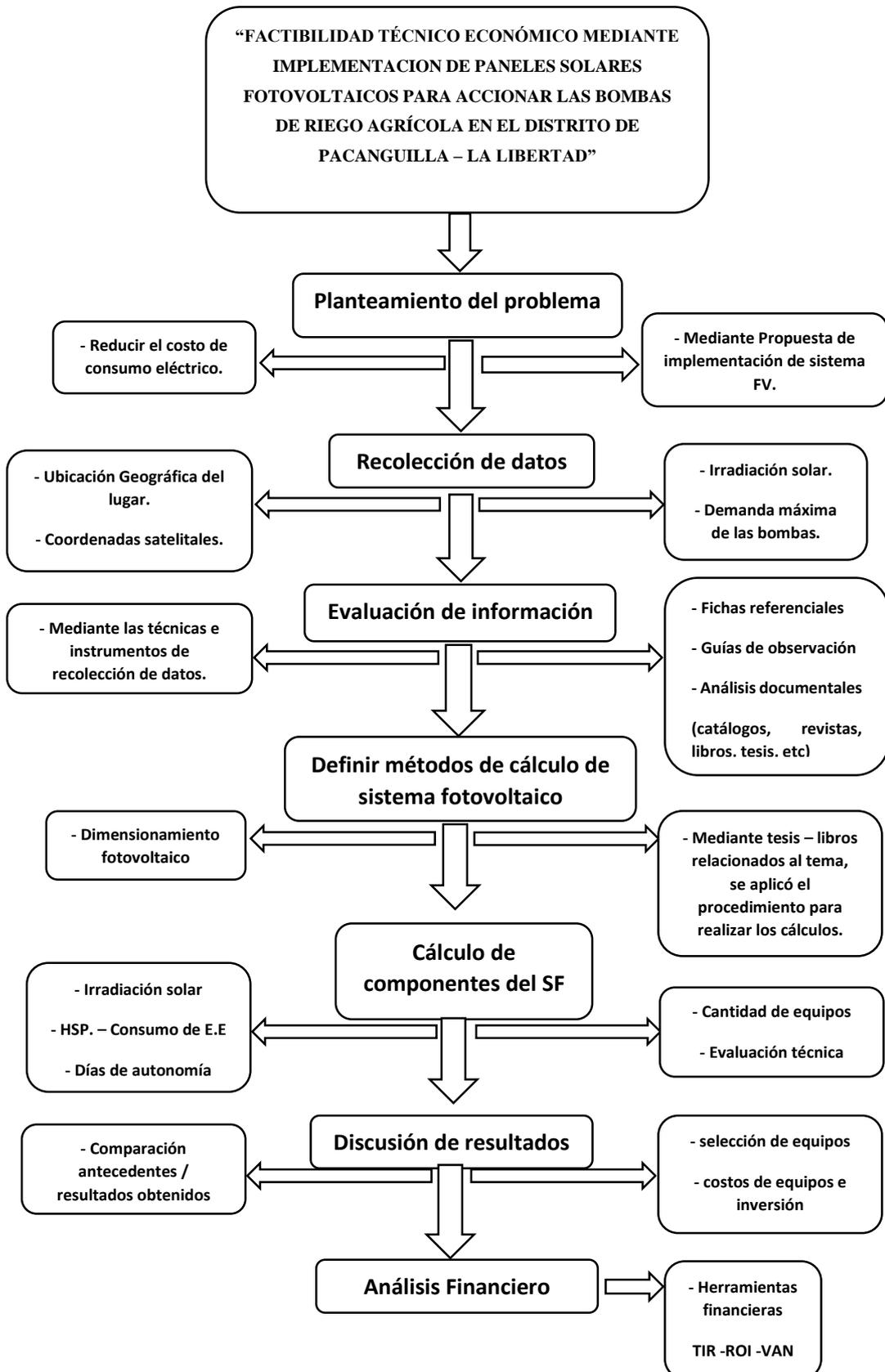
Tabla 2

Procedimientos y herramientas de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
Análisis documental	Fichas técnicas	Especialista
Inspección	Guías de observación	Especialista

Fuente: técnicas realizadas en la recolección de datos de la presente investigación.

2.5 Procedimiento



2.6 Método de análisis de datos

Los procedimientos de información de la presente investigación fueron:

Técnica de análisis de textos, comentarios del contenido de los textos solicitados para el desarrollo de la investigación.

Recolección de información de libros, tesis relacionados a sistemas fotovoltaicos.

Se indago en páginas web de investigaciones parecidas al tema de este documento.

2.7 Aspectos éticos

Existe un compromiso de respeto a la propiedad intelectual, sin falsificar los resultados ni los valores expuestos, y salvaguardar los valores dados, igualmente guardar la transparencia de los involucrados en la investigación y otorgando soluciones guardando armonía con el respeto social de la investigación.

III. RESULTADOS

Obtener los datos de irradiación solar existentes del lugar.

De acuerdo con la figura 5, la ubicación geográfica que se eligió para esta investigación fue la zona norte del país situada en carretera panamericana norte km 733 con carretera de ingreso a la agrícola Cerro Prieto del distrito de Pacanguilla, provincia de Chepén, Departamento de La Libertad.

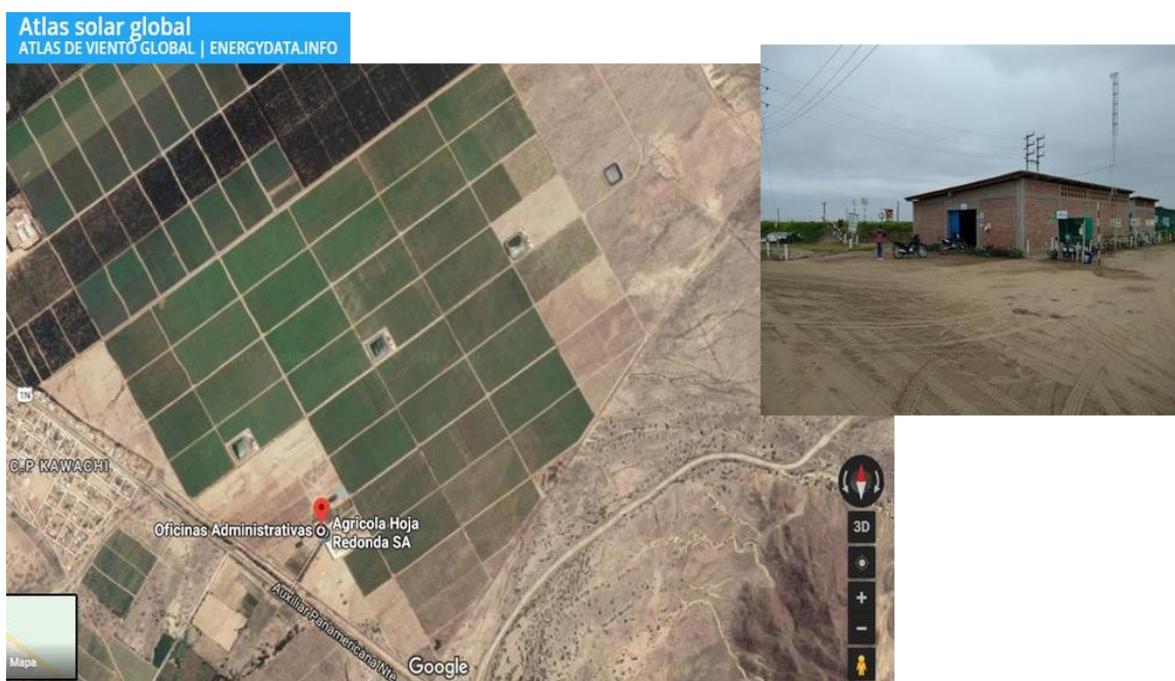


Figura 5. Ubicación Geográfica del sector agrícola para implementar con ESFV para las bombas de riego. Fuente: Google Maps 2019

De acuerdo con el lugar ubicado, conforme con (Google Maps 2019), se obtuvo las coordenadas satelitales, latitud $-07^{\circ} 05' 31''$ y longitud $-79^{\circ} 31' 15''$.

La información expuesta por las instituciones públicas de meteorología en nuestro país actualmente no está del todo actualizada, de esta manera se utilizó el programa PVsyst actualizado, que es de mayor precisión, utilizado y recomendado a nivel mundial por expertos en energía solar.

Mediante la tabla 3, podemos ver los datos estadísticos promedios en meses de la zona de estudio a implementar la ESFV.

Tabla 3
Hora pico solar

Meses	Irradiación solar diaria (kWh/m ²)	HPS
Enero	5.94	5.94
Febrero	6.26	6.26
Marzo	6.11	6.11
Abril	5.86	5.86
Mayo	5.39	5.39
Junio	4.86	4.86
Julio	4.74	4.74
Agosto	5.06	5.06
Septiembre	6.03	6.03
Octubre	6.09	6.09
Noviembre	6.04	6.04
Diciembre	6.14	6.14

Nota: Las Horas Pico Solar (HPS) -Fuente: (PVsyst 2019).

En la tabla 3 se puede ver claramente los valores de irradiación mensual - anual, el mes crítico es julio cuya irradiación solar es 4.74kwh/m² debido a que es considerado como punto crítico, este valor será utilizado para mayores efectos de precisión para la selección de los subsistemas que conforman el sistema SFV.

Adicionalmente se cuantifico algunos procedimientos más, relacionados a esta investigación, sabemos que existen entidades e instituciones que tienen base de datos con los cuales uno puede utilizar y aplicar a lo que se esté investigando sin embargo existen fórmulas para determinar estos tipos de datos como en este caso se procedió a aplicar algunas formas para algunos datos para tener un alcance y saber que tanto se asemeja a la data que estas instituciones y entidades tiene.

Hallar valor medio mensual de irradiación global diaria en paneles inclinados $(G_{Dm,\beta,\alpha})$

Para cuantificar las horas pico solar, mediante la herramienta PVsyst, considerando: inclinación, orientación, y datos de ubicación del lugar.

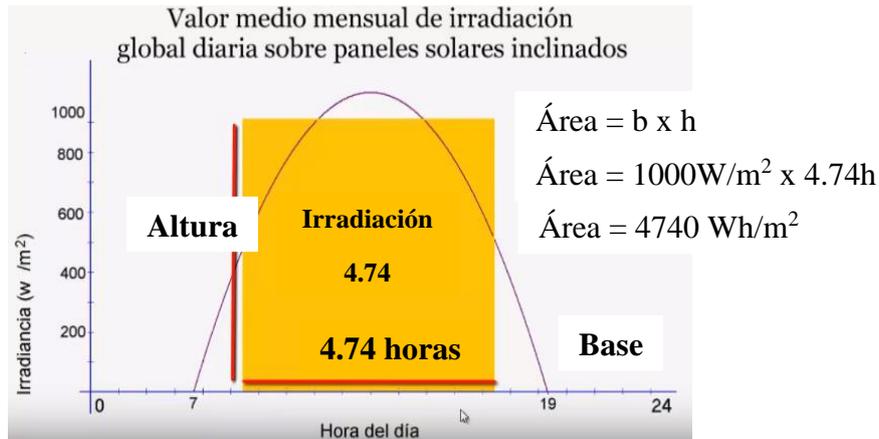


Figura 6. Valor promedio mensual de irradiación.

$$\text{Irradiación} = \frac{1000\text{W}}{\text{m}^2} \times 4.74 \text{ horas} = 4.74\text{kWh}/\text{m}^2$$

Formula:

$$G_{Dm\beta,\alpha} = G_{Dmo} \times K \times FI \times FS \dots \dots (1)$$

Donde:

$G_{Dm\beta,\alpha}$: valor medio mes irradiación global diaria en paneles solares

G_{Dmo} : valor medio mes irradiación global paneles horizontal = 4.74

K : inclinación optima de la superficie = 1.03

FI : factor de irradiación generador con orientación -inclinación $\beta, \alpha = 0.97$

FS : factor de sombreado = 1

Reemplazando: $G_{Dm\beta,\alpha} = 4.74 \times 1.03 \times 0.97 \times 1$

$$G_{Dm\beta,\alpha} = 4.7 \text{ kWh}/\text{m}^2$$

Por último, las horas pico solar (HPS) viene hacer el valor de multiplicar la irradiación optima por el factor de irradiación siendo el valor de:

$$\text{HPS} = \frac{4740\text{Wh}/\text{m}^2}{1000\text{W}/\text{m}^2} = 4.74 \text{ horas}$$

Declinación Solar (δ):

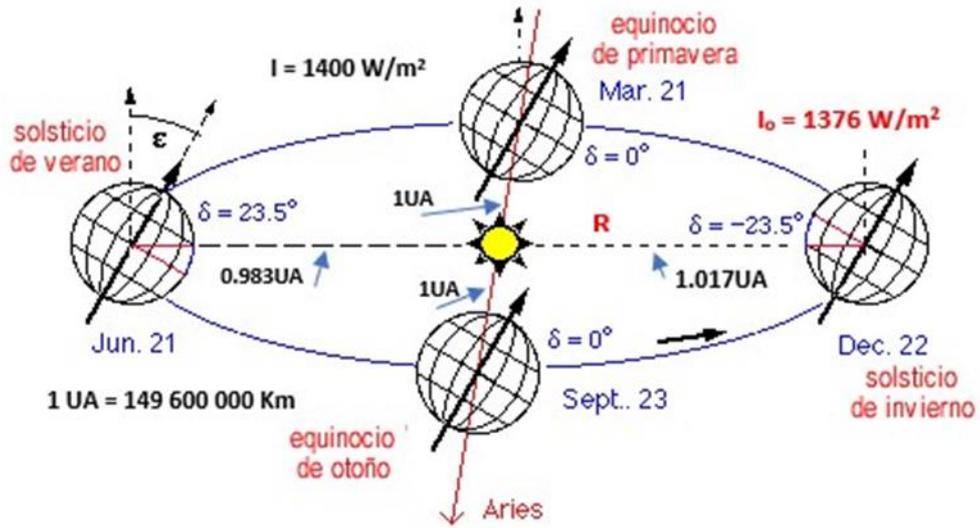


Figura 7. Declinación solar

La declinación solar se calculó mediante la siguiente formula:

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \left[\frac{360(d_n + 284)}{365} \right] \dots \dots \dots (1)$$

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \left[\frac{360(198 + 284)}{365} \right]$$

$$\delta = 21.18^{\circ}$$

Donde:

δ = declinación solar

d_n = día del año (1...365)

Constante Solar (I):

$$I = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (2)$$

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{Sabiendo que} \quad P = 4 \times 10^{23} \text{ kW o } 4 \times 10^{26} \text{ W}$$

Donde:

P: potencia del sol

S: superficie del sol

I: intensidad de radiación del sol

R: radio fijo constante en este punto

$$I = \frac{4 \times 10^{26} W}{4\pi(1.5 \times 10^{11} m)^2} = 1400 W/m^2$$

Pero como la tierra tiene una trayectoria elíptica y no circular entonces ese valor de (I), no se puede utilizar entonces se aproximó un valor promedio de intensidad de radiación solar o irradiación, la constante solar 1367w/m2 ya que el radio es variante.

Factor De Excentricidad (ϵ_0):

$$\epsilon_0 = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{360d_n}{365}\right) \dots \dots (3)$$

$$d_n = 181 + 17 = 198 \text{ (17 del mes de julio)}$$

$$\epsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{360 \times 198}{365}\right)$$

$$\epsilon_0 = 0.97$$

Angulo De Salida Del Sol Al Amanecer (ω_s) plano horizontal:

$$\omega_s = -\text{arc cos}(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi)) \dots \dots (4)$$

Donde:

δ : Declinación solar 21.18°

ϕ : Latitud del lugar de estudio=-7.0919

$$\omega_s = -\text{arc cos}(-\tan(21.18^\circ) \cdot \tan(-7.091907))$$

$$\omega_s = -\text{arc cos}((-0.3875) \cdot (-0.1244))$$

$$\omega_s = -\text{arc cos}(0.0482)$$

$$\omega_s = -87.24^\circ$$

Angulo De Salida Del Sol Al Amanecer plano inclinado

$$\omega_{SS} = \max\{\omega_S; -arc \cos(-(sing(\phi)) \cdot (\tan(\delta) \cdot \tan(|\phi| - \beta)))\} \dots (5)$$

β : inclinacion del suelo a 30°

$$\omega_{SS} = \max\{-87.24^0; -arc \cos(-(sing(-7.0919)) \cdot \tan(21.18^0) \cdot \tan(|-7.0919| - 30^0))\}$$

$$\omega_{SS} = \max\{-87.24^0; -arc \cos(-0.020215)\}$$

$$\omega = \max\{-87.24^0; -91.16^0\}$$

$$\omega_{SS} = \max\{-87.24^0\}$$

Para un ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado a 30°

Irradiancia extraterrestre en una superficie horizontal (H_0):

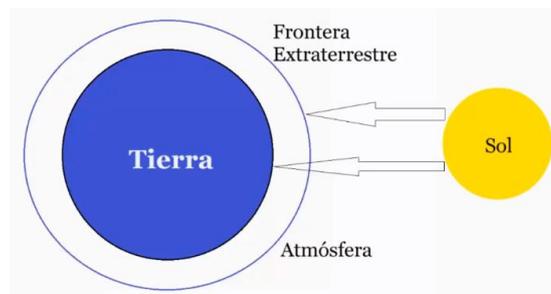


Figura 8. Irradiancia extraterrestre en una superficie horizontal.

Formula:

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) \cdot I_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (\omega_S \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta)) - (\cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_S)) \right] \dots (6)$$

Donde:

H_0 : Irradiancia extraterrestre diaria sobre superficie horizontal.

T: Longitud del día (24h).

I_0 : Constante solar (1376 W/. m²)

ε_0 : Factor de excentricidad. (0.97)

ω_S : Ángulo de salida del sol al amanecer. (-87. 24°)

ϕ : Latitud del lugar (positiva HN y negativa HS). (-7.0919)

δ : Declinación solar. (21. 18°)

Reemplazando:

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) \cdot 1376 \times 0.97 \cdot \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (-87.24 \sin(-7.0919)) \cdot \sin(21.18)\right] \\ - (\cos(-7.0919) \cdot \cos(21.18) \cdot \sin(-87.24))]$$

$$H_0 = (10196.49)[- (0.0679) - (-0.9242)]$$

$$H_0 = 8731.25 \text{ Wh/m}^2$$

Índice De Claridad (K_{Tm}):

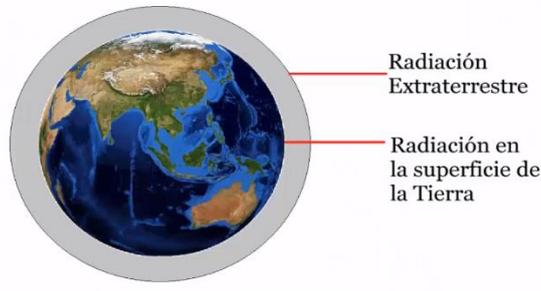


Figura 9. Índice de claridad.

Formula: $K_{Tm} = \left(\frac{G_0}{H_0}\right) \dots (7)$

Donde:

K_{Tm} : Índice de claridad

G_0 : Radiación diaria horizontal sobre superficie de la tierra (4740 Wh/.m²)

H_0 : Radiación extraterrestre diaria sobre superficie horizontal (8731.25 Wh/.m²)

Reemplazando: $K_{Tm} = \left(\frac{4740 \text{ Wh/m}^2}{8731.25 \text{ Wh/m}^2}\right)$

$$K_{Tm} = 0.5429$$

$$K_{Tm} = 54.29\%$$

Fración difusa (F_{Dm}):

Formula: $F_{Dm} = \left(\frac{D_0}{G_0}\right) \dots (8)$

Despejando: $D_0 = F_{Dm} \times G_0$ $F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm} \dots \dots (8.1)$

Donde:

F_{Dm} : Fracción difusa

D_0 : Radiación difusa horizontal sobre superficie de la tierra

G_0 : Radiación global horizontal sobre superficie de la tierra (4740 Wh/m²)

K_{Tm} : Índice de claridad (0.5429)

Reemplazando:

$$F_{Dm} = 1 - 1.13(0.5429)$$

$$F_{Dm} = 0.3865$$

Irradiancia difusa de plano horizontal (D_0):

Formula: $D_0 = F_{Dm} \times G_0 \dots \dots \dots (9)$

Donde: G_0 : se obtiene de base de datos PVsyst = (4740Wh/.m²)

Reemplazando: $D_0 = 0.3654 \times 4740\text{Wh}/.m^2$

$$D_0 = 1832.01 \text{ Wh}/.m^2$$

Irradiación directa que llega sobre un panel solar horizontal ($H_{Dm(0)}$):

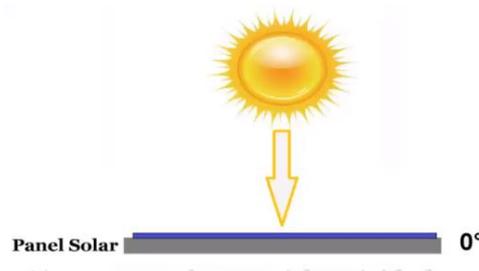


Figura 10. Irradiación directa sobre un panel solar horizontal.

Formula: $H_{Dm(0)} = G_0 - D_0 \dots \dots \dots (10)$

Donde:

$H_{Dm(0)}$: Irradiancia directa que llega sobre panel solar horizontal

D_0 : Irradiancia difusa horizontal sobre superficie de la tierra (1832.01Wh/.m²)

G_0 : Irradiancia global horizontal sobre superficie de la tierra (4740Wh/.m²)

Reemplazando: $H_{Dm(0)} = 4740 - 1832.01$

$$H_{Dm(0)} = 2907.99 \text{ Wh/. m}^2$$

Factor de corrección de la irradiancia directa (K):

Fórmula:

$$K = \left(\frac{\omega_{SS} \frac{\pi}{180} [\sin(\phi)] \sin\delta \cdot \sin(|\phi| - \beta) + \cos\delta \cdot \cos(|\phi| - \beta) \sin\omega_{SS}}{\omega_S \frac{\pi}{180} \sin(\delta) \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\omega_S} \right) \dots \dots (11)$$

Reemplazando:

$$\left(\frac{-87.24 \frac{\pi}{180} [\sin -7.0919] \sin(21.18) \cdot \sin(|-7.0919|-30) + \cos(21.18) \cdot \cos(|-7.0919|-30) \sin(-87.24)}{-87.24 \frac{\pi}{180} \sin(21.18) \cdot \sin(-7.0919) + \cos(21.18) \cdot \cos(-7.0919) \cdot \sin(-87.24)} \right)$$

$$\left(\frac{-1.5226 (-0.0174) + (0.8579)}{-1.5226 (-0.0446) + (-0.9242)} \right)$$

$$K = \frac{-0.8844}{-0.8563}$$

$$K = 1.03$$

Radiación solar directa sobre un panel solar inclinado ($H_{\beta,\alpha}$):

Formula: $(H_{\beta,\alpha}) = H_{Dm(0)} \times K \dots \dots \dots (12)$

Donde:

$H_{\beta,\alpha}$: Irradiancia directa en un panel solar inclinado

$H_{Dm(0)}$: Irradiancia directa en un panel solar horizontal (2907.99 Wh/.m²)

K : Factor de corrección de la irradiancia directa (1.03)

Reemplazamos: $(H_{\beta,\alpha}) = 2907.99 \text{ Wh/.m}^2 \times 1.03$

$$(H_{\beta,\alpha}) = 2995.23 \text{ Wh/.m}^2$$

Irradiación Difusa en Un Panel Solar Inclinado ($D_{\beta,\alpha}$):

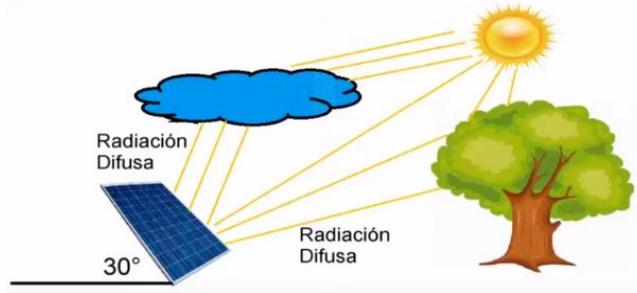


Figura 11. Irradiación difusa en un panel solar inclinado.

Formula: $(D_{\beta,\alpha}) = D_0 \times \left(\frac{1+\cos(\beta)}{2} \right) \dots \dots \dots (13)$

Donde:

$D_{\beta,\alpha}$: Irradiancia difusa panel solar inclinado

D_0 : Irradiancia difusa panel solar horizontal (1832.01 Wh/.m²)

β : Ángulo de inclinación del panel solar (30 °)

Reemplazando:

$$(D_{\beta,\alpha}) = 1832.01 \times \left(\frac{1 + \cos(30^0)}{2} \right)$$

$$(D_{\beta,\alpha}) = 1709.29 \text{ Wh/.m}^2$$

Radiación Solar Albedo Sobre Un Panel Solar Inclinado ($AL_{\beta,\alpha}$):

Formula: $(AL_{\beta,\alpha}) = \rho \cdot G_0 \cdot \left(\frac{1-\cos(\beta)}{2} \right) \dots (14)$

Donde:

ρ : Reflectividad del suelo (valor desconocido asumir = 0.2)

G_0 : Radiación global horizontal superficie de la tierra 4740 Wh/m² día.

Reemplazando:

$$(AL_{\beta,\alpha}) = 0.2(4740) \cdot \left(\frac{1 - \cos(30^\circ)}{2}\right)$$

$$(AL_{\beta,\alpha}) = 63.50 \text{ Wh/. m}^2 \text{ dia}$$

Radiación Solar Global Sobre Un Panel Solar Inclinado ($G_{\beta,\alpha}$):

Formula: $(G_{\beta,\alpha}) = H_{\beta,\alpha} + D_{\beta,\alpha} + AL_{\beta,\alpha} \dots \dots (15)$

Donde:

$G_{\beta,\alpha}$: Radiación solar global panel solar inclinado

$H_{\beta,\alpha}$: Radiación solar directa panel solar inclinado (2995.23 Wh/.m²)

$D_{\beta,\alpha}$: Radiación solar difusa panel solar inclinado (1709.29 Wh/.m²)

$AL_{\beta,\alpha}$: Radiación solar albedo panel solar inclinado (63.50 Wh/.m²) dia.

Reemplazamos: $(G_{\beta,\alpha}) = 2995.23 + 1709.29 + 63.50$

$$(G_{\beta,\alpha}) = 4768.02 \text{ Wh/. m}^2 \text{ dia}$$

$$(G_{\beta,\alpha}) = 4.74 \text{ kWh/. m}^2 \text{ dia}$$

Inclinación Óptima Para Panel Solar ($\beta_{\beta,\alpha}$):

Fórmula: $\beta_{\beta,\alpha} = 3.7 + 0.69|\phi| \dots \dots (16)$

Donde:

$\beta_{\beta,\alpha}$: Inclinación óptima para los paneles solares

ϕ : es la latitud del lugar= -7.0919

Reemplazamos: $\beta_{\beta,\alpha} = 3.7 + 0.69|-7.0919|$

$$\beta_{\beta,\alpha} = 8.59 \approx 9^\circ$$

$\beta_{\beta,\alpha} = 15^\circ$ Recomendado, como mínimo para la inclinación ya que en condiciones climatológicas para el recorrido del agua en tiempo de lluvia.

$$\beta_{real} = 30^\circ$$

$$\beta_{opt} = 45^\circ$$

Factor De Irradiación (FI):

Para ángulos de inclinación: $\beta \leq 15^\circ$

$$FI = 1 - [1.2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{opt})^2] \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

FI : Factor de irradiación

β : inclinación óptima para los paneles solares = 30°

β_{opt} : Inclinación óptima superficie = 45°

α : s el acimut superficie = 0°

Reemplazamos: $FI = 1 - [1.2 \times 10^{-4} (30^\circ - 45^\circ)^2]$

$$\mathbf{FI = 0.97}$$

Cuantificar el consumo de la máxima demanda requerida por las bombas de riego.

Para obtener la demanda máxima del consumo eléctrico de las bombas, se recopiló la información de las fichas técnicas e instrumento de recopilación de datos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 4

Ficha técnica de características del sistema de bombas de riego.

Motor	HP	kW	HZ	V	r/min	A	Cos φ
Bomba 1	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 2	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 3	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 4	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 5	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 6	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba 7	0.75	0.55	50/60	230- 400/460	1370/1644	2.95-1.49	0.75
Bomba1A	50	37		230/440- 690	1370	-	0.85
Bomba2A	50	37		230/440- 690	1370	-	0.85

Elaboración propia.

Luego se procedió a calcular la potencia y energía necesaria para todo el sistema, se puede observar en la tabla 5, donde se encuentra las cualidades de operación de los componentes del sistema de bombeo de riego y tiempo de operación de este sistema la cual se utilizó las siguientes formulas.

Potencia: $P = W \times \text{unidad (W)}$

Energía: $E = P \times \text{uso diario (Wh)}$

TABLA 5

Ficha técnica de características del sistema de bombas de riego.

Calculo Demanda Máxima					
Equipo	Unidad	Kw	W	Horas	Wh
Bomba 1	1	0.55	550	6	3300
Bomba 2	1	0.55	550	6	3300
Bomba 3	1	0.55	550	6	3300
Bomba 4	1	0.55	550	6	3300
Bomba 5	1	0.55	550	6	3300
Bomba 6	1	0.55	550	6	3300
Bomba 7	1	0.55	550	6	3300
			3850		23100
Bomba 1A	1	37	37000	6	222000
Bomba 2A	1	37	37000	6	222000
			74000		444000
TOTAL			77850		467100

Elaboración propia.

Como resultado se procedió a dividir la investigación en 3 partes primero se obtuvo por separado las 7 bombas, segundo la bomba 1A y tercero 2A.

Para las 7 bombas se obtuvo la energía total de sistema de 23100 Wh cuya potencia es de 3850W, para 1 bomba se obtuvo la energía total del sistema de 222000 cuya potencia es de 37000 y la siguiente bomba lo mismo.

Una de las ventajas es que se puede ir implementando o aumentando cada sector conforme el cliente, empresa o compañía lo vaya requiriendo.

Para este caso se dividió en tres grupos primer calculo equipo conformado con 7 bombas.

Calcular y seleccionar los componentes que conforman la instalación del sistema fotovoltaico:

Tenemos:

Panel o módulos solares:

Determinar la cantidad de paneles requeridos para la energía total del sistema, la energía en amperios hora, y la potencia del sistema.

Para este caso hemos decidido separar en dos partes, primero el de las 7 bombas, luego las 2 bombas por separado.

Energía total del sistema para 7 bombas:

Formula: $ETS = ES / FS$

Dónde:

ES: Energía del sistema: 23100 Wh

FS: Factor de seguridad: 0.903

Eficiencia Regulador, $\eta_{Reg.} = 0.96$

Eficiencia Baterías, $\eta_{Bat.} = 0.98$

Eficiencia Inversor, $\eta_{Inv.} = 0.96$

Factor de seguridad= 0.903

Reemplazando: $ETS = 23100 / 0.903$

$$ETS = 25576.64Wh$$

Energía en Amperio hora para 7 bombas:

Formula: $EAH = ETS / VS$

Dónde:

ETS. : Energía total del sistema: 25576.64Wh

VS: Voltaje del sistema: 48v

Reemplazando: $EAH = 25576.64 / 48$

$$EAH = 532.85ah$$

Potencia del sistema para 7 bombas:

Formula: $W \text{ Sistema} = ETS / HPS$

Dónde:

ETS: Energía total del sistema: 25576.64

HPS: Horas Pico Solares: 4.74

Reemplazando: $W \text{ Sistema} = 25576.64 / 4.74$

$$W \text{ Sistema} = 5395.91$$

Cantidad de paneles Definitivos para 7 bombas

Formula: $NP = W \text{ Sistema} / W \text{ panel}$

Dónde:

W sistema: 5395.91W

W panel: 350W

$$NP = 15.42 = 16$$

Paneles en serie:

$$P \text{ serie} = V \text{ sistema} / V_{mp}$$

Dónde:

V sistema: Tensión del Sistema: 48v

Vmp: Potencia máxima del panel: 24v

$$P \text{ serie} = 48 / 24$$

$$P \text{ serie} = 2$$

Paneles Paralelo:

$$PP = NP / P \text{ serie}$$

Dónde:

NP: cantidad módulos del Sistema: 16

P serie: Paneles en serie:

$$PP = 16 / 2$$

$$PP = 8$$

Se procedió a la elección del catálogo CATALOGO AXITEC SOLAR (ver anexo 2) el panel monocristalino modelo AXITEC AC-350M156-72S con las características a continuación, se detalla el módulo.

Tabla 6
Características del Módulo fotovoltaico seleccionado

AXITEC AC-350M156-72S MONOCRISTALINO			
Tensión a circuito abierto (voc):	46.7 V	Tensión a potencia máxima: (vmp):	38.2 V
Intensidad de cortocircuito (isc):	9.56 A	Intensidad a potencia máxima: (imp):	9.16 A
Potencia máxima del panel:	350 W	Coefficiente de temperatura Pmax:	- 0.4%/°C
Potencia pico módulos total:	5600 Wp	Nª de módulos serie:	2
Eficiencia:	18.04%	Nª de módulos paralelo:	8
		Tensión máxima del sistema	1000V
		Total, módulos:	16

Elaboración propia.

Cantidad de Baterías para 7 bombas:

Capacidad de baterías

$$C \text{ Bat} = EAH \times DA / PD$$

Dónde:

EAH: Energía en Amperio hora: 532.85ah

DA: Días de Autonomía: 3

PD: Profundad de Descarga: 0.6

Reemplazando: $C \text{ Bat} = 532.85ah \times (3 / 0.6)$

$$C \text{ Bat} = 2664.23$$

Baterías en Serie:

$$B \text{ serie} = V \text{ sistema} / V \text{ Bat}$$

Dónde:

V sistema: Tensión del Sistema:48v

V bat: Voltaje de la Batería: 12

$$B \text{ serie} = 48 / 12$$

$$B \text{ serie} = 4$$

Baterías en Paralelo:

$$B \text{ paralelo} = C \text{ Bat} / C \text{ batería}$$

Dónde:

C Bat: Capacidad del sistema de baterías: 2664.23

C batería: Capacidad de la batería seleccionada: 600ah

$$B \text{ paralelo} = 2664.23 / 600\text{ah}$$

$$B \text{ paralelo} = 4.44 = 5$$

Total, baterías = B serie x B paralelo

$$\text{Total, baterías} = 4 \times 5 = 20$$

Por lo consiguiente se procede a seleccionar la batería del catálogo CATALOGO ULTRACELL (ver anexo 6) de modelo ULTRACELL ESTACIONARIA 600AH-12V, en la tabla 7 detalla las especificaciones de operación del acumulador.

Tabla 7

Características técnicas del acumulador.

ULTRACELL ESTACIONARIA 600AH-12V				
Capacidad de carga y con las horas de descarga:				
C:1 202Ah	C:5 324Ah	C:10 360 Ah	C:100 550Ah	C:120 600 Ah
	Tensión:	12V	N ^a elementos serie:	4
	Capacidad nominal acumulador:	600Ah	N ^a serie paralelo:	5
	Tensión nominal acumulador:	12V	Total, de elementos:	20

Elaboración propia.

Regulador de Carga para 7 bombas:

De acuerdo con el módulo fotovoltaico 350W elegido que opera a una tensión máxima de 38.2V es indispensable instalar un controlador para proteger a los acumuladores dándole mayor durabilidad operando a una tensión de trabajo de 48V.

cálculo de la intensidad máxima del regulador

$$I \text{ Re max} = I \text{ cc} \times P \text{ p}$$

Dónde:

I_{cc} = Corriente de corto circuito:

P_p = número de paneles en paralelo:

$$I_{Re} = 9.56 \times 8$$

$$I_{Re} = 76.5$$

$$\mathbf{I_{Re-Diseño}}: 76.5 \times 1.25 = 95.6$$

Cálculo de la tensión máxima del regulador

$$V_{reg. \max} = 1.2 \times V_{oc} \times N_s$$

$$V_{reg. \max} = 1.2 \times 46.7 \times 2$$

$$V_{reg. \max} = 112.08$$

Por último, se seleccionó del CATALOGO VICTRON ENERGY (ver anexo 3) el regulador adecuado, en la siguiente tabla 8 detalla las características del regulador seleccionado.

VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100			
Tensión:	12-24-48 V	Voltaje máximo:	150 V
Potencia nominal:	5800 Wp	Consumo propio:	20 mA
Capacidad de carga:	100 A	Eficiencia máxima:	96%
Nº de reguladores:	1		

Tabla 8

Características técnicas del regulador.

Elaboración propia.

Cantidad de Inversores para 7 bombas:

$$W_{Inversor} = W_{sistema}$$

Por último, se seleccionó del CATALOGO (ver anexo 4) ABB el inversor de modelo ABB STRING INVERTES PVI-6kW-TL-OURD, en la siguiente tabla 9 se detallan sus características

Tabla 9

Características técnicas del inversor.

ABB STRING INVERTES PVI-6kW-TL-OURD			
Tensión:	48 V /240	Potencia nominal:	6000W
Potencia continua:	4000 W		
Amperios:	36A	eficiencia:	96%
		N ^a de inversores:	1

Elaboración propia.

Resumen de los componentes seleccionados para 7 bombas.

Tabla 10

Resumen total de componentes seleccionados para 7 bombas.

Unidades	Elementos
16	AXITEC AC-350M156-72S MONOCRISTALINO
20	ULTRACELL ESTACIONARIA 600AH-12V
1	VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100
1	ABB STRING INVERTES PVI-6kW-TL-OURD

Elaboración propia

En este resumen se puede observar las características del modelo de cada equipo que fue tomado en consideración para la elección del mejor equipo para el sistema fotovoltaico de esta investigación que se realizó de la manera más precisa posible para que el sistema cuente con una excelente eficiencia y rendimiento que permitirá la durabilidad del sistema que sería de 20 a 30 años en operatividad.

Cálculo selección de los conductores de la instalación para 7 bomba:

Por capacidad de corriente y caída de tensión.

- **Cálculo Intensidad máxima tramo Módulos fotovoltaico – regulador.**

$$\mathbf{I\ Max\ (mf) = 1.25 \times ICC\ mf \times N\ ramas-parar-regulador.}$$

Donde:

I Max (mf) = intensidad máxima Paneles-Regulador

ICC mf = intensidad de cortocircuito del panel: 9.56A

N ramas-parar-regulador= 8

Factor de sobredimensionamiento =1.25

Reemplazando:

$$\mathbf{I\ Max\ (mf) = 1.25 \times 9.56 \times 8}$$

$$\mathbf{I\ Max\ (mf) = 95.6 = 96A}$$

- **Cálculo intensidad máxima regulador – inversor**

$$\mathbf{I\ Max\ inv = 1.25 \times P\ inv / (Vsf \times n\ inv).}$$

Donde:

P inv = 6000 w

V sf = 48

Inv = 0.96

Reemplazando:

$$\mathbf{I\ Max\ inv. = 1.25 \times (6000 / 48 \times 0.96)}$$

$$\mathbf{I\ Max\ inv. = 162.76A}$$

- **Cálculo Intensidad máxima de la Batería – regulador**

Donde:

I Max (mf) = intensidad máxima Paneles-Regulador:

ICC mf = intensidad de cortocircuito del panel: 9.56A

N ramas-parar-regulador= 8

Factor de sobredimensionamiento =1.25

$$\mathbf{I\ Max\ (mf) = 1.25 \times 9.56 \times 8}$$

$$I_{\text{Max}} (\text{mf}) = 95.6 = 96$$

Caída de tensión por tramos del sistema fotovoltaico:

Para poder calcular la caída de tensión se necesitan saber los siguientes parámetros.

Tabla 11

Caída de tensión tramos del sistema fotovoltaico

ELEMENTOS	Porcentaje %	recomendada
Paneles - Regulador	0.03	0.01
Regulador - Baterías	0.01	0.005
Batería - Inversor	0.01	0.01
Regulador - Inversor	0.01	0.01
Líneas De Iluminación	0.03	0.03
Otros Equipos	0.05	0.03

Elaboración propia.

Calcularemos la caída de tensión por tramo aplicando la siguiente ecuación:

$$\Delta V = V_T * V_{\text{caída}} \% / 100$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión máxima para cada tramo (V).

V_T = Tensión trabajo sistema.

$V_{\text{caída}} \%$ = Caída tensión en tanto por ciento, elegidos para cada tramo (%).

Cálculo de caída de tensión tramo paneles – regulador

$$\Delta V = V_T * V_{\text{caída}} \% / 100$$

$V_T = 48V$

$V_{\text{caída}} \% = 3$

$$\Delta V = 48 \times 3\%$$

$$\Delta V = 1.44$$

Cálculo de caída de tensión tramo regulador – batería

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%}/100$$

$$V_T = 48V$$

$$V \text{ caída \%} = 1$$

$$\Delta V = 48 \times 1\%$$

$$\Delta V = 0.48$$

Cálculo de caída de tensión tramo regulador – inversor

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%}/100$$

$$V_T = 48V$$

$$V \text{ caída \%} = 1$$

$$\Delta V = 48 \times 1\%$$

$$\Delta V = 0.48$$

Cálculo sección mínima conductor

Formula:
$$S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$$

S cable = Sección mínima sugerida [mm²].

L = distancia de tramo [m]

I Max = intensidad máxima por distancia de instalación calculada previamente [A].

ΔV = Caída máxima permitida por tramo [V].

Cálculo sección mínima conductor distancia paneles – regulador

$$S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$$

$$L = 25m$$

$$I \text{ Max} = 95.6A$$

$$\Delta V = 1.44$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (L \times I_{\text{max}} / 56 \times \Delta V)$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (25 \times 95.6 / (56 \times 1.44))$$

$$S_{\text{cable}} = 52.52 \text{ mm}^2$$

Cálculo sección mínima conductor tramo regulador- baterías

$$S_{\text{cable}} = 2 * (L * I_{\text{max}} / 56 * \Delta V)$$

$$L = 3\text{m}$$

$$I_{\text{Max}} = 95.6\text{A}$$

$$\Delta V = 0.48$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (L \times I_{\text{max}} / 56 \times \Delta V)$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (3 \times 95.6 / (56 \times 0.48))$$

$$S_{\text{cable}} = 21.43 \text{ mm}^2$$

Cálculo sección mínima del conductor para distancia regulador- inversor

$$S_{\text{cable}} = 2 * (L * I_{\text{max}} / 56 * \Delta V)$$

$$L = 2\text{m}$$

$$I_{\text{Max}} = 162.76\text{A}$$

$$\Delta V = 0.48$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (L \times I_{\text{max}} / 56 \times \Delta V)$$

$$S_{\text{cable}} = 2 \times (2 \times 162.76 / (56 \times 0.48))$$

$$S_{\text{cable}} = 24.22 \text{ mm}^2$$

Energía total del sistema para 1 bomba:

Formula:
$$ETS = ES / FS$$

Dónde:

ES: Energía del sistema: 222000 Wh

FS: Factor de seguridad: 0.903

Eficiencia Regulador, $\eta_{Reg.} = 0.96$

Eficiencia Baterías, $\eta_{Bat.} = 0.98$

Eficiencia Inversor, $\eta_{Inv.} = 0.96$

Factor de seguridad: 0.903

Reemplazando: $ETS = 222000 / 0.903$

$$ETS = 245801.45Wh$$

Energía en Amperio hora para 1 bomba:

Formula: $EAH = ETS / VS$

Dónde:

ETS. : Energía total del sistema: 245801.45Wh

VS: Voltaje del sistema: 120v

Reemplazando: $EAH = 245801.45 / 120$

$$E_{ah} = 2048.35 \text{ ah}$$

Potencia del sistema para 1 bomba:

Formula: $W_{Sistema} = ETS / HPS$

Dónde:

ETS: Energía total del sistema: 245801.45

HPS: Horas Pico Solar: 4.74

Reemplazando: $W_{Sistema} = 245801.45 / 4.74$

$$W_{Sistema} = 51856.85$$

Cantidad de paneles Definitivos para 1 bomba:

Formula: $NP = W_{Sistema} / W_{panel}$

Dónde:

W sistema: Potencia del Sistema: 51856.85

W panel: Potencia del panel: 350

$$NP = 148.16 = 149$$

Paneles en serie:

$$P \text{ serie} = V \text{ sistema} / V_{mp}$$

Dónde:

V sistema: Tensión del Sistema: 120

Vmp: Potencia máxima del panel: 24

$$P \text{ serie} = 120 / 24$$

$$P \text{ serie} = 5$$

Paneles Paralelo:

$$PP = NP / P \text{ serie}$$

Dónde:

NP: cantidad Paneles del Sistema: 149

P serie: Panel en serie: 5

$$PP = 149 / 5$$

$$PP = 29.8 = 30$$

Para la elección del módulo fotovoltaico se seleccionó del catálogo CATALOGO AXITEC SOLAR (ver anexo 2) el panel monocristalino modelo AXITEC AC-350M156-72S MONOCRISTALINO ver siguiente tabla el módulo seleccionado.

Tabla 12
Características técnicas módulo fotovoltaico.

AXITEC AC-350M156-72S MONOCRISTALINO			
Tensión circuito abierto (voc):	46.7 V	Tensión potencia máxima: (vmp):	38.2 V
Intensidad cortocircuito (isc):	9.56 A	Intensidad potencia máxima: (imp):	9.16 A
Potencia máxima:	350 W	Coeficiente temperatura Pmax:	- 0.4%/°C
Potencia pico módulos total:	52500 Wp	Nª de módulos serie:	5
Eficiencia:	18.04%	Nª de módulos paralelo:	30
		Nº TOTAL módulos	150

Elaboración propia

Cantidad de Baterías para 1 bomba:

Capacidad de baterías

$$\mathbf{C\ Bat = EAH \times DA / PD}$$

Dónde:

EAH: Energía en Amperio hora = 2048.35 ah

DA: Días de Autonomía= 3

PD: Profundidad de Descarga =0.6

Reemplazando: C Bat = 2048.35 ah x (3 /0.6)

$$\mathbf{C\ Bat =10241.73}$$

Baterías en Serie:

$$\mathbf{B\ serie = V\ sistema /V\ Bat}$$

Dónde:

V sistema: Tensión del Sistema: 120

V bat: Voltaje de la Batería: 24

$$\mathbf{B\ serie = 120 / 24}$$

$$\mathbf{B\ serie =5}$$

Baterías en Paralelo:

$$\mathbf{B\ p = C\ Bat / C\ batería}$$

Dónde:

C Bat: Capacidad del sistema de baterías:

C batería: Capacidad de la batería seleccionada:

$$\mathbf{B\ paralelo = 10241.73 / 1000}$$

$$\mathbf{B\ paralelo = 10.24 =11}$$

Total, baterías = B serie x B paralelo

$$\mathbf{Total, baterías = 5 \times 11 = 55}$$

Por lo consiguiente se procede a seleccionar la batería del catálogo CATALOGO ULTRACELL de modelo ULTRACELL ESTACIONARIA 1000AH-12V/24/4, en la tabla 12 detalla el tipo de acumulador seleccionado.

Tabla 13

Características técnicas batería

ULTRACELL ESTACIONARIA 1000AH-12V/24/4				
Capacidades de carga y las horas de descarga:				
C:1 202Ah	C:5 324Ah	C:10 360 Ah	C:1000 550Ah	C:120 1000 Ah
	Voltaje:	24V	Nª elementos serie:	5
	Capacidad nominal acumulador:	1000Ah	Nª serie paralelo:	11
	Tensión nominal acumulador:	24V	Total, de elementos:	55

Elaboración propia.

Regulador de Carga para 1 bomba:

De acuerdo con el módulo fotovoltaico 350W elegido se opera a una tensión máxima de 38.2V es indispensable instalar un controlador para proteger a los acumuladores prologando mayor durabilidad, operando a una tensión máxima de 48V, la elección del controlador se calcula con la máxima corriente al ingreso del controlador, siendo:

Cálculo de Intensidad máxima del regulador

$$I_{Re\ max} = I_{cc} * P_p$$

Dónde:

I_{cc} = Corriente de corto circuito: 9.56

P_p = número de paneles en paralelo: 30

$$I_{Re} = 9.56 \times 30$$

$$I_{Re} = 286.8 \times 46.7$$

$$I_{Re-Diseño} = 286.8 \times 1.25 = 358.5$$

Cálculo del voltaje máximo del regulador

$$V_{reg. Max} = 1.2 \times V_{oc\ mf} \times N_s\ mf$$

$$V_{reg. Max} = 1.2 \times 46.7 \times 5$$

$$V_{reg. Max} = 280.2V$$

La elección de regulador debe mantener una intensidad de 358.5A , el cual se seleccionó 4 reguladores de 150V/100. Por último, se seleccionó del CATALOGO VICTRON ENERGY (ver anexo 3) el regulador adecuado, en la siguiente tabla detalla las características del regulador seleccionado.

Tabla 13
Características técnicas del regulador

VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100			
Tensión:	12-24-48 V	Voltaje máximo:	150 V
Potencia nominal:	5800 Wp	Consumo propio:	20 mA
Capacidad de carga:	100 A	Eficiencia máxima:	96%
N ^a de reguladores:	4		

Elaboración propia.

Cantidad de Inversores para 1 bomba:

$$W_{Inversor} = W_{sistema}$$

$$W_{Inversor} = 51856.85W$$

Por último, se seleccionó del CATALOGO MICNO (ver anexo 8) el inversor de modelo MICNO 3 FASE 3AC 380V-55Kw/75HP-110A, en la siguiente tabla 13 se detallan sus características

Tabla 14
Características técnicas del inversor

MICNO 3 FASE 3AC 380V-55Kw/75HP-110A			
Tensión:	48 V /380V	Potencia nominal:	55 kW
Potencia continua:	35/40 kW		
Amperios:	110A	eficiencia:	96%
		N ^a de inversores:	1

Elaboración propia.

Tabla 15

Resumen de lo componentes seleccionados para 1 bomba

Unidades	Elementos
150	AXITEC AC-350M156-72S MONOCRISTALINO
55	ULTRACELL ESTACIONARIA 100AH-12V/24/4
4	VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100
1	MICNO 3 FASE 3AC 380V-55Kw/75HP-110A

Elaboración propia.

En este resumen se puede observar las características del modelo de cada equipo que fue tomado en consideración para la elección de mejor equipo para el sistema fotovoltaico para esta investigación que se realizó de la manera más precisa posible para que el sistema cuente con una excelente eficiencia y rendimiento que permitirá la durabilidad del sistema que sería de 20 a 30 años en operatividad.

Cálculo selección conductores de instalación para 1 bomba:

- **Cálculo de Intensidad máxima Módulos fotovoltaico – regulador.**

$$I \text{ Max (mf)} = 1.25 \times ICC \text{ mf} \times N \text{ pp}$$

Donde:

$$I \text{ Max (mf)} = A$$

$$ICC \text{ mf} = 9.56 \text{ A}$$

$$N \text{ pp} = 30$$

$$I \text{ Max (mf)} = 358.5/4$$

$$I \text{ Max (mf)} = 89.63 \text{ A}$$

- **Cálculo de intensidad máxima regulador – inversor**

$$I \text{ Max inv.} = 1.25 \times P \text{ inv} / (Ica \times n \text{ inv}).$$

Donde:

P: Potencia en alterna máxima del inversor seleccionado a su salida: 555000 W

V: Tensión de línea de red: 380 V

Cos fi: es el factor de potencia: 1

$$Ica = P / V \cdot \cos \text{ fi}$$

$$Ica = 55000 / 380 (1)$$

$$Ica = 144.74 \text{ A}$$

$$I \text{ Max inv.} = 1.25 \times (I_{ca} / n \text{ inv}).$$

$$I \text{ Max inv.} =$$

$$N_{inv} = 0.96$$

$$I_{ca} = 144.74 \text{ A}$$

$$I \text{ Max inv.} = 188.46 \text{ A}$$

$$I \text{ Max inv.} = 188.46 \text{ A} / 4$$

$$I \text{ Max inv.} = 47.11 \text{ A}$$

- **Cálculo de Intensidad máxima Batería – regulador**

$$I \text{ Max (mf)} = 1.25 \times ICC \text{ mf} \times N \text{ pp}$$

$$ICC \text{ mf} = 9.56 \text{ A}$$

$$N \text{ pp} = 30$$

$$I \text{ Max (mf)} = 358.5 / 4$$

$$I \text{ Max (mf)} = 89.63 \text{ A}$$

Caída de tensión por tramos del sistema fotovoltaico:

Calcularemos la caída de tensión por distancia aplicando siguiente ecuación:

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%} / 100$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión permitida para cada distancia (V).

V_T = Tensión de trabajo (V).

$V \text{ caída \%}$ = Caída de tensión en tanto por ciento, elegidos para cada tramo (%).

Calcularemos la caída de tensión para el tramo paneles – regulador

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%} / 100$$

$$V_T = 120 \text{ V}$$

$$V \text{ caída \%} = 3$$

$$\Delta V = 3.6$$

Calcularemos la caída de tensión para el tramo regulador – baterías

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%}/100$$

V_T = Tensión de trabajo del sistema (V) = 120

V caída % = Caída de tensión en tanto por ciento, elegidos para cada tramo (%). 1

$$\Delta V = 1.2$$

Calcularemos la caída de tensión para el tramo regulador – inversor

$$\Delta V = V_T * V \text{ caída \%}/100$$

V_T = Tensión de trabajo del sistema (V) = 120

V caída % = Caída de tensión en tanto por ciento, elegidos para cada tramo (%). 1

$$\Delta V = 1.2$$

Cálculo sección mínima conductor

Formula: $S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$

Donde:

S cable = Sección recomendada [mm²].

L = Longitud [m]

I Max = Intensidad máxima por distancia de instalación calculada previamente [A].

ΔV = Caída máxima permitida en cada distancia [V].

Cálculo de la sección mínima conductor distancia paneles – regulador

$$S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$$

L = 25m

I Max = 89.63A

$\Delta V = 3.6$

$$S \text{ cable} = 22.23 \text{ mm}^2$$

Cálculo sección mínima conductor regulador – batería

$$S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$$

$$L = 3\text{m}$$

$$I \text{ Max} = 89.6\text{A}$$

$$\Delta V = 1.2$$

$$S \text{ cable} = 8\text{mm}^2$$

Cálculo sección mínima conductor regulador – inversor

$$S \text{ cable} = 2 * (L * I \text{ max} / 56 * \Delta V)$$

$$L = 2\text{m}$$

$$I \text{ Max} = 188.44\text{A}$$

$$\Delta V = 1.2$$

$$S \text{ cable} = 11.22 \text{ mm}^2$$

Realizar la evaluación técnica de la instalación FV para la implementación en el sistema de bombas de riego.

- **Ubicación y área requerida.**

De acuerdo a la visita realizada en el sector agrícola de Chepén – Pacanguilla – la Libertad se determinó que la superficie, terreno y climatología es factible para la instalación de una futura planta solar fotovoltaica, se realizó un levantamiento básico en terreno, en donde se obtuvo las dimensiones y perfiles generales mostrados en la figura 14 que presenta una vista general, teniendo la disponibilidad de áreas libres, se tomó en cuenta un espacio de 131,19m x 97,62m siendo un total de 12,862.28 m².



Figura 12. Ubicación y área requería

- **Orientación de inclinación de los módulos FV:**

Para hallar la inclinación óptima de los módulos FV en esta investigación se procedió a reemplazar la siguiente formula:

$$\beta_{\beta,\alpha} = 3.7 + 0.69 |\phi|$$

Donde:

$\beta_{\beta,\alpha}$: inclinación óptima de panel solar.

ϕ : es la latitud del lugar: -7.0919

Reemplazando:

$$\beta_{\beta,\alpha} = 3.7 + 0.69 | - 7.0919|$$

$$: \beta_{\beta,\alpha} = 8.59 \approx 9$$

$\beta_{\beta,\alpha} = 15^\circ$ recomendado, como mínimo para la inclinación ya que en condiciones climatológicas para el recorrido del agua en tiempo de lluvia.

$$\beta_{real} = 30^\circ \quad \beta_{opt} = 45^\circ$$

La inclinación elegida para los paneles y la estructura de esta investigación será de 30° debido a que es la óptima para nuestro sistema fotovoltaico.

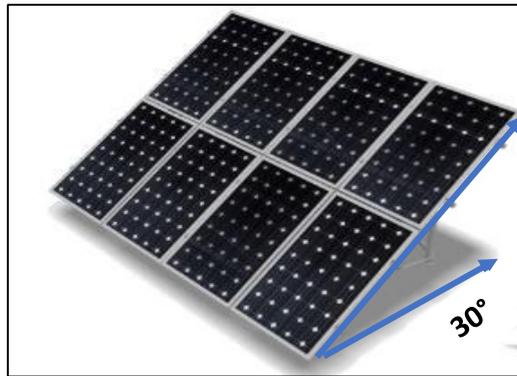


Figura 13: Angulo de inclinación seleccionado

- **Instalación y sistema de montaje.**

El sistema de montaje se realizó sobre la superficie señalada con perfiles de un total de 12,862.28 m² cubiertos con paneles solares, los cuales estarán a una distancia de 25 m de la caseta del sistema de bombas de riego. La instalación eléctrica estaría colocada de forma subterránea mediante conductos desde el área de paneles hasta la caseta donde se encuentra el sistema de bombas de riego.

Los perfiles estructurales son de aluminio, por sus propiedades de resistencia a la intemperie también se tomó en cuenta colocar pintura epoxica, para evitar las filtraciones por las lluvias, humedad o limpieza de los paneles, las dimensiones de la estructura elegidas fueron de 1.956m x 99.2m x 4 cm, 23kg/m².

Las estructuras tendrían una inclinación de 30° . En la figura siguiente se muestra.

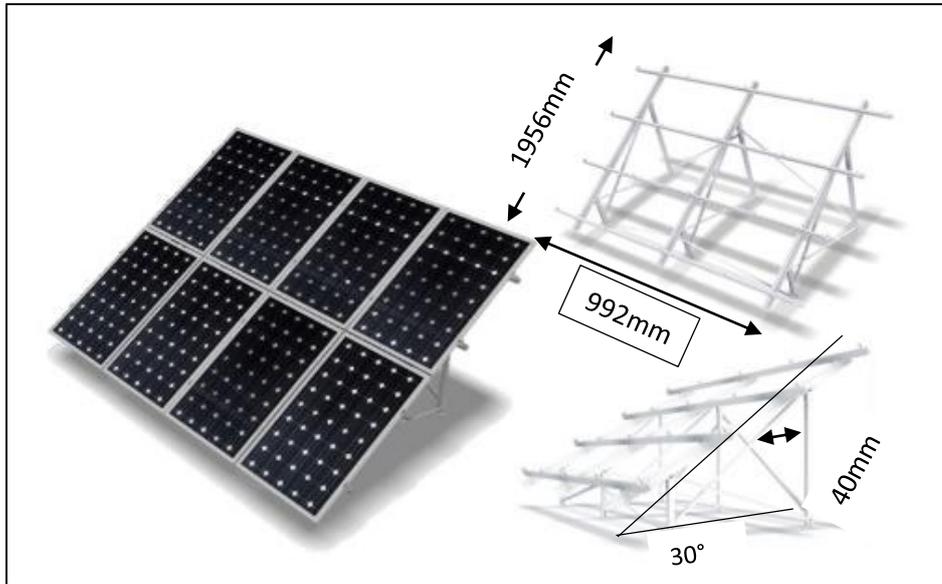


Figura 14. diseño estructural de aluminio para bases de paneles solares.

- **Espacio entre módulos fotovoltaicos:** se recomienda dejar una separación como mínimo entre panel y panel, 4 horas de sol, durante los días de menos elevación solar (Agustin Castejon s.f.). para hallar la distancia mínima utilizamos la siguiente formula.

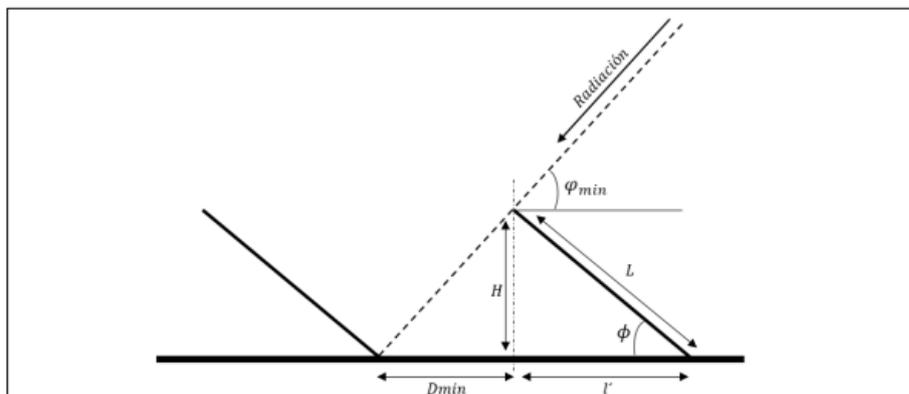


Figura 15: Esquema de distancia entre módulos.

Donde:

Φ : Ángulo de inclinación del panel, 30°

L: Largo del panel, longitud 1.95 m;

H: Altura del panel inclinado, 0.56 m;

l': Largo del panel inclinado, 1.88 m;

Φ min: Ángulo de altura solar mínima, se obtiene de restar el ángulo de altura máxima solar (90°) la declinación terrestre (23.45°) y latitud del lugar (-7.0919) por consiguiente es 73.64° .

Cálculo distancia mínima panel a panel:

Ecuación: $D \text{ min} = H / \text{tag } \phi \text{ min}$

reemplazamos: $D \text{ min} = 0.56 / \text{tag}(73.64^\circ)$

$$D \text{ min} = 0.16 \text{ m}$$

Protecciones y elementos de seguridad eléctrica.

Protecciones:

Optamos por 6 llaves de protección eléctrica (de las cuales 3 son termomagnéticas y 3 diferenciales) como protección de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas que pueden producirse.

Determinar el análisis económico y financiero de la propuesta.

Mediante la siguiente tabla se definió los siguientes costos para la instalación.

Tabla 16
Precios los componentes fotovoltaicos seleccionados.

SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO			
EQUIPOS FV para 7 bombas	Unidad	S/. C.U	S/. Costo
Modulo tipo - AXITEC A-350M156-72S monocristalino	16	721.88	11,550.08
Controlador VITRON ENERGY - MPPT BLUE SOLAR 150V/100A	1	1466.57	1,466.57
Batería estacionaria 600Ah 12V ultracell	20	3543.07	70,861.40
Inversor ABB STRING INVERTERS PVI-6kW-TL-OUTD	1	5585.94	5,585.94
Variador INVERTEK DRIVE 0.75HP	7	613.56	4,294.92
		TOTAL	93,758.91
Modulo tipo - AXITEC A-350M156-72S monocristalino para 1 bomba	150	721.88	108,281.25
Controlador VITRON ENERGY - MPPT BLUE SOLAR 150V/100A	4	1466.57	5,866.28
Batería estacionaria 1000Ah 12V ultracell	55	4659.79	256,288.45
Inversor MICNO 3 FASE 3AC 380V - 55kW/75HP/110A	1	13317.92	13,317.92
Variador INVERTEK DRIVE 50HP	1	2366.06	2,366.06
		TOTAL	386,119.96
Modulo tipo - AXITEC A-350M156-72S monocristalino para 1 bomba	150	721.88	108,282.00
Controlador VITRON ENERGY - MPPT BLUE SOLAR 150V/100A	4	1466.57	5,866.28
Batería estacionaria 1000Ah 12V ultracell	55	4659.79	256,288.45
Inversor MICNO 3 FASE 3AC 380V - 55kW/75HP/110A	1	13317.92	13,317.92
Variador INVERTEK DRIVE 50HP	1	2366.06	2,366.06
		TOTAL	386,120.71

Accesorios de instalación	1	S/1,500.00	1,500.00
Tablero Control y Protección	1	9961.74	9,961.74
Interruptor termomagnético Gacia 2x40A	3	19.90	59.70
Interruptor Diferencial 2X50A -230V	3	189.90	569.70
Cableado para módulos FV - rojo/negro	1000	8.00	8,000.00
Estructura de paneles	-	-	14,900.00
TRANSPORTE DE MATERIALES	-	-	9959.00
		TOTAL	44950.14
		Costos	910,949.72
		Montaje Eléctrico Mecánico	54,700.00
		Transporte	43,500.00
		Total	1,009,149.72

Elaboración propia.

Tabla 17.

Herramientas financieras.

INVERSION SISTEMA FOTOVOLTAICO	S/1,009,149.72
ROI (retorno operacional de inversión) – 36.10%	3 AÑOS
GENERA BENEFICIO UTIL	S/.274,694.46
TIR	11.24%
VAN	S/.19,580.67
TIR (tasa interna de retorno) – 11.24%	ES RENTABLE
VAN (valor actual neto) –proyectado a 5 años financiado.	ES VIABLE

Nota: Elaboración propia

Regla que debe cumplir:

Si $VAN \geq 0$: es aprobado si el valor dado da positivo , si valor es negativo se rechaza.

Si $TIR > t = 10\%$: es aprobado si el valor es superior, si es menor se rechaza

El valor obtenido resulto que la investigación es Rentable de este modo se sugiere ejecutar tal proyecto mediante un financiamiento, el costo beneficio del proyecto es de una inversión de 1,009,149.72, genera una utilidad anual de S/.274,694.46, de esta forma los indicadores evaluadores financieros determinan que el proyecto es rentable, aceptable y viable. Ver anexos 11 y 12 de graficas de comparación de costos y equipos.

IV. DISCUSION

Acorde con Clemente (2014) en su tesis: “Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas alto andinas” de la Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de ingeniería mecánica. Siendo su objetivo fundamental: mejorar el sistema FV para generación de electricidad en comunidades alejadas. Luego del exhaustivo estudio detallado se concluyó que: En viviendas altoandinas a más de 3800 m.s.n.m de este sector la emisión de la luz del sol suele ser constante entre 5.8 a 5.9 HPS diariamente sobrepasando los 6kwh/día, cantidad necesaria para producir energía eléctrica, de este mismo modo se seleccionó la fuente energética solar para accionar el sistema de bombas de riego agrícola para el distrito de Pacanguilla – Chepén – La libertad siendo de 4.74 HSP a 6.26 HSP, obteniendo la radiación de 4.74kWh/m².día y de 6.26kWh/m².día, irradiación suficiente para la generación de energía requerida e implementación del sistema fotovoltaico autónomo, también se determinó un ángulo de inclinación de 21.18°, con una optimización máxima de potencia de captación para los paneles con una inclinación de entre 30° a 45°.

De acuerdo con Necochea y Ramírez (2016) en su tesis: “Diseño de un sistema fotovoltaico suministrar parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo r4 en la Ciudad de Trujillo” de la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica. Llegando a las conclusiones que: se analizó y seleccionó los artefactos eléctricos logrando abastecerlos de la energía fotovoltaico permitiendo independizar 4095W aprovechando un promedio de 3320Wh diariamente y casi 100kWh mensuales. Bajo este mismo análisis se determinó la demanda máxima de las bombas de riego para implementar con energía solar fotovoltaica, independizando 77850W de potencia con aprovechamiento de 467100 Wh y de 563585.91Wh de energía real diaria.

Conforme con Salavarría (2016) en su tesis: “Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que enlaza la universidad cesar vallejo con el Distrito De Morales Provincia De San Martin” de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo departamento la Libertad, su objetivo fue: analizar y seleccionar fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público. Se seleccionó: panel FV mono cristalino SM660-250W con una eficiencia de 15.3%, acumulador de GEL-VRL/BAE 12V- 431Ah, regulador

PROSTAR PS-15 12V-15A, inversor BCR-150-2 150W/10-16VCC/200-400VCA, de igual manera se prosiguió a seleccionar los componentes para el sistema de bombas de riego en Pacanguilla – Chepén – La libertad, obteniendo para este sistema fotovoltaico autónomo el modelo de panel tipo AXITEC A-350M156-72S monocristalino, regulador de carga VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100A, acumuladores ULTRACELL ESTACIONARIA 600AH-12V, inversor tipo ABB STRING INVERTES PVI-6kW-TL-OURD, variador INVERTEK DRIVE PARA 0.75HP y 50HP, estos equipos fueron los que se tomaron en cuenta y conformaron el sistema solar fotovoltaico autónomo para accionar las bombas de riego.

De acuerdo con Bitar y Chamas (2017) en su tesis: “Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia” del Colegio de Estudios Superiores de Administración CESA, tuvo como objetivo: llevar a cabo un estudio de factibilidad técnico / financiera, siendo elegido el proveedor del panel FV de los cuales se obtuvo un 15.27% de eficiencia y una potencia máxima de entrega del 75% fue la empresa TRINA, para el inversor en los rangos de capacidad para industrias desde 10kwp a 500kwp entregan más de un 95% de eficiencia, a pesar de ser la más cara de los proveedores seleccionados quien tuvo mayor calificación fue la empresa ABB con modelo PRO 33kw TL-OUTD por contar con protección NEMA 4X garantizando mayor protecciones climatológicas con una eficiencia de 98% obteniendo menos pérdidas en la conversión, siendo la instalación del proyecto 10kw, con 40 paneles de 250w policristalinos con eficiencia mayor a 15%, modelo ALLMAX 250P 35 años vida útil siendo su costo de \$598,018.00, inversor ABB 11W PVI-10.0-I-OUTD con eficiencia de 96.5% y un costo de \$15,156. 881, entre los accesorios de instalación los conductores son de la especificación AWG 12 uso externo. De esta misma manera se determinó los componentes del sistema autónomo, como viene siendo el panel elegido de 350W modelo tipo AXITEC A-350M156-72S, entregando una eficiencia del 18.04% uno de los tipos de paneles con mayor competitividad en el mercado de procedencia alemana, el regulador de carga VICTRON ENERGY BLUE SOLAR MC4 PV- MPPT 150/100A el cual es recomendado por los expertos por sus altas prestaciones de funcionamiento, rendimiento, durabilidad, con un 96% de eficiencia de elección, así como también entregar una fiabilidad y confianza al sistema solar fotovoltaico autónomo dando una tensión constante y mayor vida útil a los acumuladores de energía y mejorando la precisión del control en la temperatura

de operación y conexiones, el tipo de banco de baterías fue el de tipo ULTRACELL ESTACIONARIA 600AH-12V con una profundidad de descarga del 60% y evaluado con un 80% de su mayor rendimiento y durabilidad de 8 a 10 años de 1200 a 1 800 ciclos de operación en su vida útil conforme con la normativas internaciones ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, inversor tipo ABB STRING INVERTES PVI-6kW-TL-OURD con una eficiencia del 98%, para el tipo variador se eligió de acuerdo al funcionamiento de características técnicas de las bombas de riego para lo cual fueron el INVERTEK DRIVE ODV-3-220043-1 F12-SN para las bombas de 0.75HP/0.55kW y el INVERTEK DRIVE ODV-3-621500-3F1N-TN para las bombas de 50HP/37kW, ambos con excelente interface y con eficiencias del 98%.

Sostuvo Ahumada (2017) en su tesis: “Diseño del Sistema de Bombeo Automatizado con Energía Fotovoltaica para la Planta de Tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila” de la Universidad Nacional del Altiplano, de la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas, su objetivo fue: realizar el diseño de un sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica. Luego al analizar y hacer la interpretación de resultados: se valida los datos de los cálculos mediante la simulación en el software Pvsyst 6.43, esta herramienta de diseño de sistemas FV fue elaborado en el Centre ‘Universitaire d’Etude des Problèmes de l’Energia (CUEPE) de la Universidad de Génova. Lo cual permite realizar una evaluación y análisis de datos de funcionamiento de sistemas OFF GRID Y ON GRID, con elevados bases de data meteo y de componentes del sistema FV. Esta permite ser usada por investigadores y análisis de ingeniería en sistemas FV, mediante la validación también se mostrará las características y materiales necesarios en el diseño, así como también la cantidad de irradiación promedio de cada mes. Los cuales nos darán la factibilidad técnica del proyecto para su implementación.

Nieto (2017) sostiene en su tesis: “Estudio de factibilidad técnica y económica para implementar un sistema de generación de energía renovable no convencional, para una piscicultura experimental de recirculación de agua en la Empresa Cobia del desierto de Atacama SpA, ubicada en la comuna de Mejillones” de la Universidad Austral de Chile, Su objetivo fue: justificar la factibilidad técnica y económica, mediante el uso de análisis financieros, para definir la viabilidad de la generación energética de un sistema solar, Para la utilización del agua contenida son 9 bombas de 2.7HP, las de salida y entrada son de

1.5HP, reducir sus costos de energía y uso de caldera que genera más contaminación, habiendo llegado a las conclusiones que: al emplear este proyecto dará ganancias a mediano y largo plazo que serán favorables para la economía de la empresa, de tal manera contribuyendo en lo ambiental, diversificando paradigmas y doctrinas en el suministro energético de fuentes limpias. El sistema está apto para resistir el presupuesto inicial y los recambios en el mantenimiento de las partes que han cumplido su tiempo de vida y prolongar en la generación de esta manera su durabilidad y rendimiento. Del valor que paga la empresa por kWh en el año en curso \$64.577 y mensual promedio \$3,931.136 con un total anual de \$47,173.631. El valor actual instalado sería de una inversión de \$383,110.196, proyectado a 25 años duración y garantía del sistema con eficiencia del 80%, haciendo la evaluación del ROI a 4 años, y a los 8 años siendo un total de \$425,377.981, para lo cual la inversión sin PFV sería de \$832, 839.00 y el TIR de 10.026% en 25 años. La cantidad producida del proyecto sugerida permite desvincularse del suministro de red eléctrica el 100 por ciento, en su totalidad, obteniéndose el consumo en ahorro.

Analizando a nivel mundial indicadores económicos usados para el proyecto para constatar su rentabilidad y viabilidad, el impacto obtenido fue de manera favorable y que, a cualquier emprendedor, le resultará interesante.

Los cálculos fueron analizados y verificados detalladamente, para la cual estudio reafirmo ser beneficioso, siendo el VAN a 0,8 millones de pesos y realizable a un TIR de 10,026 porcentual. Al sostener la duración de un plazo de 25 años, en ejecución, el monto bajaba a 1164,4 millones de pesos, obteniéndose el 47,6 porcentual y siendo el ROI en un lapso de 11 años, estadísticamente la realización en este proyecto estudiado se incrementaría empleabilidad de fuentes innovadoras, colaborando con el medio ambiente y generando un ecosistema agradable con el entorno.

Para la investigación de esta tesis en la implementación de energía fotovoltaica autónoma para accionar bombas de riego, también se utilizó los indicadores económicos para el análisis económico y financiero la cual se denota en esta investigación originando una inversión inicial de S/. 1.009,149.72 y obteniendo un beneficio útil anual de S/.274,694.46, durante los 5 años que sería financiado el proyecto, se pagaría anualmente el monto de S/.186,357.12 de acuerdo a este análisis el ROI obtenido es 36.10%, en un tiempo de recuperación de no mayor a 3 años, con un TIR de 11.24% por lo tanto es mucho más rentable que el banco, y un VAN de S/.19,580.67, quiere decir que la tasa del TIR es mayor a la tasa del banco del

10%, de este modo como el monto es muy elevado se recurre a ser el proyecto financiado por el banco, por lo cual el banco solo otorga el 70% de la financiación siendo de S/.706,404.80. Luego de haber hecho el análisis se determina que el proyecto es rentable y viable.

V. CONCLUSIONES

- Según los alcances de PVsyst irradiación solar se determinaron los parámetros de radiación existe anual, siendo más desfavorable el mes de julio con un valor de 4.74 kWh/día, por lo cual dicho valor se ha utilizado para cuantificar el presente procedimiento fotovoltaico.
- Al obtener el consumo energético actual se determinó que estará conformado el sistema autónomo por 316 paneles de 350 Wp, 130 baterías de 600 Ah/12v - 1000 Ah/24v , 9 reguladores de carga MPPT 48v-150v/100 A y 3 inversores (1 de 6000 W 2 de 55000kW).
- Mediante la cuantificación del consumo de la máxima demanda que dividimos en 3 sistemas autónomos para las bombas, primero demanda máxima se obtuvo con una potencia de 3850W y un consumo de energía teórica de 23100Wh, el sistema consiste en 7 bombas de 0.75HP/0.55kW. segundo demanda máxima se obtuvo con una potencia de 37000W y un consumo de energía teórica de 222000Wh, el sistema consiste en 1 bomba de 50HP/37kW. para el tercer sistema fue la misma demanda que la segunda. Además, se utilizaron 9 inversores para contrarrestar el arranque de las corrientes de las 9 bombas.
- Al realizar el Análisis económico del proyecto, se determinó que la inversión del sistema fotovoltaico tendría un costo de S/. 1,009,149.72, beneficio útil anual es de S/. 274,694.46 considerando un periodo de evaluación de 5 años, con un VAN S/. 19,580.67 y el valor del TIR de 11.24% por lo que la investigación resulta ser beneficiosa.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere realizar la investigación porque trae beneficio económico aceptable y factible para llevarlo a cabo cuyo retorno de inversión debido a que no es mayor a 3 años y obteniendo esta rapidez de recuperar la inversión es más factible recurrir a un banco para que se financie, ya que la tasa de interés que otorga el banco es menor al valor obtenido por la tasa interna de retorno.
- ✓ Para el sistema de bombas de riego del tipo sumergibles y de otro tipo se recomienda que cuando las bombas cumplan su tiempo de vida se haga un análisis y sean cambiadas por unas de tipo solar, con la nueva tecnología e innovación en sistemas solar fotovoltaicos se han desarrollado actualmente bombas mucho más eficientes, de buen rendimiento, durabilidad, potencia, como son las bombas solares Lorenz alemanas, actualmente utilizadas para sistemas de bombeo y riego que se encuentran en sus variedades de tipos de baja – media – alta potencia y presión constante, sin embargo este tipo de bombas minimizan costos comparadas con las bombas eléctricas que generan más gasto incluso por su mantenimiento, así como también las bombas Lorenz tienen un novedoso diseño y que no ocupan mucho espacio y que estas proporcionan para el diseño de alguna instalación de bombeo, se recomienda implementar estas bombas Lorenz ya que son hechas para utilizarlas mediante paneles solares, para el caso de esta investigación solo sería cambiar las bombas Lorenz por las bombas eléctricas cuando dejen de funcionar, esto traería también un ahorro y beneficio útil.

REFERENCIAS

- Bardales, (2016). "*estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica Mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de shungun región Amazonas, 2016*". (tesis). Universidad cesar vallejo, cajamarca, peru.
- Castrejon, A., & Santamaria, G. (2011). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: S.A.EDITEX.
- Catalan, Electricidad J. 2012. La Protección IP. Norma Técnica de electrificación [En línea] 18 de Mayo de 2012. [Citado el: 20 de Octubre de 2015.] <http://www.electricidadjcatlan.com/la-proteccion-ip/>.
- Cemaer. (2015). Manual de apoyo. . Curso Gratis de Energía Solar. México. Obtenido de www.cemaer.org
- Cuervo García, R., & Méndez Muñiz, J. M. (2012). *Energía fotovoltaica 7ª edición*. Madrid, España: Bureau Veritas Formación.
- Daniel. (2014). Los paneles solares fotovoltaicos. Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/lospaneles-solares-fotovoltaicos/>
- Deltavolt. (2010). ATLAS SOLAR DEL PERÚ. Obtenido de <https://deltavolt.pe/atlas/Atlassolar>
- Energías Renovables . (25 de noviembre de 2014). Recuperado el 2 de noviembre de 2016, de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- Energía solar. (13 de Abril de 2017). EFECTO FOTOVOLTAICO. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de <https://solar-energia.net/definiciones/efecto-fotovoltaico.html>
- ESAN. (2016). EL POTENCIAL DE LA ENERGIA RENOVABLE EN EL PERU. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/el-potencial-de-la-energiarenovable-en-el-peru/>
- Focer. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica*. San jose: BUN-CA.
- Flores Vásquez & Manuel. "*Uso de la energía fotovoltaica, para el laboratorio de automatización*" Tesis profesional. (título de ingeniero mecánico), Universidad Cesar vallejo, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2012.
- Giraudy Arafet, C., Massipe Cano, I., Rodríguez Rivera, R., Rodríguez Gámez, M., & Vázquez Pérez, A. (2013). "Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Ingeniería Energética." 28(2), 141-148.
- Gonzalez -Longatt, D. F. (Enero de 2008). Tema 2.5 Energía Solar. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/298891980_Capitulo_25_Sistemas_Fotovoltaicos_Sistemas_de_Generacion_Distribuida

- Luque, A., & Hegedus, S. (2003). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. Londres: John Wiley & Sons, Ltd.
- Mascaròs, V. (2016). *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Martinez Robles, J. M. (Marzo-2014). “Implementacion de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de automatizacion de la facultad de ingenieria de la uaq”. SANTIAGO DE QUERETARO-MEXICO.
- Martínez, P. C. (2006). El método de estudio de caso Estrategia metodológica de la investigación científica. Recuperado el 22 de Abril de 2017, de http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/pensamiento_gestion/20/5_El_metodo_de_estudio_de_caso.pdf
- Mesa, J. (2009). DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL EFECTO FOTOVOLTAICO EN LA REGIÓN. Universidad Tecnológica de Pereira., Pereira.
- Mpptsolar. (2017). ORIENTACION DE PANELES SOLARES. Obtenido de <http://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>
- Muñoz & Flavio. “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país” Tesis (título profesional ingeniero mecánico electricista). Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2005. 145p
- Pareja, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Necochea, p. (2016). Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer parte del Consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo r4 en la ciudad de trujillo2016. (tesis). Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Odar, j. (2016). Electrificación rural fotovoltaico para suministrar energía Eléctrica al caserío paredones, distrito de Chongoyape 2016. (tesis).Universidad cesar vallejo, Chiclayo, perù.
- Philips. 2015. Luminarias de Alumbrado Público . Green Vision BRP371/372/373. [En línea] 2015 de Noviembre de 2015. [Citado el: 3 de Noviembre de 2015.] http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/377024/greenvision_brp371372373_377024_ffs_aen.pdf.
- QuimiNet. (16 de Noviembre de 2011). Sistema fotovoltaico. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-sistema-fotovoltaico-2638847.htm>
- Ramos, Valdivia y Cáceres. “Factibilidad técnico-económica de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica autónoma para la Uancv mediante la instalación de paneles en los techos de las pérgolas peatonales del campus universitario” Tesis (optar grado magíster). Juliaca – Perú. Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” – Juliaca, 2016.

- Roitman, M., Mestrallet, A., Aramburu, M., & Rossi, R. (2015). “*Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la Ciudad de Córdoba*”. Córdoba, Argentina.
- SILVA, C. (2015). Aplicación de sistemas fotovoltaicos en zonas marginadas del estado de Veracruz sin recursos de energía eléctrica. (TESINA). Universidad Nacional Autónoma de México, VERACRUZ, MEXICO.
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Style Oliver.
- Soberón, I. (2016). Diseño de una central fotovoltaica para suministrar energía eléctrica a la comunidad nativa de kusu numpatkaim-distrito del cenepa.(tesis). Universidad Cesar Vallejo, Jaén, Perú. Solar, Auto. 2015. Baterías Estacionarias . Sistemas Fotovoltaicos. [En línea] 3 de febrero de 2015. [Citado el: 9 de noviembre de 2015.] https://autosolar.es/baterias/baterias-transparentes/bateria-estacionaria-bae-12v431ah_precio.
- Tejeda Ponce, Daniel. ”Estudio técnico económico para la implementación de energía eléctrica fotovoltaica para el sistema de alumbrado decorativo ornamental en el parque de las aguas en el distrito de Víctor Larco Herrera” Tesis (título profesional ingeniero mecánico eléctrico). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2015.
- Tercero, J. (2015). Diseño de una Mini central solar Fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2.7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí. TESIS.Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, ESTELI, NICARAGUA.
- Valdera, F. (2016). “Propuesta de un diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el c.p. calerita - Chiclayo, 2016”.(tesis). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Volt, D. (2017). El Sector de la Energía Eléctrica. Obtenido de <https://deltavolt.pe/energiarenovable/renovable-peru>

ANEXOS

Anexo 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

Talavera Leython Jonathan Rolando

FACULTAD/ESCUELA:

Ingeniería/ Mecánica Eléctrica

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	“Factibilidad Técnico Económico Mediante Implementación De Paneles Solares Fotovoltaicos Para Accionar Las Bombas De Riego Agrícola En El Distrito De Pacanguilla - Chepén– La Libertad”
FORMULACION DEL PROBLEMA	¿Es Factible Implementar Un Sistema Fotovoltaico Para Reducir Los Costos De Consumo Eléctrico En El Sistema De Bombas De Riego Agrícola En El Distrito De Pacanguilla - Chepén- La Libertad?
HIPÓTESIS	Hi: Es factible implementar un Sistema fotovoltaico para reducir el costo de consumo eléctrico en el sistema de bombas de riego agrícola en el distrito de Pacanguilla- Chepén - la Libertad.
OBJETIVO GENERAL	❖ Elaborar una propuesta técnica y económica mediante la implementación un sistema fotovoltaico para accionar las bombas de riego agrícola en el sector de Pacanguilla – Chepén - La Libertad.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Obtener los datos de irradiación solar existentes de la zona para el procedimiento de cálculos respectivos para la implementación del sistema fotovoltaico. ❖ Cuantificar el consumo de la máxima demanda requerida por las bombas de riego. ❖ Calcular y seleccionar los componentes que conforman la instalación del sistema fotovoltaico. ❖ Realizar la evaluación técnica de la instalación FV para la implementación en el sistema de bombas de riego. ❖ Determinar el análisis económico y financiero de la propuesta.

DISEÑO DEL ESTUDIO	NO EXPERIMENTALES - DESCRIPTIVA
POBLACIÓN Y MUESTRA	<p>POBLACIÓN: para esta investigación la población fueron las 6 casetas de sistema de riego en la agrícola y cada uno está compuesta por 9 bombas.</p> <p>MUESTRA: se tomó a modo de estudio 1 caseta del sistema de bombas de riego que está compuesta por 9 bombas.</p>
VARIABLES	<p>VARIABLE INDEPENDIENTES: POTENCIA SOLAR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicadores: irradiación solar, máxima demanda <p>VARIABLE DEPENDIENTES: COSTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicadores: Costos de inversión, Beneficio económico

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
	Inspección	Guías de observación	Especialista
	Análisis documental	Fichas técnicas	Especialista



Electrical data (at standard conditions (STC) irradiance 1000 watt/m², spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25°C)

Type	Nominal output P _{mpp}	Nominal voltage U _{mpp}	Nominal current I _{mpp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-330M/156-72S	330 Wp	37.70 V	8.77 A	9.28 A	46.20 V	17.01 %
AC-335M/156-72S	335 Wp	37.90 V	8.85 A	9.29 A	46.40 V	17.26 %
AC-340M/156-72S	340 Wp	38.00 V	8.95 A	9.40 A	46.50 V	17.52 %
AC-345M/156-72S	345 Wp	38.10 V	9.06 A	9.48 A	46.60 V	17.70 %
AC-350M/156-72S	350 Wp	38.20 V	9.16 A	9.56 A	46.70 V	17.90 %

Design

Frontside	0.13 inch (3.2 mm) hardened, low-reflection white glass
Cells	72 monocrystalline high efficiency cells 6 inch (156 x 156 mm)
Backside	Composite film
Frame	1.57 inch (40 mm) silver anodized aluminium frame

Mechanical data

L x W x H	77.01 x 39.06 x 1.57 inch (1956 x 992 x 40 mm)
Weight	50.7 lbs (23 kg) with frame

Power connection

Socket	Protection Class IP67 (3 bypass diodes)
Wire	43.3 inch, AWG 11
Plug-in system	Plug/socket IP67

Limit values

System voltage	1000 VDC (UL) 1000 VDC (IEC)
NOCT (nominal operating cell temperature)*	45°C +/-2K
Max. load-carrying capacity	50 PSF
Reverse current feed IR	15.0 A
Permissible operating temperature	-40°C to 85°C / -40F to 185F

(No external voltages greater than Vo may be applied to the module)

* NOCT, irradiance 800 W/m²; AM 1,5; wind speed 1 m/s; Temperature 20°C

Temperature coefficients

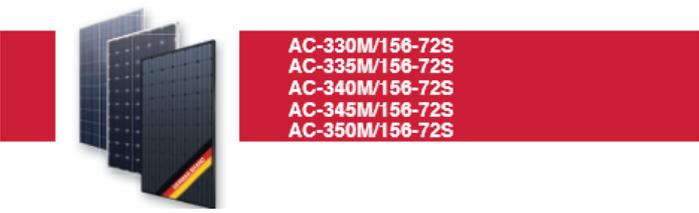
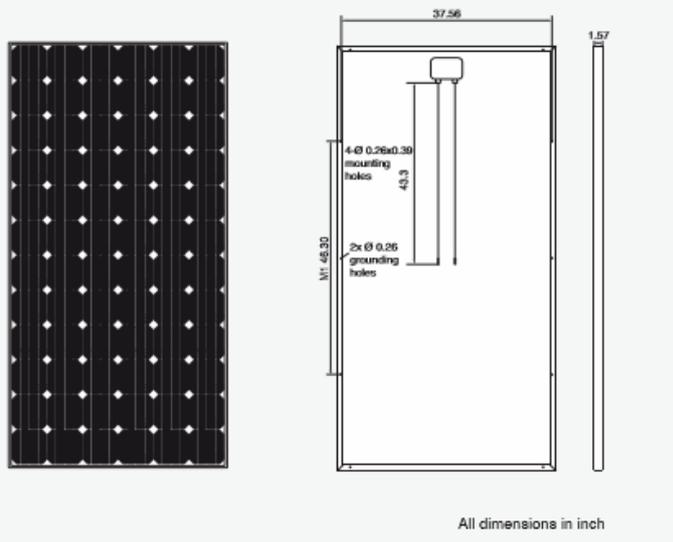
Voltage U _{oc}	-0.30 %/K
Current I _{sc}	0.04 %/K
Output P _{mpp}	-0.40 %/K

Low-light performance (Example for AC-300M/156-72S)

I-U characteristic curve	Current I _{pp}	Voltage U _{pp}
200 W/m ²	1.69 A	34.55 V
400 W/m ²	3.30 A	35.42 V
600 W/m ²	4.93 A	35.70 V
800 W/m ²	6.48 A	36.21 V
1000 W/m ²	8.18 A	36.73 V

Packaging

Module pieces per pallet	25
Module pieces per HC-container	550





Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com



Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés)
 Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
 En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

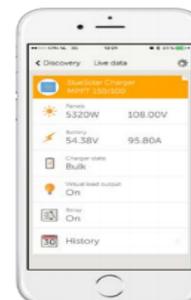
Excepcional eficiencia de conversión
 Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
 Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica
 Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
 Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
 Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
 Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
 - Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
 - Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCAZA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)					

Anexo 4

Solar inverters

ABB string inverters

PVI-5000/6000-TL-OUTD

5kW to 6kW

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

© Copyright 2015 ABB. All rights reserved. Specifications subject to change without notice.





This inverter is marked with one of the two certification marks shown here (TUV or CSA).

SMPK0304585/REV E DN 08.11.2015 #18624

Additional highlights

- RS-485 communication interface (for connection to laptop or data logger)
- Available with the optional VSN300 Wifi Logger Card for easy and affordable wireless monitoring
- Compliant with NEC 690.12 when used with ABB's Rapid Shutdown device
- Comes standard with DC Arc Fault Circuit Interruptor (AFCI) to comply with NEC 690.11

Support and service

ABB supports its customers with a dedicated, global service organization in more than 60 countries, with strong regional and national technical partner networks providing a complete range of life cycle services.

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/solarinverters

www.abb.com

Technical data and types

Type code	PVI-5000-OUTD-US			PVI-6000-OUTD-US		
General Specifications						
Nominal output power	5000W			6000W		
Maximum output power	5000W			6000W		
Rated grid AC voltage	208V	240V	277V	208V	240V	277V
Input side (DC)						
Number of independent MPPT channels	2			2		
Maximum usable power for each channel	4000W			4000W		
Absolute maximum voltage (Vmax)	600V			600V		
Start-up voltage (Vstart)	200V (adj. 120-350)			200V (adj. 120-350)		
Full power MPPT voltage range	145-530V			175-530V		
Operating MPPT voltage range	0.7 x Vstart - 580V (≥90V)			0.7 x Vstart - 580V (≥90V)		
Maximum current (Idcmax) for both MPPT in parallel	36A			36A		
Maximum usable current per channel	18A			18A		
Maximum short circuit current per channel	22A			22A		
Number of wire landing terminals per channel	2 Pairs			2 Pairs		
Array wiring termination	Terminal block, pressure clamp, AWG20-AWG6			Terminal block, pressure clamp, AWG20-AWG6		
Output side (AC)						
Grid connection type	1Ø/2W	Split-Ø/3W	1Ø/2W	1Ø/2W	Split-Ø/3W	1Ø/2W
Adjustable voltage range (Vmin-Vmax)	183-228V	221-264V	244-304V	183-228V	211-264V	244-304V
Grid frequency	60Hz			60Hz		
Adjustable grid frequency range	57-60.5Hz			57-60.5Hz		
Maximum current (I _{act,max}) A _{RMS}	27A	23A	20A	30A	28A	24A
Power factor	> 0.995 (adjustable to ±0.8)			> 0.995 (adjustable to ±0.8)		
Total harmonic distortion at rated power	< 2%			< 2%		
Contributory fault current ¹	36.25 A _{pk} / 25.63A _{RMS}	36.5 A _{pk} / 25.81A _{RMS}	31.75 A _{pk} / 22.45A _{RMS}	36.25 A _{pk} / 25.63A _{RMS}	36.5 A _{pk} / 25.81A _{RMS}	31.75 A _{pk} / 22.45A _{RMS}
Grid wiring termination type	Terminal block, pressure clamp, AWG20-AWG4			Terminal block, pressure clamp, AWG20-AWG4		
Input						
Reverse polarity protection	Yes			Yes		
Over-voltage protection type	Varistor, 2 for each channel			Varistor, 2 for each channel		
PV array ground fault detection	Pre start-up R _{sc} and dynamic GFDI (requires floating arrays)			Pre start-up R _{sc} and dynamic GFDI (requires floating arrays)		
Output						
Anti-islanding protection	Meets UL1741 / IEEE1547 requirements			Meets UL1741 / IEEE1547 requirements		
Over-voltage protection type	Varistor, 2 (L ₁ - L ₂ / L ₁ - G)			Varistor, 2 (L ₁ - L ₂ / L ₁ - G)		
Maximum AC OCPD rating	35A	30A	25A	40A	35A	30A
Efficiency						
Maximum efficiency	97.1%			97.1%		
CEC efficiency	96%	96.5%	96.5%	96%	96.5%	96.5%
User interface	Graphic display			Graphic display		
Operating performance						
Stand-by consumption	<8W _{RMS}			<8W _{RMS}		
Nighttime consumption	<0.6W _{RMS}			<0.6W _{RMS}		
Communication						
User-interface	16 characters x 2 lines LCD display			16 characters x 2 lines LCD display		
Remote monitoring (1xRS485 incl.)	VSN700 Data Logger (opt.), VSN300 Wifi Logger Card (opt.)			VSN700 Data Logger (opt.), VSN300 Wifi Logger Card (opt.)		
Environmental						
Ambient air operating temperature range	-13°F to +140°F (-25°C to +60°C)			-13°F to +140°F (-25°C to +60°C) with derating above 122°F (50°C)		
Ambient air storage temperature range	-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)			-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)		
Relative humidity	0-100% RH condensing			0-100% RH condensing		
Acoustic noise emission level	< 50 db (A) @1m			< 50 db (A) @1m		
Maximum operating altitude without derating	6560ft (2000m)			6560ft (2000m)		



ODV-3-220043-1 F12-SN
Optidrive Eco VFD Datasheet

1 HP, 4.3 A, 200-240 V, 1-3PH,
IP20 Variable Frequency Drive
with EMC Filter

Input Ratings

Supply Voltage	200-240 V
Input Phases	1
Supply Current Continuous	8.5 A
Supply Fuse or MCB (Type B)	10 A

Output Ratings

Motor Output Rating	1 HP
Output Voltage	0 – Supply Voltage
Output Current	4.3 A

Cable Information

Max Supply Cable Size	0.31 in
Max Motor Cable Size	0.31 in
Max motor cable length	328 ft

Factory Build Options

 EMC Filter	Internal EMC
 Brake Transistor	No Brake Transistor
 Enclosure	IP20
 Display	LED
 PCB Coating	Standard

Installation Options & Peripherals

-  Communication Interfaces
-  Optistick Smart



Global sales, service & application support network in over 80 countries

-  VFD Specifications
-  Connection Diagram
-  VFD Options & Software

Dimensions



Size	2
Height	8.7 in
Width	4.33 in
Depth	7.28 in
Weight	3.97 lb(s)
Packaged Weight	4.19 lb(s)
Fixings	4 x M4



Anexo 6

Batería Estacionaria 600Ah 12V Ultracell UZS600

Ultracell®
Quality in Every Language®

Batería Estacionaria 600Ah 12V Ultracell UZS600



Physical Specification

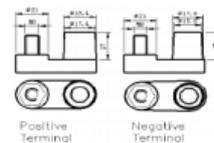
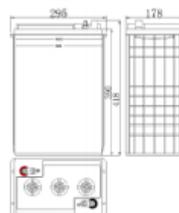
Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (120HR)	600AH
Terminal Type	Standard Terminal	F22
Container Material	Standard Option	ABS
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A
Max Discharge Current	1300A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.5m Ω	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F)
		Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F)
		Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C 102%
	25°C 100%	
	0°C 85%	
	-15°C 65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

F22 Terminal



ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Anexo 7



ODV-3-540720-3 **F12-TN**
Optidrive Eco VFD Datasheet



Global sales, service & application support network in over 80 countries

- [▶ VFD Specifications](#)
- [▶ Connection Diagram](#)
- [▶ VFD Options & Software](#)

50 HP, 72 A, 380-480 V, 3PH,
IP20 Variable Frequency Drive
with EMC Filter and OLED Text Display

Input Ratings

Supply Voltage	380-480 V
Input Phases	3
Supply Current Continuous	58 A
Supply Fuse or MCB (Type B)	80 A



Output Ratings

Motor Output Rating	50 HP
Output Voltage	0 – Supply Voltage
Output Current	72 A

Cable Information

Max Supply Cable Size	1.38 in
Max Motor Cable Size	1.38 in
Max motor cable length	328 ft



Dimensions

Size	5
Height	19.13 in
Width	8.74 in
Depth	10.24 in
Weight	37.48 lb(s)
Packaged Weight	0 lb(s)
Fixings	-

Factory Build Options

- EMC Filter** Internal EMC
- Brake Transistor** No Brake Transistor
- Enclosure** IP20
- Display** OLED Text
- PCB Coating** Standard

Installation Options & Peripherals

- [▶ Communication Interfaces](#)
- [▶ Optistick Smart](#)



MICNO

MICNO 3 Fase 3AC 380 V salida 55kW 35/75HP



Las especificaciones	Poder	55kW... 75HP
	Corriente de salida	110A
	Tensión de entrada	DC 300 ~ 900 V 3AC 380/415/440 V
	Tensión de salida	3AC 0 ~ 380/415/440 V
	MPPT regulador de	260 ~ 750 V
	MPPT eficiencia	99.9%
MOQ	1 pc	
Precio	USD 3238 ~ 4048/pc	

Detalles del producto

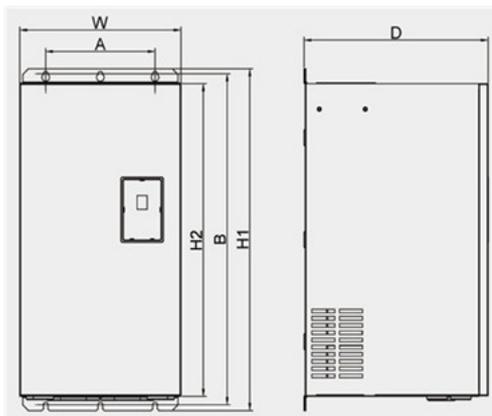
Descripción general

Detalles rápidos

Lugar del orig... Guangdong, China (Mainland)
 Número de M... KE300A-01-055G-T4
 Tipo de salida: Triple
 Peso: 37 kg
 Voltaje de sali... 3AC 0 ~ /380/400/415/440 V
 Frecuencia de... V/f: 0 ~ 3000Hz, SVC: 0 ~ 300Hz
 La certificació... CE
 Compatibilidad: AC y DC de entrada
 Protección: Seco de protección

Marca: MICNO
 Potencia de s... 55kW
 Talla: 320*600*330mm
 Voltaje de ent... DC 625 ~ 750 V o 3AC 380V±15%
 Tipo: Inversor solar
 Corriente de s... 110A
 Frecuencia de... MPPT reglamento automático
 Control autom... Arranque automático y parada automática

Dimensión del producto



Dimensión externa (Mm)	W	320
	H1	600
	H2	552
Dimensión de instalación	D	330
	Un	230
	B	582
Perno de montaje	M8	

Anexo 9

MOTORES DE SUPERFICIE

Serie MS / MY / EG



CARACTERÍSTICAS:

- Diseño según IEC 60034, IEC 60038, IEC 60072.
- Tamaños de carcasa: 56 a 355
- Potencias desde 0,06 a 315 kW para un servicio continuo.
- Temperatura ambiente de trabajo máxima de 40 °C y una altitud máxima de 1000 m.
- Velocidades síncronas (rpm): 3000, 1500, 1000 o 750
- Tensión: 230/400 V o 400/690 V, 50 Hz y 230 V 50 Hz.
- Aislamiento clase F y temperatura de calentamiento clase B.
- Protección IP 55 asegurando una estanquidad contra el polvo y los chorros de agua desde cualquier dirección.
- Formas constructivas básicas: IM B3, IM B35, IM B34, IM B5, IM B14. Para otras formas consultar.



MOTORES DE SUPERFICIE

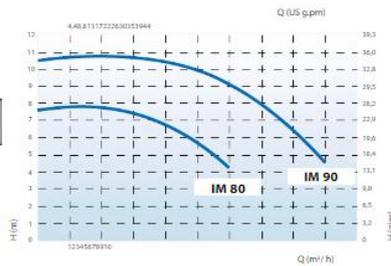
Serie MS / MY / EG



Motores trifásicos Serie IE1-MS / EG Velocidad síncrona 1500 rpm - 4 polos 400 V, 50 Hz

TIPO	Potencia		M _n N.m	n rpm	Eficiencia clase IE1 EN 60034-2-1 100%	I _n 400 V A	I _n /I _n	Cos φ	M _v /M _n	M _a /M _n	J Kgm ²	Nivel sonoro dB(A)	m Kg
	kW	CV											
MS 56 1-4	0,06	0,08	0,42	1360	50	0,35	4	0,56	2,3	2,4	0,00009	50	2,9
MS 56 2-4	0,09	0,12	0,63	1360	52	0,45	4	0,59	2,3	2,4	0,00011	50	3,2
MS 56 3-4*	0,12	0,17	0,84	1360	52	0,55	4	0,64	2,2	2,4	0,00014	52	3,7
MS 63 1-4	0,12	0,17	0,84	1360	52	0,55	4	0,64	2,2	2,4	0,00016	52	3,7
MS 63 2-4	0,18	0,25	1,31	1310	57	0,7	4	0,65	2,2	2,4	0,00020	52	4,2
MS 63 3-4*	0,25	0,33	1,78	1340	60	0,91	4	0,66	2,2	2,2	0,00023	54	5,0
MS 71 1-4	0,25	0,33	1,77	1350	60	0,84	6	0,72	2,2	2,4	0,00058	55	5,0
MS 71 2-4	0,37	0,5	2,58	1370	65	1,11	6	0,74	2,2	2,4	0,00065	55	5,8
MS 71 3-4*	0,55	0,75	3,81	1380	66	1,6	6	0,75	2,2	2,4	0,00087	57	6,5
MS 80 1-4	0,55	0,75	3,83	1370	67	1,58	6	0,75	2,2	2,4	0,00124	58	8,1
IE1-MS 80 2-4	0,75	1	5,19	1380	72	1,93	6	0,78	2,2	2,4	0,00167	58	9,1
MS 80 3-4*	1,1	1,5	7,56	1390	76,2	2,26	6	0,78	2,2	2,4	0,00185	60	11,0
IE1-MS 90 5-4	1,1	1,5	7,50	1400	76,2	2,64	6	0,79	2,2	2,4	0,00168	61	11,7
IE1-MS 90 L1-4	1,5	2	10,23	1400	78,5	3,45	6	0,80	2,2	2,4	0,00217	61	14,4
MS 90 L2-4*	2,2	3	15,01	1400	81	4,9	7	0,80	2,2	2,4	0,00262	63	17,6
IE1-MS 100 L1-4	2,2	3	14,80	1420	81	4,84	7	0,81	2,2	2,3	0,00335	64	19,2
IE1-MS 100 L2-4	3	4	20,18	1420	82,6	6,47	7	0,81	2,2	2,3	0,00463	64	22,5

BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES



la	Peso columna	Peso PÁGINAS	Peso PVDF	L1 máx
250	6,5 Kg	7 Kg	100	
500	7,5 Kg	8 Kg	350	
800	10,5 Kg	11 Kg	650	

Las medidas se expresan en mm - Otros tamaños a petición

modelo	potencia	o sólidos de paso	ABCDEFGHIJMNOP													Kg motor	
IM80	0,37 Kw 0,5 HP		7	340	164	20	100	340	130	119	91	260	290	119	210	Ø140	8
IM90	0,55 Kw 0,75 HP		10	340	164	20	100	340	130	119	91	260	290	119	210	Ø140	8

6IR-65

CARATTERISTICHE IDRAULICHE HYDRAULIC FEATURES CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

3600 1/min

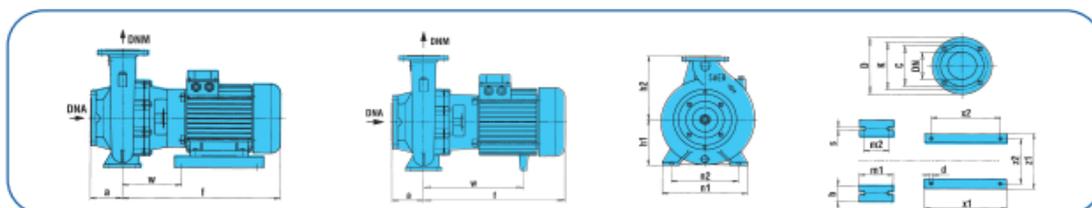
Tipo Type	P ₂		I _n (A)			I _s /I _n	U.S.g.p.m.															
	KW	HP	230 V	380 V	460 V		Q	0	176	198	220	264	308	352	396	440	484	528	572	616	660	
							m ³ /h	0	667	750	833	1000	1167	1333	1500	1667	1833	2000	2167	2333	2500	
6IR65-125D	7,5	10	24,8	15	12,4	8,3	H (m)	20,5	18	17,5	17	16	15,5	14,5	14							
6IR 65-125C	7,5	10	24,8	15	12,4	8,3		25,5	24,5	24	23,5	21,5	20,5	19,5	18,5	16						
6IR 65-125B	11	15	40	24,3	20	6,3		33	32	31,5	31	30,5	29	27,5	25,5	23	21	18				
6IR 65-125A	15	20	50	30,4	25	6,6		38	37,5	37,5	37,5	37	36,5	36	35	34	33	31	28			
6IR 65-160B	18,5	25	62	37,5	31	8,2		52	52	52	52	51,5	51	50	49	47	46	44	42	39		
6IR 65-160A	22	30	72	43,5	36	8,5		59,5	59	58,5	58,5	58	57	56	55	54	52					
6IR 65-200B	30	40	98	59	48,9	7,3		70,5	70	70	70	70	70	68,5	67	65	63	61	57,5	55	52	
6IR 65-200A	37	50	126	76,5	63,2	8		81	80	80	80	80	80	79	78	76,5	75	72	69	65,5	62	

Curve di prestazione pag. 63 • Performances curves pag. 63 • Curvas de rendimiento pag. 63

Fattore di servizio del motore • Motor service factor • Factor de servicio do motor = 1,15

DIMENSIONI E PESI

DIMENSIONS AND WEIGHT • DIMENSIONES Y PESOS



Tipo Type	P ₂		MEC	f	a	m1	m2	n1	n2	h1	h2	s	b	w	x1	x2	z1	z2	d	kg	
	kW	HP																			
6IR65-125D	7,5	10	112M	424	100	125	95	280	212	160	180	14	65	301							58
6IR 65-125C	7,5	10	112MA	424	100	125	95	280	212	160	180	14	65	301							58
6IR 65-125B	11	15	132S	485	100	125	95	280	212	160	180	14	65	125	320	280	258	216	12		79
6IR 65-125A	15	20	132M	564	100	125	95	280	212	160	180	14	65	184	320	280	258	216	12		83
6IR 65-160B	18,5	25	160L	655	100	125	95	280	212	160	200	14	65	137	410	370	320	255	14		129
6IR 65-160A	22	30	160L	655	100	125	95	280	212	160	200	14	65	189	410	370	320	255	14		215
6IR 65-200B	30	40	180L	730	100	125	95	320	250	180	225	14	65	265	410	370	345	280	14		247
6IR 65-200A	37	50	200L	730	100	125	95	320	250	180	225	14	65	260	365	305	390	318	18		258

Análisis financiero

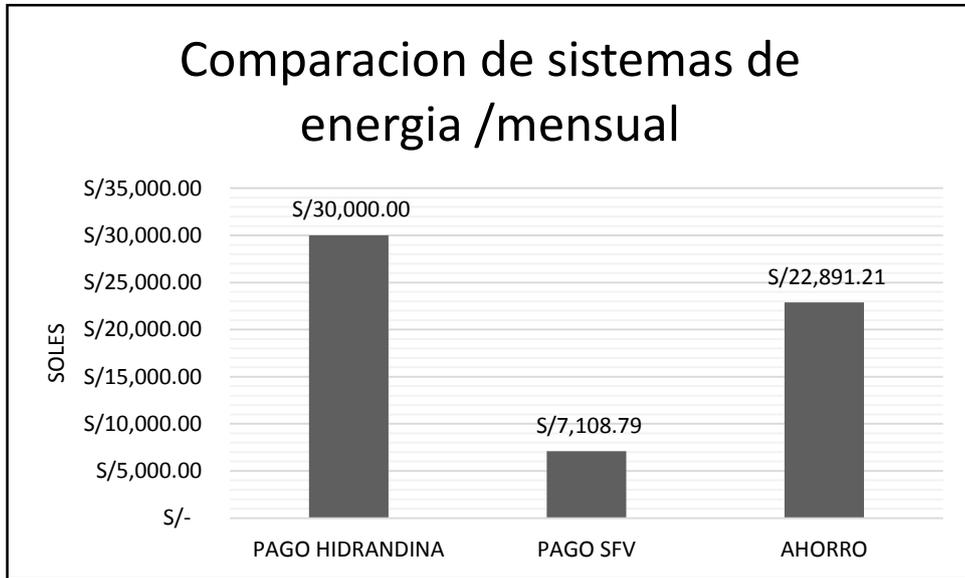


Figura 16. Comparación de sistemas de energía/ mensual

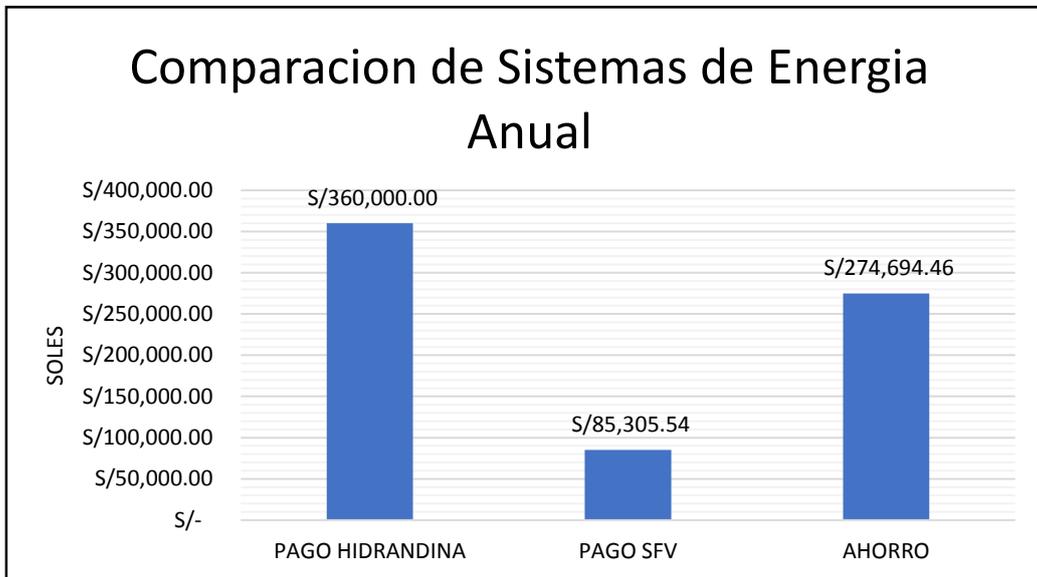


Figura 17. Comparación de sistemas anual

Análisis financiero

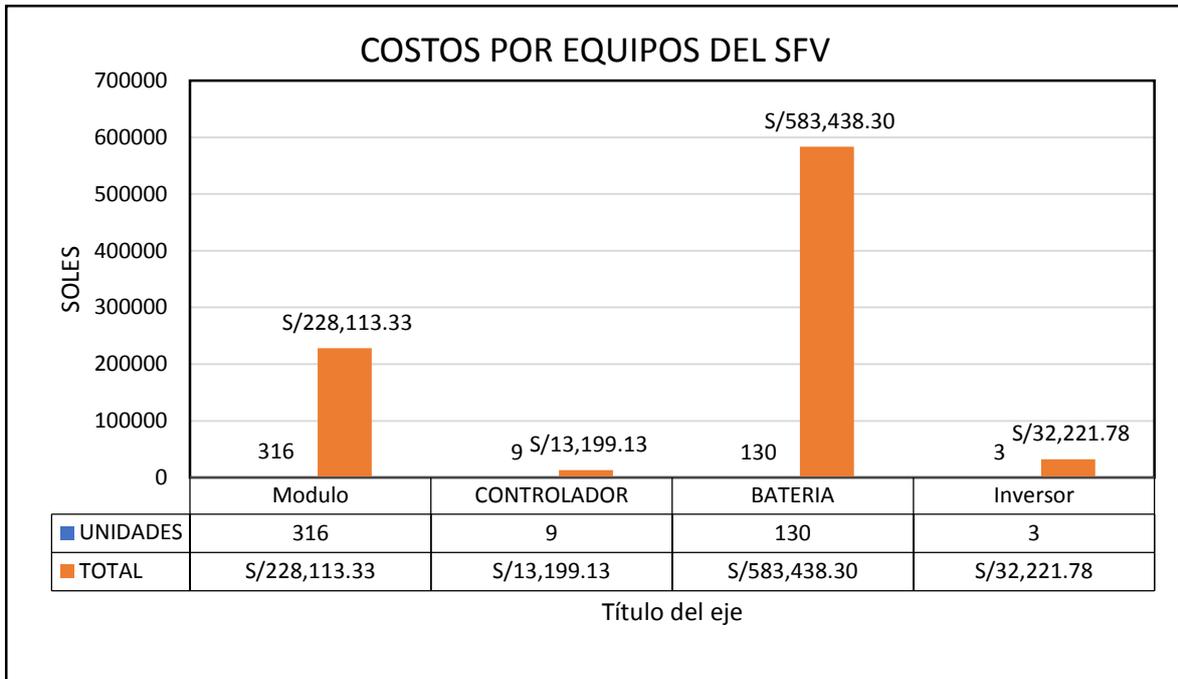


Figura 18. Costos por equipos del SFV

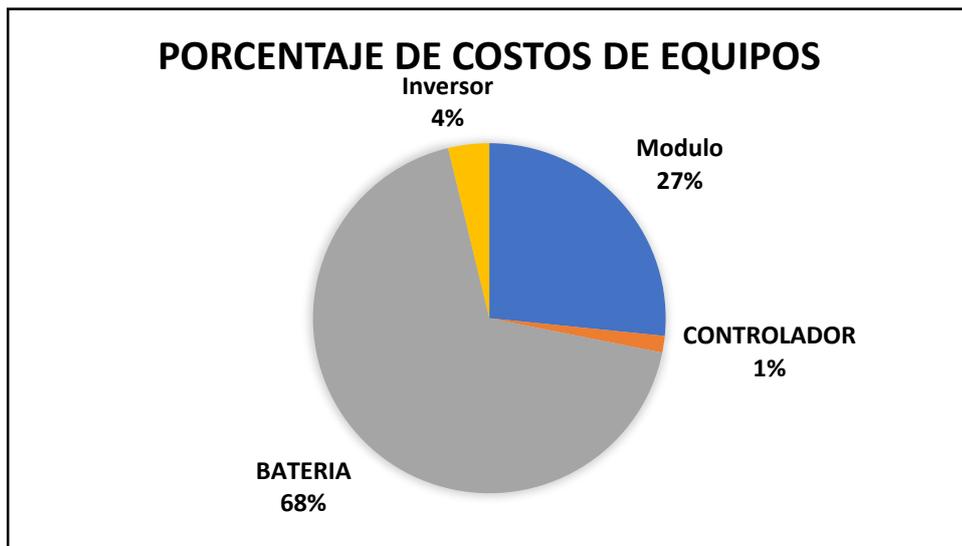
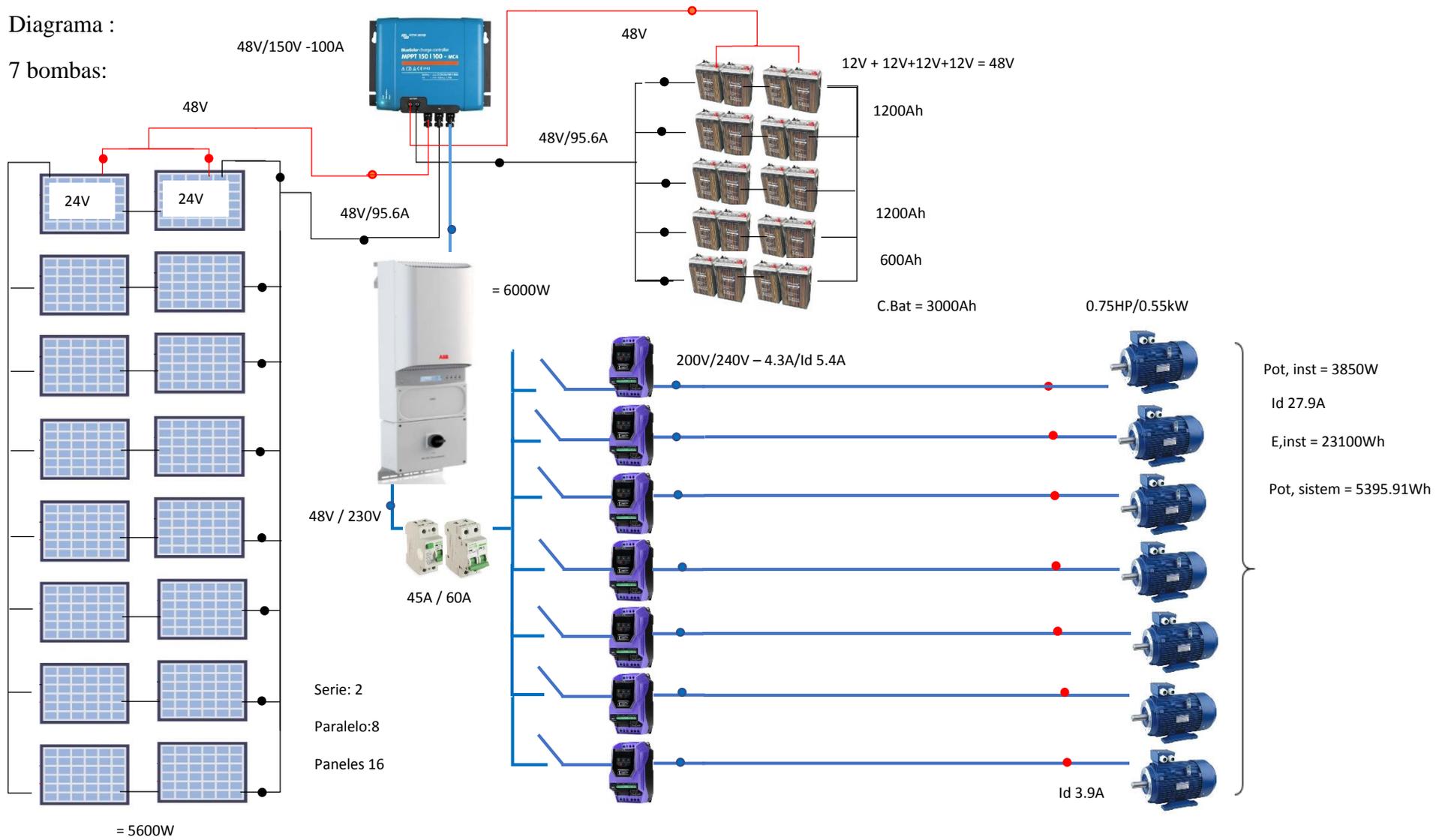


Figura 19. Porcentaje del sistema solar fotovoltaico.

Anexo 13

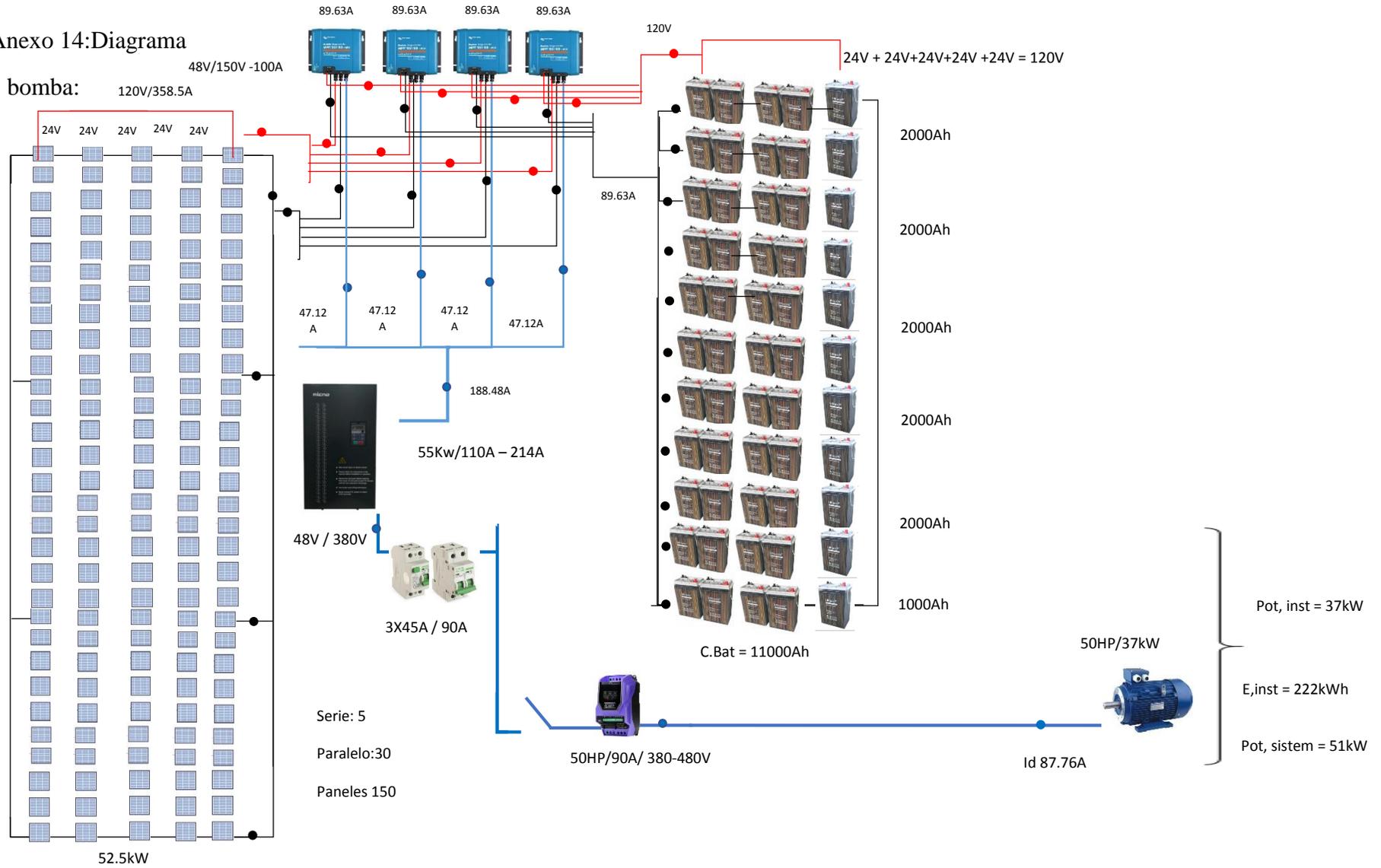
Diagrama :

7 bombas:

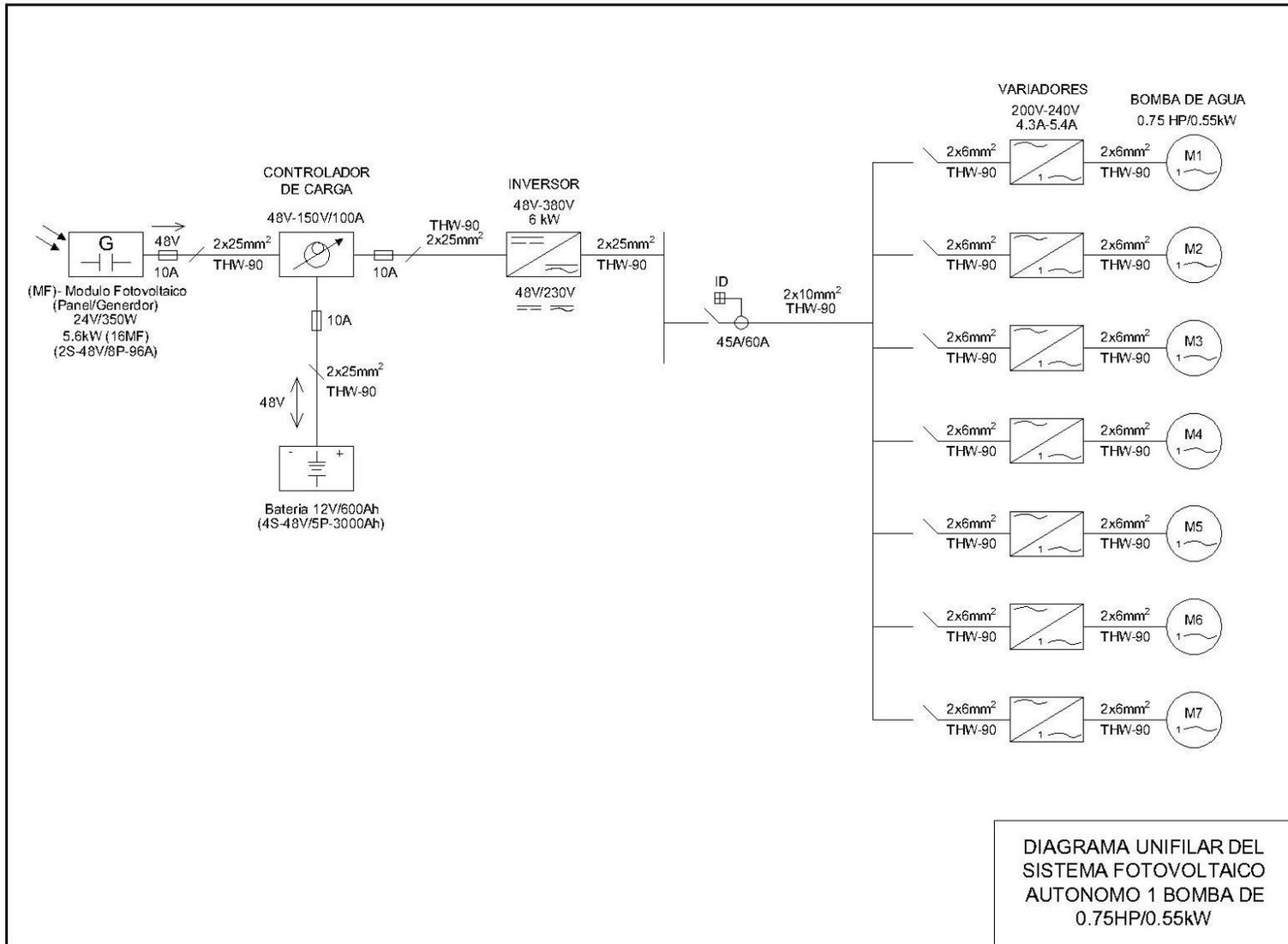


Anexo 14:Diagrama

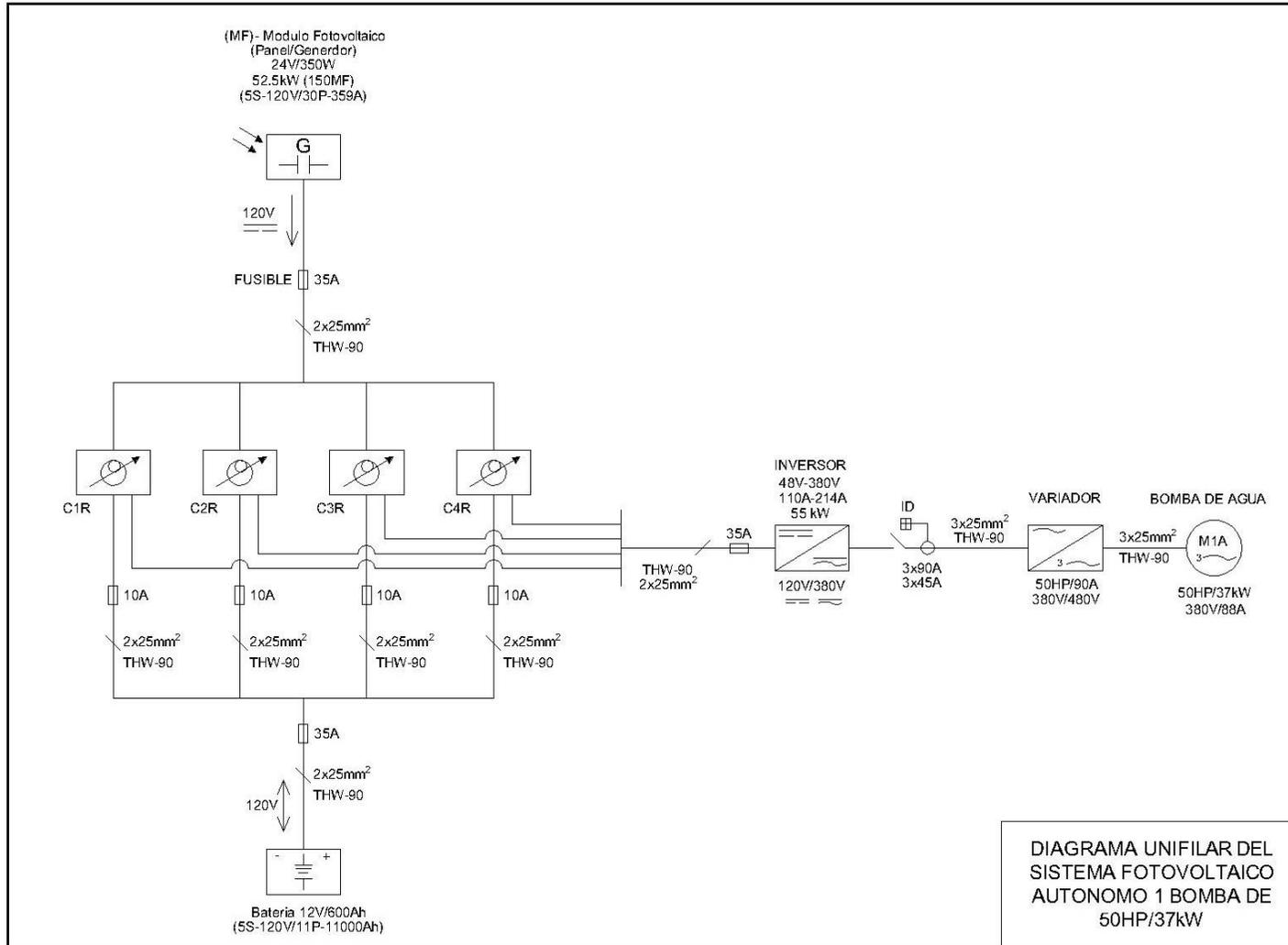
1 bomba:



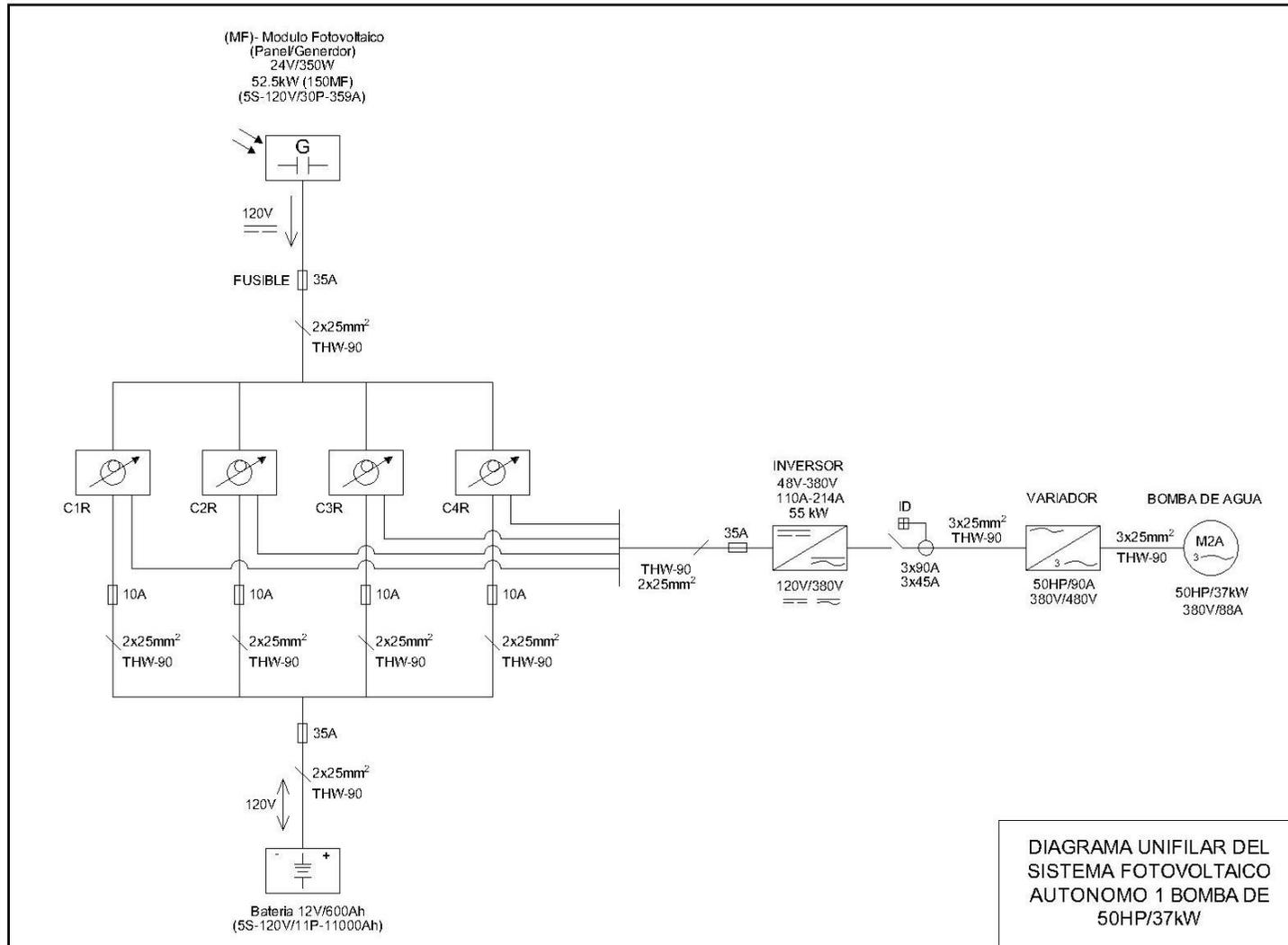
Anexo 15: Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico autónomo para 7 bombas de 0.75HP/0.55kW



Anexo 16: Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico autónomo para 1 bomba 1A de 50HP/37kW



Anexo 17: Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico autónomo para 1 bomba 2A de 50HP/37Kw



Anexo 18 : validaciones

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTEUDO DEL INSTRUMENTO

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor:

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: "Factibilidad Técnico Económico mediante Implementación de Paneles Solares Fotovoltaicos para accionar las bombas de riego agrícola en el Distrito de Pacanguilla – La Libertad", y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.


Firma

JONATHAN ROLANDO TALAVERA LEYTHON
D.N.I: 42641511

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nº	Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
	Ficha de Referencia de recolección de datos de la irradiación							
1	Datos de Ubicación Geográfica	X		X		X		
2	Software PVsyst	X		X		X		
3	Obtención de la medición de irradiación a utilizar	X		X		X		
	Registro de observación para recolección de demanda máxima							
1	Recolección de datos del Equipo	X		X		X		
2	Tiempo de operación	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Sí No

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: (Mg) Dr.: *Bengoa Seminario* DNI: *41908170*

Especialidad del validador:

Ingeniero Mecánico

Trujillo, junio de 2019

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.



Firma del Experto Informante

Juan C. Bengoa Seminario
ING. MECÁNICO
R. CIP. 121514

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
	Ficha de Referencia de recolección de datos de la irradiación							
1	Datos de Ubicación Geográfica	X		X		X		
2	Software PVsyst	X		X		X		
3	Obtención de la medición de irradiación a utilizar	X		X		X		
	Registro de observación para recolección de demanda máxima							
1	Recolección de datos del Equipo	X		X		X		
2	Tiempo de operación	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Sí [X] No []

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg / Dr.: Valdeirama Campos Edwin DNI: 400503431

Especialidad del validador: Ingeniero Mecánico

Trujillo, junio de 2019

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.



Edwin Ronald Valdeirama Campos
ING. MECANICO
R. CIP. N° 139677

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
	Ficha de Referencia de recolección de datos de la irradiación							
1	Datos de Ubicación Geográfica	✓		✓		✓		
2	Software PVsyst	✓		✓		✓		
3	Oblención de la medición de irradiación a utilizar	✓		✓		✓		
	Registro de observación para recolección de demanda máxima							
1	Recolección de datos del Equipo	✓		✓		✓		
2	Tiempo de operación	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Sí No

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Mg / Dr.: *Peláez Chávez, Víctor H.* DNI: *417026994*

Especialidad del validador: *Ing. Mecánico*

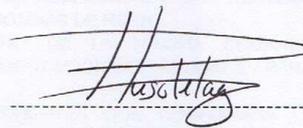
Trujillo, junio de 2019

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.



CIP 197130

Firma del Experto Informante
 Víctor Hugo Peláez Chávez
 ING. MECANICO
 R. CIP. N° 197130

FICHA DE REFERENCIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA IRRADIACIÓN

1. Datos de Ubicación Geográfica

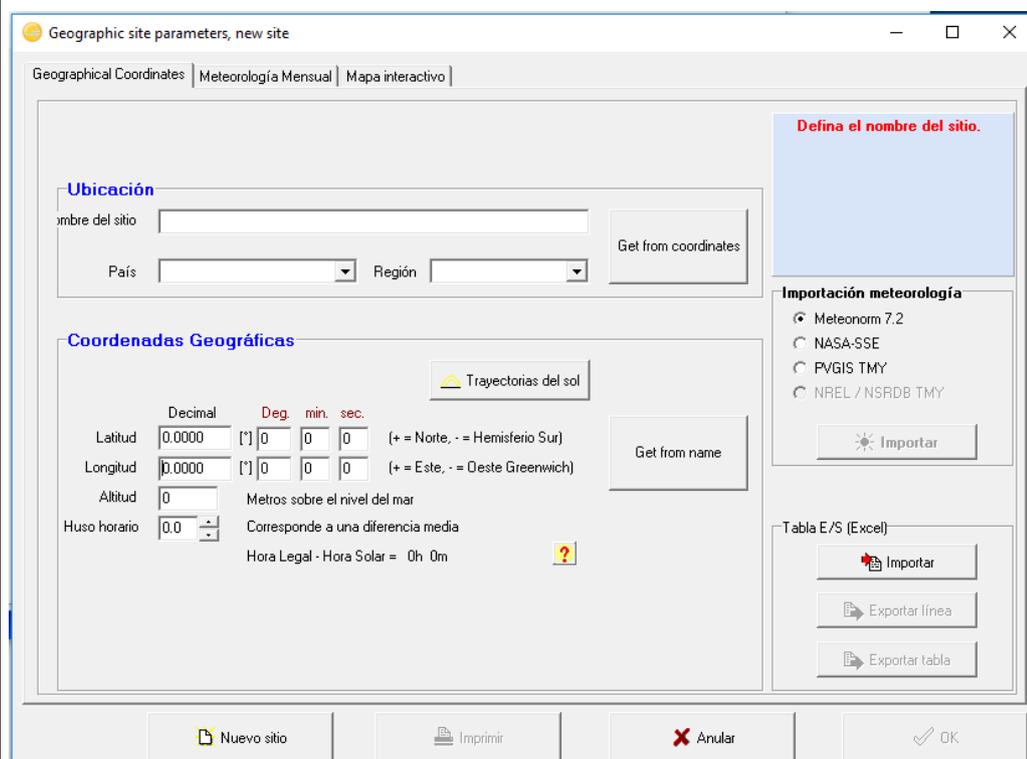
Ubicación:
Coordenadas Satelitales:
Fuente:

2. Software PVsyst – versión 6.7.9 – 2019

Descripción del Software:

PVsyst está diseñado para ser utilizado por arquitectos, ingenieros e investigadores. También es una herramienta educativa muy útil. Incluye un menú de ayuda contextual detallado que explica los procedimientos y modelos que se utilizan, y ofrece un enfoque fácil de usar con una guía para desarrollar un proyecto. PVsyst puede importar datos meteo, así como datos personales de muchas fuentes diferentes.

Imagen del Software:



Las coordenadas satelitales obtenidas de Google Maps son ingresadas en el cuadro donde dice nombre de sitio, luego se hace clic en importar.

Una vez hecho clic en importar se muestra esta ventana donde aparece el dato que necesitamos de la irradiación solar mes a mes como se ve en la primera fila (Irradiación Global Horizontal).

Geographic site parameters, new site

Geographical Coordinates | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio: 0

Origen de datos: []

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Abril	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Junio	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Octubre	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.00	0.000	0.0
Año ?	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0

Defina el nombre del sitio.

Datos Requeridos

- Irradiación global horizontal
- Temp. Exterior Media

Datos adicionales

- Irradiación difusa horizontal
- Velocidad del viento
- Linke Turbidity
- Relative Humidity

Unidades de insolación

- kWh/m².día
- kWh/m².mes
- MJ/m².día
- MJ/m².mes
- W/m²
- Índice de claridad Kt

Nuevo sitio | Imprimir | Anular | OK

3. Obtención de irradiación a utilizar.

Para efectos de cálculos se utiliza la irradiación mínima que es lo recomendado para dimensionamientos en instalaciones de energías fotovoltaicas.

Índice de irradiación solar (kWh/m².día)

Irradiación promedio mensual:

REGISTRO DE OBSERVACION PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA DEMANDA MAXIMA DEL LUGAR INVESTIGADO

Nombre de la Empresa: _____

Giro de la empresa: _____

Nombre del observador: _____

Fecha: _____

1. Recolección de Datos del Equipo

Para efectos de cálculos para determinar la demanda máxima de energía consumida por las bombas de riego se consideró algunos de los siguientes datos.

Marca:

Modelo:

Características técnicas

Motor:

HP:

kW:

Tensión (V):

RPM:

N.º Fabricación:

Fuente: *propia por el investigador*

2. Tiempo de operación

Horas de bombeo - riego:

Fuente: *propia del investigador*