

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO
SOLAR PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL CENTRO
POBLADO ROBLEPAMPA, UTCUBAMBA – AMAZONAS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores : Bach. Robin Marx Edin Herrera Fuentes
Bach. Javier Elias Vera Olivera**

Asesor : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

JAÉN-PERÚ, FEBRERO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 18 de Febrero de 2020, siendo las 15:50 horas, se reunieron los Miembros del Jurado Evaluador:

- Jaime Odar Honorio Acosta Presidente
- Jannier Alberto Montenegro Juárez Secretario
- Deibi Eric Garcia Campos Vocal

Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: Dimensionamiento de un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roble Pampa, Utcubamba - Amazonas; cuyos autores son los bachilleres Robin Marx Edin Herrera Fuentes
Javier Elias Vera Olivera
 de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén; ha sido dictaminado como:

(X) Aprobado () Desaprobado (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy Bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	()
Regular	13	(<u>X</u>)
Desaprobado	12 o menos	()

En concordancia con el Reglamento General de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Jaén aprobado con Resolución N° 220-2019-CO-UNJ el 18 de junio de 2019.

Siendo las 16:50 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 18 de Febrero de 2020

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos llegar hasta este punto con salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad, así mismo a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional en todas las etapas de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que nos ayudaron directa o indirectamente en obtener la información y ante todo al Ingeniero Eduar Jamis Mejía Vásquez, que nos brindó su asesoramiento para desarrollar este proyecto de investigación.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. ANTECEDENTES.....	11
1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	12
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	13
1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	13
1.4.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	13
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	14
II. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2.3 HIPÓTESIS.....	15
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN EMPLEADA.....	16
3.2 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	16
3.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	16
3.2.2 RADIACIÓN SOLAR EN LA ZONA DEL PROYECTO.....	17
3.2.3 HORAS SOL PICO (HSP).....	18
3.2.4 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.....	18
3.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	20
3.3.1 DETERMINACIÓN DE NECESIDADES HÍDRICAS.....	20
3.3.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....	22
3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.....	24
3.4.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA NECESARIA.....	25
3.4.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	26
3.4.4 CÁLCULO DEL CAUDAL PICO QUE DEBE SOPORTAR LA BOMBA.....	27
3.4.5 CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	29
3.4.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	29

3.4.7	ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.....	31
3.5	ANALISIS TÉCNICO - ECONÓMICO	31
IV.	RESULTADOS	38
V.	DISCUSIÓN.....	41
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
6.1	CONCLUSIONES	43
6.2	RECOMENDACIONES.....	44
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

Lista de Tablas

Tabla 1. Radiación promedio mensual en la zona de estudio (kWh/m ² /día).....	17
Tabla 2. Interpolación de radiación promedio mensual en la zona de estudio al ángulo óptimo calculado (kWh/m ² /día).....	20
Tabla 3. Necesidades hídrica requerida para el cultivo de café.....	22
Tabla 4. Energía hidráulica para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico	24
Tabla 5. Cálculo del mes mas desfavorable para dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico.....	25
Tabla 6. Inversión sistema de bombeo fotovoltaico dimensionado.....	33
Tabla 7. Costos de mantenimiento y operación, del sistema de bombeo fotovoltaico.....	34
Tabla 8. Inversión sistema grupo electrogeno	34
Tabla 9. Costos de mantenimiento y operación del grupo electrogeno.....	35
Tabla 10. Precios estaciones de servicio del distrito Lonya Grande, enero 2020	35
Tabla 11. Costos calculados de energía grupo electrogeno.....	36
Tabla 12. Análisis económico con respecto a un sistema con grupo electrógeno, interés VAN del 10 %	37
Tabla 13. Especificaciones técnicas del dimensionamiento de la electrobomba	38
Tabla 14. Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos	38
Tabla 15. Especificaciones técnicas del controlador solar	39
Tabla 16. Indicadores económicos, sistema con grupo electrogeno.....	39

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de la parcela	16
Figura 2. Radiación solar para distintas inclinaciones, kWh/m ² /día	18
Figura 3. Orientación del panel fotovoltaico	19
Figura 4. Esquema de marcado de líneas y plantaciones en cuadrado	21
Figura 5. Esquema del sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola	23
Figura 6. Potencia, caudal, y altura de la electrobomba sumergible	28
Figura 7. Esquema del sistema de bombeo fotovoltaico dimensionado.....	31

Lista de anexos

ANEXO 1. Ficha técnica de la electrobomba seleccionada

ANEXO 2. Ficha técnica de los paneles fotovoltaicos seleccionados

ANEXO 3. Ficha técnica del grupo electrógeno

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue dimensionar un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roblepampa, Utcubamba – Amazonas. La generación de energía fotovoltaica se ha convertido en una respuesta natural para la creciente demanda de energía en la agricultura, y han ganado mucha atención como reemplazo de los combustibles fósiles. El dimensionamiento de estos sistemas depende del recurso solar disponible, y de la demanda hídrica y energética. Se presenta la evaluación el recurso solar en el área de influencia con datos obtenidos del aplicativo de la NASA, determinación de la demanda hídrica e hidráulica, y el dimensionamiento de cada componente del sistema de bombeo fotovoltaico. Así como el análisis técnico económico del sistema de bombeo fotovoltaico con respecto a un generador a gasolina.

Palabras clave: Dimensionamiento, sistema de bombeo, fotovoltaico, riego agrícola, radiación solar, demanda energética.

ABSTRACT

The objective of the research work was to size a solar pumping system for agricultural irrigation in the town center Roblepampa, Utcubamba - Amazonas. The generation of photovoltaic energy has become a natural response to the growing demand for energy in agriculture, and they have gained much attention as a replacement for fossil fuels. The sizing of these systems depends on the available solar resource, and on the water and energy demand. The evaluation of the solar resource in the area of influence is presented with data obtained from the NASA application, determination of water and hydraulic demand, and the dimensioning of each component of the photovoltaic pumping system. As well as the economic technical analysis of the photovoltaic pumping system with respect to a gasoline generator.

Keywords: Sizing, pumping system, photovoltaic, agricultural irrigation, solar radiation, energy demand.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El Centro de Capacitación de Desarrollo (CECADE) investiga y capacita en el uso de energías renovables en el Distrito de Yaurisque, Departamento del Cusco; ha implementado un sistema de bombeo fotovoltaico compuesto por una bomba centrífuga solar sumergida, un panel FV y un tanque elevado con la finalidad de ser usado en riego para agricultura en las épocas secas (abril-septiembre); los componentes de este sistema necesitan ser evaluados para corroborar que actúan según las características técnicas dada por el fabricante, bajo las diferentes condiciones climáticas del lugar. El periodo de prueba de la investigación fue del 30 de agosto al 6 de septiembre, el volumen diario suministrado en campo fue 4,17 m³/día, esto se debe a que el abatimiento del pozo impedía el bombeo continuo a pesar de las buenas condiciones de radiación. La eficiencia global del sistema es 24,95%, obtenida del producto de las eficiencias de la bomba solar (26, 12%) y el panel fotovoltaico (95,54%). La radiación solar en horas de sol pico, durante el periodo de medición en campo oscila desde 4,01 hasta 5,18 kWh/m²/día (Cindy P. Asmat Cáceres, 2018).

Se presentó el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego de una hectárea de yuca en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén. Se realiza la evaluación y caracterización del recurso solar disponible para diferentes ángulos de inclinación con datos obtenidos de la NASA, obteniendo como resultado 3,71 kWh/m²/día de radiación solar y un ángulo óptimo de 7,5°. La demanda energética del sistema de bombeo es de 40 m³/día, y se requirió 3,12 kWh/día de energía hidráulica. La elección de la motobomba solar de DC en función al caudal pico y la

altura total. Se seleccionaron 16 paneles fotovoltaicos, 8 paneles en serie y 2 en paralelo para satisfacer la potencia de generación de 1,72 kW. La evaluación económica tiene un VAN de \$ 15 976,67 y un TIR de 9 %. (Dávalos, 2019).

En zona del proyecto CPM de Roble pampa en la jurisdicción del distrito de Lonya Grande, no se cuenta con este tipo de trabajos de investigación, solo se tiene referencias internacionales y nacionales. Los alcances que se pretenden lograr con esta investigación es la evaluación del recurso solar disponible, determinar la demanda de energía y el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico para cultivo de café, y el análisis económico para ver su viabilidad.

1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El sector agrícola muestra una tasa de crecimiento muy lenta, a veces también negativa. La agricultura requiere principalmente dos valiosos recursos, a saber, agua y electricidad. Estos dos son análogos entre sí debido a un impacto similar en el sector agrícola. Así, la conservación de estos recursos ahorraría el deterioro del sector agrícola. En los últimos años, el desarrollo de fuentes de energía renovables, a saber, la tecnología solar fotovoltaica está siendo popular. Debido a la salida de energía de alto grado, las celdas fotovoltaicas se utilizan para hacer funcionar los equipos eléctricos directamente (Korpale, Kokate, y Deshmukh, 2016).

El centro poblado de Roblepampa, en la jurisdicción del distrito de Lonya Grande viene afrontando un gran reto en la agricultura ya que la mayoría de agricultores de la zona siguen usando métodos tradicionales de riego como es el riego por gravedad y en otros casos recurren a bombear agua utilizando motores de combustión interna para asegurar una óptima producción. Por tal motivo es trascendental emplear nuevas tecnologías como el riego agrícola o tecnificado usando energía renovables que son amigables con el medio ambiente, en este caso se dimensionó un sistema de bombeo solar con datos obtenidos del aplicativo de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA). También se realizó un análisis económico respecto a un generador a gasolina.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo dimensionar un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roblepampa, Utcubamba – Amazonas?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Este proyecto ayudará al sector agrícola del Centro Poblado Roblepampa, debido que la agricultura en este sector enfrenta un gran desafío de riego por falta de agua que carecen los terrenos de cultivos de dicho lugar, lo cual hace recurrir al bombeo de agua accionado por motor diésel el cual emite gases contaminantes (CO₂, SO₂, NO_x, Pb) al quemar dicho combustible.

Sumado a esto la mala utilización de la reserva del combustible hace que se derrame a la hora de suministrar al motor, contaminando también el suelo. Asimismo el aceite que se emplea para lubricar sus engranajes y el sonido que emite a la hora de puesta en marcha, también contaminan el medio ambiente. Ante esta problemática se plantea utilizar energía solar para bombeo de agua subterránea o profunda con fines de riego agrícola.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Según el decreto legislativo N° 1002-2008 del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) Dónde promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de Fuentes Renovables de Energía (FRE). Dónde argumenta que la opción más limpia y beneficiosa es promover una parte importante de dicha oferta con energías renovables, en lugar de la generación de electricidad con derivados del petróleo y gas natural, por ser estas fuentes no renovables y contaminantes.

La importancia de aplicar energías limpias o renovables para el aprovechamiento del recurso hídrico en la agricultura en nuestro país ha tenido un gran valor en la parte ecológica y económica de nuestra sociedad, ya que al utilizar dicha tecnología estaríamos reduciendo la contaminación por quema de combustibles fósiles y dependencia de esta misma, lo que nos conlleva a la contribuir en la conservación del medio ambiente. Mientras tanto el sistema propuesto como todo proyecto de ingeniería tiene su costo inicial alto, pero pos ejecución del mismo el costo por operación y mantenimiento es mínimo.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La energía que va a suministrar al sistema de bombeo solar es inagotable para el tiempo de vida del mismo, sobre todo es gratis e ilimitada. Por lo cual el único costo sería los componentes del sistema. El sistema que se diseñará hace uso de energía eléctrica para bombear agua de un reservorio lo cual disminuye los costos de un sistema convencional accionado por motores diesel. Estos sistemas por su naturaleza en el país todavía tienen un costo inicial alto y bajo mantenimiento, limpieza, fácil de instalar, fiable y larga vida.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Dimensionar un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roblepampa, Utcubamba – Amazonas

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el recurso solar en el área de influencia.
- Determinar la demanda de energética.
- Dimensionar el sistema solar de bombeo de agua para riego agrícola.
- Análisis técnico y económico el proyecto

2.3 HIPÓTESIS

La radiación solar y demanda de energía, influyen en el dimensionamiento de un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roblepampa, Utcubamba – Amazonas.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN EMPLEADA

Por la naturaleza de los objetivos, y la metodología utilizada en la presente investigación es de tipo aplicada, con un nivel de investigación descriptiva y un diseño de investigación campo gabinete (no experimental).

3.2 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio de la investigación tiene como coordenadas latitud $-6,059770$ S y longitud $-78,411785$ W, altitud 1409 msnm, la parcela de terreno está ubicada en el sector el Limón en el Centro Poblado Roblepampa, Distrito Lonya Grande, provincia de Utcubamba – Amazonas. En la Figura 1, se presenta la ubicación geográfica de la parcela.

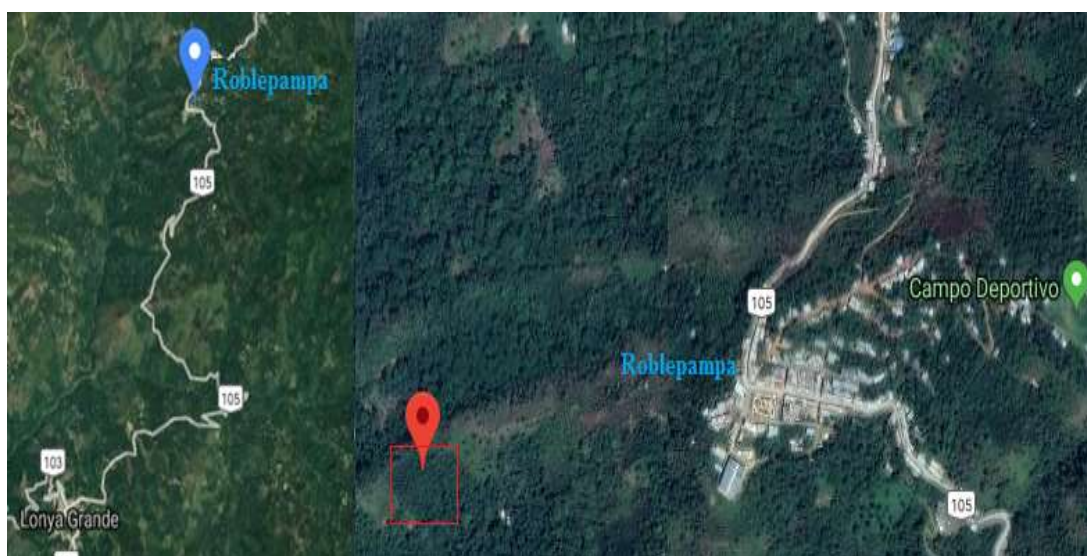


Figura 1. Ubicación de la parcela
Fuente. Elaboración propia. Google Maps

3.2.2 RADIACIÓN SOLAR EN LA ZONA DEL PROYECTO

La parcela (Latitud -6,059770 S y longitud -78,411785 W) está clasificada como un terreno semiárido y tiene un gran potencial de radiación solar, utilizando el aplicativo National Aeronautics and Space Administration (NASA), del sitio web de recursos energéticos (meteorología superficial y energía solar), se obtiene la radiación promedio mensual de la zona del proyecto. En la Tabla 1, se puede observar la radiación promedio mensual y media anual en la zona de estudio para distinto ángulos de inclinación.

Tabla 1. Radiación promedio mensual en la zona de estudio (kWh/m²/día)

<i>Parámetro</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Anual</i>
$G_{dm} (0^\circ)$	4,08	3,68	4,17	4,17	4,23	4,16	4,26	4,57	4,9	4,86	5,02	4,55	4,39
$G_{dm} (5^\circ)$	4,11	3,70	4,18	4,22	4,36	4,3	4,39	4,65	4,9	4,85	5,12	4,6	4,45
$G_{dm} (20^\circ)$	4,12	3,62	4,02	4,24	4,52	4,55	4,64	4,72	4,81	4,76	5,14	4,63	4,48
$G_{dm} (90^\circ)$	2,10	1,70	1,56	2,04	2,62	2,92	2,79	2,43	1,86	1,75	2,31	2,39	2,21

Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2019).

La potencia suministrada por el generador fotovoltaico depende de la radiación solar incidente disponible. Esta varía para cada lugar y para cada día del año, consecuencia del cambio de estación y de las condiciones climáticas y geográficas específicas. Para proceder al dimensionado de un sistema fotovoltaico mediante el método aquí utilizado se necesitan datos medios mensuales de radiación solar del lugar dónde se desee realizar la instalación. Generalmente, la radiación solar mensual se expresa en términos de la radiación media diaria del mes expresada en kWh/m²/día; y los datos disponibles para distintas poblaciones son datos de radiación global sobre superficie horizontal a partir de los cuales se puede calcular la irradiancia incidente sobre una superficie inclinada (Alonso y Chenlo, 2005).

Los sistemas fotovoltaicos deben tener un ángulo de inclinación, dependiendo de la zona donde se ubica el proyecto, para favorecer de este modo su auto limpieza y evitar que elementos como hojas, polvo cubran el panel” (Mejía, 2018; Pareja, 2016).

En la Figura 2, se presenta el comportamiento de la radiación solar para distintos ángulos de inclinación obtenidos de la NASA.

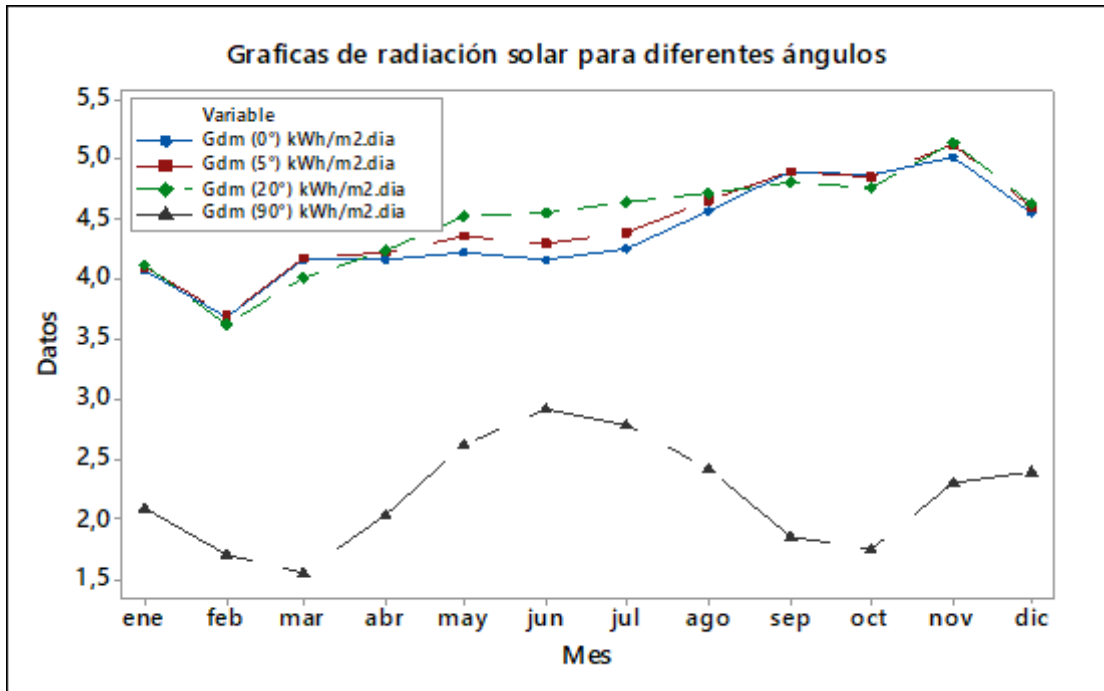


Figura 2. Radiación solar para distintas inclinaciones, kWh/m²/día
Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2019)

3.2.3 HORAS SOL PICO (HSP)

Son el promedio de horas de sol que se puede aprovechar en el transcurso del día, para generar la suficiente energía que pueda ser aprovechada por los paneles solares. La radiación promedio óptima que llega a la tierra es de 1 000 W/m², y el número de horas de sol pico es equivalente a la insolación solar promedio diario (Castejon y Santamaría, 2012; Mendez y Cuervo, 2012).

3.2.4 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Para el ángulo óptimo de inclinación de la generación fotovoltaica, se toma en cuenta la cantidad de energía solar incidente sobre una superficie, que depende de su orientación relativa al norte y del ángulo que forma con los rayos del sol. Los paneles fotovoltaicos convierten la radiación solar total recibido en la superficie inclinada en electricidad. La radiación solar total depende de la radiación horizontal, la

orientación de la superficie y está dada por tres contribuciones diferentes: radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada (Campana et al., 2015). En la Figura 3, se presenta la orientación e inclinación del panel fotovoltaico.

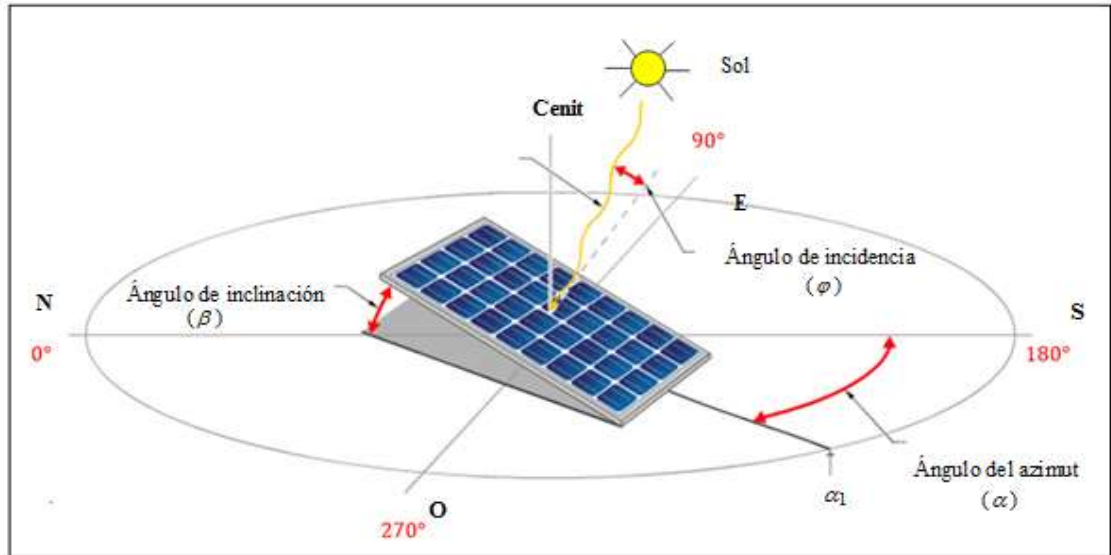


Figura 3. Orientación del panel fotovoltaico

Fuente. Mejía (2018)

Así mismo la orientación de los paneles solares depende del lugar donde se pretenda instalarlos. Según Perpiñan, Castro, y Antonio (2012) el ángulo óptimo se determina con la Ecuación (1). Con la latitud de la zona de estudio de $-6,059770$, se obtiene como resultado un ángulo óptimo de $7,88^\circ$.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi| \quad (1)$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|-6,059770| = 7,88^\circ$$

Dónde: β_{opt} ángulo de inclinación óptimo (grados), y $|\phi|$ latitud del lugar sin signo (grados).

Para determinar la radiación al ángulo óptimo calculado (7,88°), se procede a realizar la interpolación entre los ángulos 5° y 20° obtenidos del aplicativo de la NASA. Los resultados de la interpolación de radiación solar se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Interpolación de radiación promedio mensual en la zona de estudio al ángulo óptimo calculado (kWh/m²/día)

<i>Parámetro</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Anual</i>
$G_{dm} (5^\circ)$	4,11	3,70	4,18	4,22	4,36	4,3	4,39	4,65	4,9	4,85	5,12	4,60	4,45
$G_{dm} (7,88^\circ)$	4,11	3,68	4,15	4,22	4,39	4,35	4,44	4,66	4,88	4,83	5,12	4,61	4,45
$G_{dm} (20^\circ)$	4,12	3,62	4,02	4,24	4,52	4,55	4,64	4,72	4,81	4,76	5,14	4,63	4,48

Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2019).

El sector el Limón en la jurisdicción del CPM Roblepampa (zona de estudio) recibe 3,68 kWh/m²/día para un ángulo de inclinación óptimo calculado de 7,88° en el mes más desfavorable que corresponde a febrero. Por lo tanto se afirma que la zona de estudio recibe 3,68 horas de sol al día a 1 000 W/m².

3.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico es necesario determinar las necesidades de agua y la demanda de energía.

3.3.1 DETERMINACIÓN DE NECESIDADES HÍDRICAS

Según Alfaro y Nomberto (2015), señala que la necesidad hídrica diaria por planta para cultivo de café es de 8 lt/día/planta. FONAM (2007) y Wightman, Ugarte, y Cornelius (2006), recomiendan que en una plantación la distancia entre plantas es muy importante para que cada planta tenga la misma cantidad de espacio para crecer; también indican que para plantaciones en cuadrado, el número de plantas por hectárea tenemos se determina con la Ecuación (2).

$$\text{Número de plantas} = \frac{10000 \times H}{D \times L} \quad (2)$$

Dónde: H número de hectáreas, D distancia entre plantas (m), y L distancia entre líneas.

Por lo tanto para calcular la cantidad de plantas que entran en una hectárea de café, se ha tomado la experiencia de los agricultores en la zona y en localidades de la provincia de Jaén, Dónde el marco de plantación promedio de café es 1,5 m entre líneas por 1,5 m entre las cepas (plantas). Reemplazando en la Ecuación (2), se tiene como resultando un total de 4444,44 plantas.

$$\text{Número de plantas} = \frac{10000 \times H}{D \times L} = \frac{10000 \times 1}{1,5 \times 1,5} = 4444,44$$

Cuando un sitio cae en algún obstáculo natural, se corre esa posición para evitar el obstáculo. Para acercarnos lo más posible a la realidad se tiene que restar el área perdida por obstáculos, por márgenes (orillos) o caminos interiores dentro de la parcela (10 %), resulta que el número de plantaciones de café para una hectárea es de 4000 plantas. En la Figura 4, se presenta un esquema de marcado de líneas y plantaciones en cuadrado para el cultivo de café.

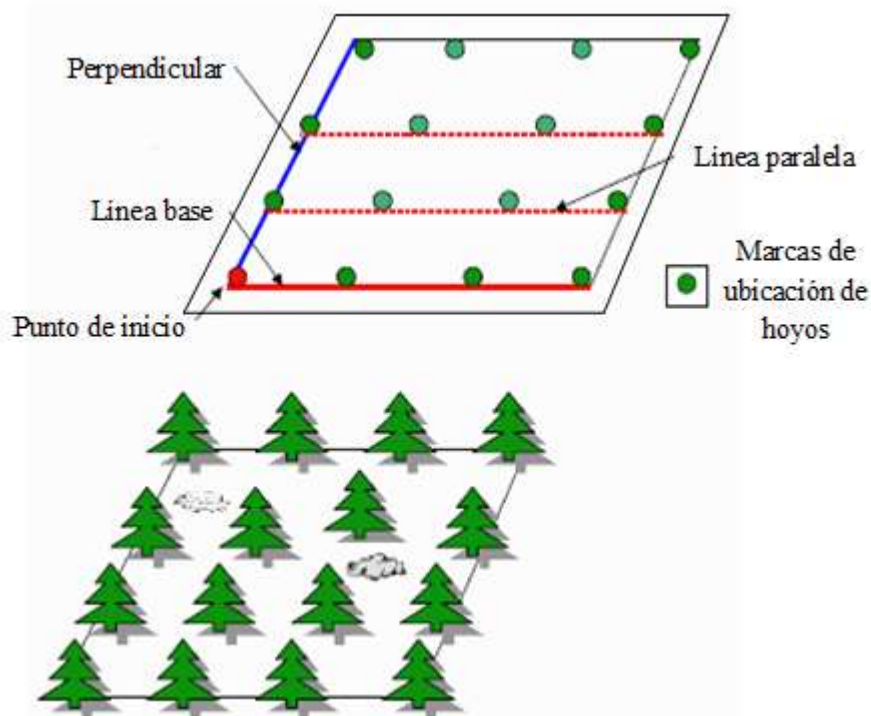


Figura 4. Esquema de marcado de líneas y plantaciones en cuadrado
Fuente. Wightman et al. (2006)

En la Tabla 3, se presenta la necesidad hídrica requerida para el cultivo de café. Para el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico se tiene que escoger la fase Dónde la necesidad hídrica sea mayor. Como la parcela cuenta con un área de 10 000 m² (01 hectárea) la demanda hídrica (caudal) será de 32 m³/día.

Tabla 3. Necesidades hidrica requerida para el cultivo de café

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>	<i>Cultivo</i>
Necesidad diaria por planta (Vol.)	Lt/día/planta	8	Café
Cantidad de plantas por hectárea	Und	4000	Café
Necesidad diaria por hectárea (Vol.)	m ³ /día/ Ha	32	Café

Fuente. Elaboración propia. Alfaro y Nomberto (2015), y Wightman et al.(2006)

3.3.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

Cuando se conocen las variaciones de nivel que se producen durante el bombeo (abatimiento del pozo), no será necesario realizar el experimento de prueba de bombeo que se describe en el pliego de condiciones técnicas del IDAE, quedando el cálculo de la altura total equivalente (h_{TE}) teniendo en cuenta unas perdidas por fricción del 10%. Para el sistema de bombeo se ha considerado una altura de abatimiento de 1 m para todos los meses del año. Según IDAE (2009) la altura h_{TE} , es la distancia que tiene que recorrer el flujo de agua desde Dónde se extrae hasta el tanque de distribución, y se determina con la Ecuación (3).

$$h_{TE} = (h_D + h_{ST} + h_{ab}) \times 1,1 \quad (3)$$

Dónde: h_D altura del depósito, h_{ST} altura estática, h_{DT} altura dinámica, y h_{abat} es el abatimiento.

En la Figura 5, se muestra un esquema de las alturas manométricas para el sistema de bombeo fotovoltaico para el riego agrícola en la zona del proyecto.

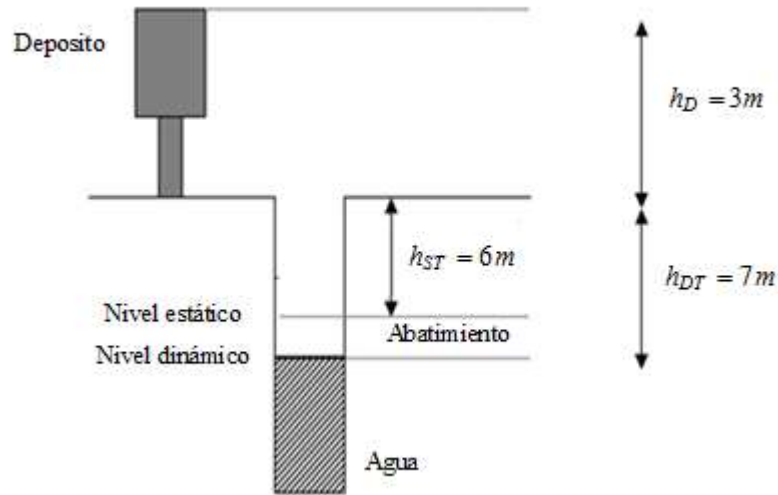


Figura 5. Esquema del sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola
Fuente. Elaboración propia

Determinado las necesidades hídricas para el cultivo de café, y las alturas manométricas necesarias en cada mes del año para abastecer las necesidades de agua. Según Pareja (2016) la energía hidráulica se determina con la Ecuación (4).

$$E_h = \frac{\rho \times g \times Q \times h_{TE}}{3600} \quad (4)$$

Dónde: E_h energía hidráulica (Wh/día), ρ densidad del agua (kg/m^3), g gravedad (m/s^2), Q volumen diario de agua ($m^3/día$) y la altura total equivalente (h_{TE})

Los resultados obtenidos del análisis de la demanda de energía hidráulica, incluido pérdidas del 10 % para el dimensionado del sistema de bombeo fotovoltaico para los diferentes meses del año, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Energía hidráulica para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico

<i>Mes</i>	<i>Volumen</i> ($m^3/día$)	$h_D + h_{ST}$ (m)	H_{ab} (m)	h_{TE} (m)	E_h ($kWh/día$)
<i>Ene</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Feb</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Mar</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Abr</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>May</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Jun</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Jul</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Ago</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Sep</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Oct</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Nov</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96
<i>Dic</i>	32,00	9,00	1,00	11,00	0,96

Fuente. Elaboración propia

De los valores de la Tabla 4, se puede verificar que se necesita una energía hidráulica de 0,96 kWh/día, y es constante durante los meses del año, debido a que la demanda hídrica (volumen de agua) y la altura de abatimiento también es constante durante el año.

3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

3.4.1 CÁLCULO DEL MES MÁS DESFAVORABLE

Para determinar el mes de dimensionado, será aquel en el cual el coeficiente entre la energía hidráulica y la radiación presente el mayor valor. La evaluación de la radiación se realizó para el ángulo óptimo calculado de $7,88^\circ$, para lo cual se procedió a realizar la interpolación ente los ángulos 5° y 20° obtenidos del aplicativo de la NASA. En la Tabla 5, se presentan los cálculos para determinar el mes más desfavorable.

Tabla 5. Cálculo del mes mas desfavorable para dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico

<i>Mes</i>	E_h (kWh/día)	$G_{dm}(7,88^\circ)$ (kWh/día)	$E_h/G_{dm}(7,88^\circ)$
<i>Ene</i>	0,96	4,11	0,233
<i>Feb</i>	0,96	3,68	0,260
<i>Mar</i>	0,96	4,15	0,231
<i>Apr</i>	0,96	4,22	0,227
<i>May</i>	0,96	4,39	0,218
<i>Jun</i>	0,96	4,35	0,221
<i>Jul</i>	0,96	4,44	0,216
<i>Ago</i>	0,96	4,66	0,206
<i>Sep</i>	0,96	4,88	0,196
<i>Oct</i>	0,96	4,83	0,198
<i>Nov</i>	0,96	5,12	0,187
<i>Dic</i>	0,96	4,61	0,208

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 5, se muestra la radiación solar disponible para una inclinación del generador que optimiza la relación entre la demanda y la oferta de energía. El máximo de $E_h/G_{dm}(7,88^\circ)$ se presentan en sombreado, que equivale a 0,26. Por lo tanto el mes de dimensionado es febrero y el ángulo de inclinación óptimo es $7,88^\circ$, por lo que se necesita una energía hidráulica de 0,96 kWh/día.

3.4.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA NECESARIA

Teniendo en cuenta un rendimiento medio del 40 % para corriente alterna, se obtuvo la energía eléctrica necesaria para obtener el bombeo del caudal necesario. Según Castro et al. (2011) y Pareja (2016) la energía de potencia máxima necesaria se determinó con la Ecuación (5). Reemplazando valores, se obtiene como resultado 2,40 kWh/día.

$$E_{p \max d} = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \quad (5)$$

Dónde: $E_{p\max d}$ energía eléctrica de potencia máxima (kWh/día), E_h energía hidráulica diaria (kWh/día), y η_{mb} rendimiento medio del sistema motobomba.

$$E_{p\max d} = \frac{E_h}{\eta_{mb}} = \frac{0,96}{0,40} = 2,40 \text{ kWh/día}$$

3.4.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Para determinar la potencia del generador, sin tener en cuenta la potencia de cada módulo fotovoltaico, se realizó con la Ecuación (6), la potencia del generador será sin considerar un factor de seguridad de sobredimensionamiento y se consideró 3,68 *HSP* para el mes más desfavorable (febrero) y un ángulo de inclinación óptimo de 7,88°.

$$P_g = FS \times \frac{E_{p\max d}}{0,9 \times HSP \times K_T} \quad (6)$$

Dónde: P_g potencia del generador (kW), FS factor de seguridad para sobredimensionar la instalación, $E_{p\max d}$ energía eléctrica de potencia máxima (kWh/día), HSP horas pico solar, y K_T pérdidas de la instalación.

Según IDAE (2009), FS es 1, y si se sobredimensiona en 20 % este valor es 1,2. Teniendo en cuenta el IDAE para bombeo directo en Dónde se utiliza inversor sin baterías, el valor de K_T es de 0,7. Si se trata de un sistema con baterías, se tomará el valor de 0,6.

Reemplazando valores en la Ecuación (6), se obtiene la potencia mínima a considerar para el motor que será la del generador, y corresponde a 1,03 kW.

$$P_g = FS \times \frac{E_{p\max d}}{0,9 \times HSP \times K_T} = 1 \times \frac{2,40}{0,9 \times 3,70 \times 0,7} = 1,03 \text{ kW}$$

3.4.4 CÁLCULO DEL CAUDAL PICO QUE DEBE SOPORTAR LA BOMBA

La bomba debe ser capaz de soportar un caudal pico (l/s) a partir de la potencia del generador, el rendimiento pico del subsistema motor-bomba (suele tomar un valor medio de rendimiento del 40% y un valor pico del 60%). Según Pareja (2016) los cálculos se realizarán con la Ecuación (7), para el mes más desfavorable, que es el mes de dimensionado.

$$Q_p = \frac{P_g \times \eta_{p-mb}}{g \times h_{TE}} \quad (7)$$

Dónde: Q_p caudal pico (l/s), P_g potencia del generador (kW), η_{p-mb} rendimiento pico del subsistema motor-bomba, g aceleración de la gravedad (9,81 m/s), y h_{TE} altura total equivalente (m).

Reemplazando valores en la Ecuación (8), se obtiene el caudal pico que soporta la bomba, y corresponde a 5,74 l/s, que equivale a 20,66 m³/h.

$$Q_p = \frac{P_g \times \eta_{p-mb}}{g \times h_{TE}} = \frac{1030 \times 0,6}{9,81 \times 11} = 5,74 \text{ l/s} \quad (8)$$

Con los datos obtenidos de potencia de generación, altura máxima y caudal pico se seleccionó las diferentes fichas técnicas de los fabricantes, optando por una electrobomba centrífuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, monofásica, 1,1 kW (1,5 HP), 220 V C.A, 60 Hz, y de 3450 Rpm.

Así mismo se consulta la gráfica dada por el fabricante de la bomba que relaciona la potencia (P_g) con el caudal y la altura. En la Figura 6, para una potencia de 1,03 kW corresponde una electrobomba del tipo centrífuga sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, tomando un caudal de 20,66 m³/h (5,74 l/s) se puede disponer de una altura próxima de 11 m, un valor similar a los datos de diseño. Por lo tanto la bomba será capaz de soportar el caudal pico de 20,66 m³/h (5,74 l/s).

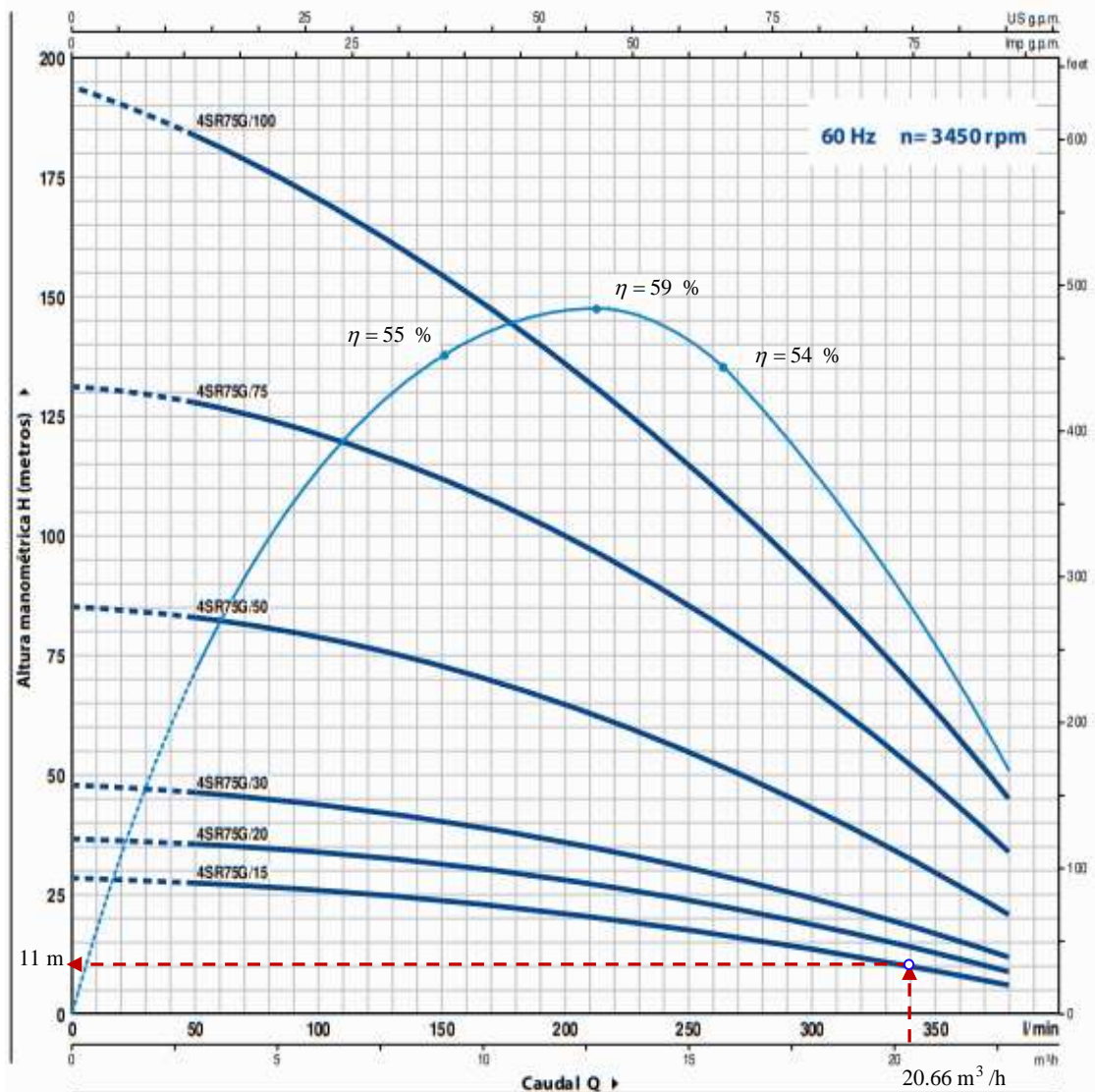


Figura 6. Potencia, caudal, y altura de la electrobomba sumergible

De acuerdo a marcas de fabricantes y rangos de potencias disponibles en el mercado se ha seleccionado, un controlador Solar SubDrive, de 1,5 HP (1,1 kW), rango de voltaje de entrada en corriente alterna: 220 V AC monofásico, rango de voltaje de entrada en corriente continua: 95-330V DC, y rango de salida: 220 V AC monofásico. El controlador solar también dispone de una entrada de corriente alterna para permitir el uso de la bomba cuando no haya sol, mediante un generador eléctrico o la energía eléctrica de la red.

3.4.5 CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

Si se dispone de paneles fotovoltaicos policristalino Kyocera de 135 Wp, 12 V; resultó 09 paneles fotovoltaicos que serán instalados en serie con la finalidad de cubrir la potencia de bomba, con lo cual se dispondrá de un generador 1,22 kWp, con un voltaje de generación de 108 V DC. Según Pareja (2016), para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos se realiza con la Ecuación (9).

$$N_{p-t} \geq \frac{P_g}{P_{\max p}} \quad (9)$$

Dónde N_{p-t} número total de paneles fotovoltaicos, $P_{\max p}$ potencia máxima de la bomba.

$$N_{p-t} \geq \frac{P_g}{P_{\max p}} = \frac{1,1}{0,135} = 8,15 \approx 9 \text{ paneles}$$

3.4.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Para no encarecer los costos del proyecto para su implementación posterior solo se consideró almacenar el caudal necesario de 32 m³/día, para un día de autonomía. Para los cálculos se utilizó la Ecuación (10). Resultando un volumen de almacenamiento mínimo de 32 m³.

$$V_a = Q \cdot D_a \quad (10)$$

Dónde: V_a volumen de almacenamiento (m³), Q caudal (m³/día), y D_a días de autonomía.

Es muchos más económico almacenar agua en un tanque elevado que almacenar energía en baterías. Solo es justificables el almacenamiento en baterías cuando se necesite regar por las noches, y cuando el rendimiento máximo del pozo durante las horas de sol sea insuficiente para cubrir las necesidades hídricas (Dávalos, 2019; Pareja, 2016). Por lo tanto se concluye que el almacenamiento encarece el proyecto

y las necesidades de riego no ameritan su uso. El cálculo se desarrollado como referencia. Según Pareja (2016), la corriente de operación del generador fotovoltaico se calcula con la Ecuación (11). Obteniendo como resultado 7,63 A.

$$I_{oper,G} = I_{oper,P} \times N_{P,p} \quad (11)$$

Dónde: $I_{oper,G}$ es la corriente de operación del generador fotovoltaico, $I_{oper,P}$ es la corriente de operación del panel, $N_{P,p}$ es el número de paneles en paralelo.

Para calcular la corriente máxima de todo el conjunto de generadores fotovoltaicos, se tiene que tomar la corriente de corto circuito del panel seleccionado 8,37 A, y el número de paneles en paralelo es uno. Resultando que la corriente máxima del generador fotovoltaico es de 8,37 A, y se calculó con la Ecuación (12).

$$I_{max,G} = I_{SC,G} = I_{SC,p} \times N_{P,p} \quad (12)$$

Dónde: $I_{max,G}$ corriente máxima de todo el conjunto generador fotovoltaico, $I_{SC,G}$ corriente de corto circuito de todo el conjunto generador fotovoltaico, $I_{SC,p}$ corriente de corto circuito del panel, $N_{P,p}$ número de paneles en paralelo.

La corriente de entrada o corriente máxima es de gran utilidad para seleccionar la corriente de conductores y proyecciones eléctricas en los sistemas fotovoltaicos. El dimensionamiento del conductor eléctrico se realiza bajo las condiciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) y el Código Nacional de Electricidad (CNE) (Mejía, 2018). Para el cálculo se utilizó la Ecuación (13), considerando un F_{SC} de 1,2 resulto que la corriente de entrada es de aproximadamente 10 A.

$$I_{entrada} > F_{SC} \times I_{max,G} \quad (13)$$

Dónde: $I_{entrada}$ corriente de entrada o corriente de generación, F_{SC} factor de seguridad por corto circuito, $I_{max,G}$ corriente máxima del generador fotovoltaico.

3.4.7 ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Con cada uno los componentes dimensionados, se muestra el esquema del sistema de bombeo fotovoltaico (Figura 7), sin considerar almacenamiento de agua.

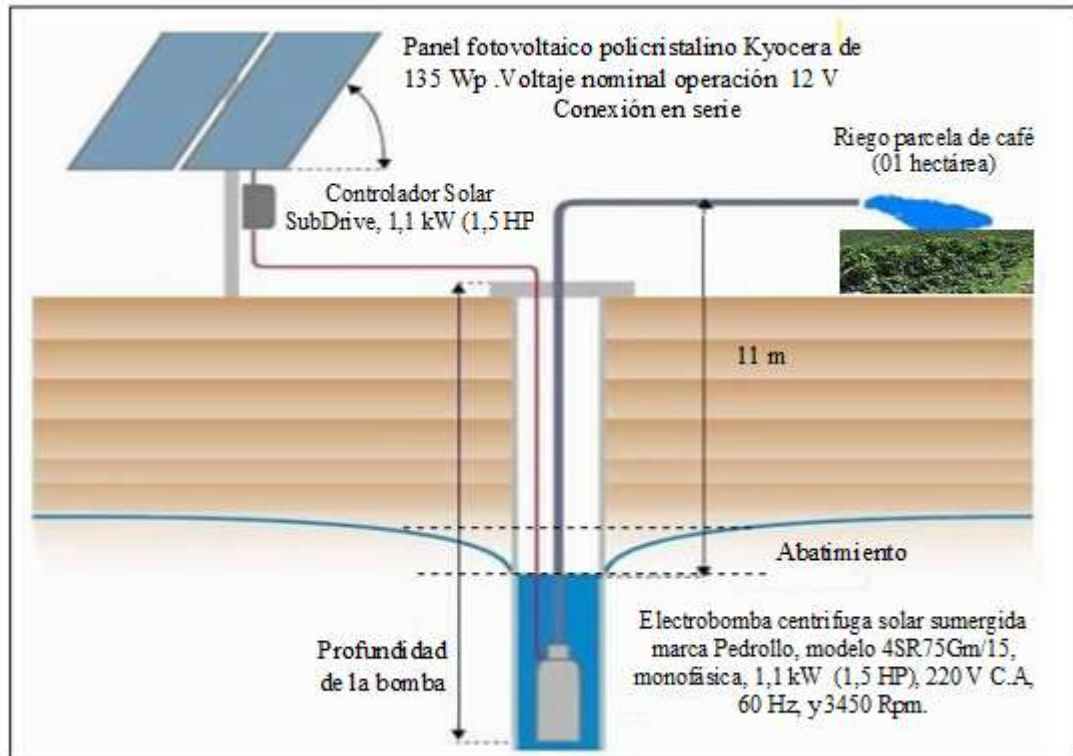


Figura 7. Esquema del sistema de bombeo fotovoltaico dimensionado.
Fuente. Elaboración propia.

3.5 ANALISIS TÉCNICO - ECONÓMICO

Al invertir en un proyecto se espera recuperar lo invertido a mediano, corto o largo plazo y obtener alguna ganancia. Primeramente se determinó el presupuesto referencial (inversión) para el sistema fotovoltaico y se realizará el análisis respecto a un grupo electrógeno a gasolina. Por la potencia no se pudo seleccionar un grupo electrógeno diesel, en el mercado se tiene grupos electrógenos diesel a partir de 2 kW.

El análisis económico con respecto a un sistema de utilización (MT), con pliegos tarifarios MT2 y MT3, no es necesario realizarlo en este trabajo, motivo que los sistemas de utilización son para cargas concentradas de alto consumo como sector industrial, hospitales, campus universitarios o para estaciones de bombeo de agua. El

sistema de bombeo fotovoltaico de agua propuesto es de baja potencia, y cuando se quiera solicitar la factibilidad y fijación del punto de diseño al concesionario no sería factible desde el punto de vista técnico y económico.

a. Indicadores económicos

Para el análisis económico se utilizaron algunos indicadores que permitieron evaluar la implementación del sistema del sistema de bombeo fotovoltaico. Los indicadores que se utilizan son el Valor Actual Neto (VAN), y a la Tasa de Interna de Retorno (TIR). La evaluación se realizara de acuerdo a la vida útil del sistema que se estima de 20 años.

Para definir el valor presente de un activo que genere un flujo efectivo para n años se determina con las Ecuación (14).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i_t)^t} - I \quad (14)$$

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) al tipo de interés R , que hace su valor neto igual a cero; se determina con la Ecuación (15).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+R)^t} - I = 0 \quad (15)$$

Dónde: I valor del desembolso inicial, F_t flujos de caja en cada periodo, i_t es la rentabilidad mínima, n años que dura la inversión, y R tipo de interés o tasa de retorno.

La inversión se considera efectuable cuando R sea mayor que la rentabilidad mínima que le exijamos a la inversión. Y la rechazaríamos cuando fuese inferior. Él TIR puede usarse como indicador de rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad.

b. Inversión sistema de bombeo fotovoltaico

Se ha presupuestado una inversión de S/. 14 820,00 para el sistema de bombeo solar fotovoltaico. En la Tabla 6, se presenta el costo de inversión referencial del proyecto.

Tabla 6. Inversión sistema de bombeo fotovoltaico dimensionado.

<i>N°</i>	<i>Descripción de componentes</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio (S/.)</i>	<i>Sub total (S/.)</i>
I Suministro					S/. 6800,00
1,1	Panel fotovoltaico poli cristalino Kyocera, 135 Wp, 24 V.	unid.	9	240,00	2160,00
1,2	Controlador SubDrive, 1,1 kW (1,5 HP), voltaje entrada AC: 220 V, voltaje entrada DC: 190-330V, rango de salida AC: 230 V	unid.	1	840,00	840,00
1,3	Electrobomba centrifuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, monofásica, 1,1 kW (1,5 HP), 220 V C.A, 60 Hz, y 3450 Rpm.	unid.	1	2100,00	2100,00
1,4	Accesorios (cables, conectores, portafusibles, caja)	glob.	1	400,00	400,00
1,5	Soporte para paneles solares elevada, con inclinación de 5°-25° de 3m de altura. Para una capacidad de 9 paneles fotovoltaicos.	unid.	1	1300,00	1300,00
II Montaje					S/. 4600,00
2,1	Montaje electromecánico del sistema de bombeo fotovoltaico	glob.	1	3500,00	3500,00
2,2	Acondicionamiento de pozo para bombeo de agua	glob.	1	1100,00	1100,00
Total (CD)					S/. 11400,00
Transporte de materiales					S/. 1140,00
Gastos generales					S/. 2280,00
Total					S/. 14820,00

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 7, se muestran los costos de mantenimiento y operación para el sistema de bombeo fotovoltaico, que corresponde al mantenimiento de la electrobomba, y del generador fotovoltaico. Para la parte de generación fotovoltaica se ha considerado un cargo por mantenimiento de 27,75 \$/kW-año.

Tabla 7. Costos de mantenimiento y operación, del sistema de bombeo fotovoltaico

<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio (S/.)</i>	<i>Sub total (S/.)</i>
1,1	Mantenimiento electrobomba	unid.	1	50,00	50,00
1,2	Mantenimiento generador fotovoltaico	unid.	1	92,70	92,70
Total anual					S/. 142,700

Fuente. Elaboración propia

c. Análisis respecto a un grupo electrógeno

Para este escenario la evaluación se realizó con respecto al precio del kilovatio hora (kWh), de un sistema alimentado por un pequeño grupo electrógeno monofásico a gasolina de 1,2 kW. En la inversión del sistema con grupo electrógeno, se ha considerado una bomba de las mismas características que del sistema de bombeo fotovoltaico. En la Tabla 8, se muestra la inversión para sistema grupo electrogeno a gasolina que asciende a S/. 9 100,00.

Tabla 8. Inversión sistema grupo electrogeno

<i>N°</i>	<i>Descripción de componentes</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio (S/.)</i>	<i>Sub total (S/.)</i>
I Suministro					S/. 4700,00
1,1	Grupo electrógeno monofásico 1,2 kW (1,6HP), 220 V	unid.	1	2200,00	2200,00
1,2	Electrobomba centrífuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, monofásica, 1,1 kW (1,5 HP), 220 V C.A., 60 Hz, y 3450 Rpm.	unid.	1	2100,00	2100,00
1,3	Accesorios (cables, conectores, porta fusibles, caja)	glob.	1	400,00	400,00
II Montaje					S/. 2300,00
2,1	Instalación del grupo electrógeno	glob.	1	1200,00	1200,00
2,2	Acondicionamiento de pozo para bombeo	glob.	1	1100,00	1100,00
Total (CD)					S/. 7000,00
Transporte de materiales					S/. 700,00
Gastos generales					S/. 1400,00
Total					S/. 9100,00

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 9, se muestran los costos de mantenimiento y operación para el sistema con grupo electrógeno, que corresponde al mantenimiento de la electrobomba, y los costos de combustible (gasolina 90 octanos). Considerando las mismas HSP del sistema fotovoltaico para el funcionamiento del generador (3,68 horas/día), y el consumo de combustible, se determinó que se necesita 742 litros de combustible al año.

Tabla 9. Costos de mantenimiento y operación del grupo electrogeno

<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio (S/.)</i>	<i>Sub total (S/.)</i>
1,1	Mantenimiento electrobomba	unid.	1	50,00	50,00
1,2	Combustible gasolina 90 octanos	lt/año	742	3,91	2900,91
Total anual					S/. 2950,91

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 10, se muestran los precios reportado por operadores de estaciones de servicio y grifos del distrito Lonya Grande. Cerca de la zona del proyecto se cuenta con dos estaciones de servicio, y que están reportadas al OSINERGMIN.

Tabla 10. Precios estaciones de servicio del distrito Lonya Grande, enero 2020

<i>Distrito</i>	<i>Establecimiento</i>	<i>Dirección</i>	<i>Precio de Venta (S./Galón)</i>
LONYA GRANDE	GRIFO SAGRADO CORAZON DE JESUS S.A.C.	Carretera Lonya Grande - Campo Redondo - Sector Vista Alegre - El Troncal	14,70
LONYA GRANDE	GRIFO SANTISIMA CRUZ DE MOTUPE E.I.R.L.	Sector la Avispa, Carretera Lonya Grande - Campo Redondo	14,90
Promedio (S./ Galón)			14,80

Fuente. Elaboración propia. OSINERGMIN (2020)

En la Tabla 11, se muestran los costos calculados de energía para el grupo electrógeno, tomando en cuenta la potencia, energía generada al año, precios de combustibles, y el consumo de combustible. Se ha determinado que la energía generada es de 1 611,84 kWh/año, y el precio final del kWh (grupo electrógeno) es de 1,86 S/./kWh.

Tabla 11. Costos calculados de energía grupo electrogeno

<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>
1,1	Potencia grupo electrógeno monofásico	kW	1,20
1,2	Energía generada	kWh/año	1611,84
1,3	Precio actual del galón de combustible gasolina	S/./galon	14,80
1,4	Precio actual del litro de combustible gasolina	S/./lt	3,91
1,5	Consumo de combustible	lt/h	0,57
1,6	Consumo por energía generada	lt/kWh	0,48
1,7	Precio final del kWh (grupo electrógeno)	S/./kWh	1,86

Fuente. Elaboración propia

Para el análisis económico con respecto a un sistema con grupo electrógeno a gasolina, se ha considerado un incremento del precio de la energía anual del 1 %. La producción de energía es 1 611,84 kWh/año, el cargo por mantenimiento y operación del sistema fotovoltaico S/.142,70, se consideró un costo de reinversión (año 10) de S/. 2940,00 para el controlador solar y la bomba. La Agencia Internacional de Energía (IEA) asume descuentos conservadores entre 10 % - 12 % para sistemas fotovoltaicos (FV) (Hernández y Martínez, 2013). Se analizó tomando un interés para el VAN del 10 %, y la vida del proyecto se ha considerado 20 años. Los resultados de la evaluación económica con respecto a un sistema con grupo electrógeno se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Análisis económico con respecto a un sistema con grupo electrógeno, interés VAN del 10 %

Año	Inversión (S/.)	Energía		Resultados					
		Producción Energía (kWh)	Precio final del kWh (Grupo electrógeno) (S./kWh)	Ingresos (Ahorro esperado) (S/.)	Pagos (S/.)	Flujo Neto Caja (S/.)	FNC Actualizado (Cálculo del VAN) (S/.)	Flujo Neto Caja Acumulado (S/.)	Año de repago (Pay-Bac) Años
0	14820,00					-14820,00	-14820,00	-14820,00	0,00
1		1611,84	1,86	2993,72	142,70	2851,02	2591,84	-12228,16	0,00
2		1611,84	1,88	3023,66	142,70	2880,96	2380,96	-9847,20	0,00
3		1611,84	1,89	3053,90	142,70	2911,20	2187,22	-7659,98	0,00
4		1611,84	1,91	3084,43	142,70	2941,73	2009,24	-5650,74	0,00
5		1611,84	1,93	3115,28	142,70	2972,58	1845,74	-3805,00	0,00
6		1611,84	1,95	3146,43	142,70	3003,73	1695,53	-2109,47	0,00
7		1611,84	1,97	3177,90	142,70	3035,20	1557,54	-551,94	7,63
8		1611,84	1,99	3209,67	142,70	3066,97	1430,77	878,83	0,00
9		1611,84	2,01	3241,77	142,70	3099,07	1314,31	2193,14	0,00
10		1611,84	2,03	3274,19	5890,91	-2616,72	-1008,86	1184,28	0,00
11		1611,84	2,05	3306,93	142,70	3164,23	1109,04	2293,32	0,00
12		1611,84	2,07	3340,00	142,70	3197,30	1018,76	3312,08	0,00
13		1611,84	2,09	3373,40	142,70	3230,70	935,82	4247,90	0,00
14		1611,84	2,11	3407,13	142,70	3264,43	859,63	5107,53	0,00
15		1611,84	2,13	3441,21	142,70	3298,51	789,64	5897,16	0,00
16		1611,84	2,16	3475,62	142,70	3332,92	725,34	6622,50	0,00
17		1611,84	2,18	3510,37	142,70	3367,67	666,28	7288,78	0,00
18		1611,84	2,20	3545,48	142,70	3402,78	612,02	7900,80	0,00
19		1611,84	2,22	3580,93	142,70	3438,23	562,18	8462,98	0,00
20		1611,84	2,24	3616,74	142,70	3474,04	516,39	8979,37	0,00
				TIR (%)		18,20%		S/. 8 979,37	
				Año de repago		7,63			
				Interés para VAN		10,00%			
				VAN		S/. 8 979,37			

IV. RESULTADOS

Se obtuvo que el mes de dimensionado es febrero con 3,68 kWh/m².día para un ángulo óptimo calculado de 7,88°. Así mismo para el mes de dimensionado la energía hidráulica resultó 0,96 kWh/día, para una altura de abatimiento de 1 m, y una altura equivalente total de 11 m incluyendo pérdidas del 10%. Además la energía de potencia máxima resultó 2,40 kWh/día, y una potencia de generación de 1,03 kW.

En la Tabla 13, muestra el resultado del diseño propuesto de la electrobomba centrífuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15 de corriente alterna, así como también la potencia máxima de 1,1 kW, con una carga total equivalente de 11 m, caudal pico 20,66 m³/h, y voltaje nominal de 220 V CA.

Tabla 13. Especificaciones técnicas del dimensionamiento de la electrobomba

<i>Especificación técnicas de diseño</i>	<i>Altura total equivalente (m)</i>	<i>Caudal pico (m³/h)</i>	<i>Voltaje nominal (V)</i>
Electrobomba centrífuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, monofásica, 1,1 kW (1,5 HP), 60 Hz, y 3450 Rpm.	11	20,66	220

En la Tabla 14, se muestran las especificaciones técnicas del generador fotovoltaico, paneles fotovoltaicos poli cristalinos Kyocera de 135 Wp, voltaje nominal 12 V.

Tabla 14. Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos

<i>Especificaciones técnicas de diseño</i>	<i>Voltaje nominal del sistema de BFV en DC(V)</i>	<i>Número de paneles fotovoltaicos</i>		
		<i>Serie</i>	<i>Paralelo</i>	<i>Total</i>
Panel fotovoltaico poli cristalino Kyocera 135 Wp, Voltaje nominal operación 12 V	108	09	00	09

En la Tabla 15, se presenta las características del Controlador Solar SubDrive, 1,1 kW (1,5 HP), voltaje entrada AC: 220 V, voltaje entrada DC: 95-330V, y rango de salida AC: 220 V.

Tabla 15. Especificaciones técnicas del controlador solar

<i>Especificaciones técnicas de diseño</i>	<i>Cantidad de controladores</i>
Controlador Solar SubDrive, 1,1 kW (1,5 HP), voltaje entrada AC: 220 V, voltaje entrada DC: 95-330V, rango de salida AC: 220 V	01

El Controlador Solar SubDrive es un controlador diseñado y desarrollado para trabajar exclusivamente con las bombas solares. Es muy útil utilizar el controlador solar cuando pueden existir 2 fuentes de alimentación entrantes para la bomba, como puede ser la CD que viene directamente de paneles y la CA que podemos conectar cuando deseemos desde un generador o red eléctrica.

Para la evaluación económica del proyecto se determinó el presupuesto (inversión) del sistema de bombeo fotovoltaico que asciende al monto de S/.14 820,00 y que corresponde al suministro de materiales y equipos, montaje electromecánico, transporte y gastos generales. Se consideró un costo de reinversión (año 10) de S/. 2940,00 para el controlador solar y la bomba. Se realizó la evaluación económica con respecto a un sistema con grupo electrógeno a gasolina. Se analizó tomando un interés para el VAN del 10 %, y la vida del proyecto 20 años. Los resultados de la evaluación económica se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Indicadores económicos, sistema con grupo electrogeno

<i>Indicadores económicos</i>	<i>Interés VAN (10 %) Escenario (Sistema grupo electrógeno a gasolina)</i>
TIR	18,20 %
Año de repago	7,63
VAN	S/. 8 979,37

En la Tabla 16, se puede observar que para una tasa de interés del 10 %, podemos encontrar un VAN de S/. 8 979,37 positivo, TIR del 18,20 %, y el tiempo de recuperación es a mediano plazo aproximadamente de 08 años, por lo que se concluye la viabilidad del proyecto en comparación con un sistema de generación a gasolina.

V. DISCUSIÓN

Los sistemas de bombeo fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento aunque se ha de realizar un mantenimiento preventivo explicitado en el manual de operación y mantenimiento de la instalación. El sistema ha de arrancar y parar automáticamente en función de la demanda y la disponibilidad de radiación solar mediante las sondas de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación. El hecho de que en el bombeo solar directo únicamente se bombea agua cuando se tiene radiación solar disponible, ésta se puede suplir con la utilización de depósitos de almacenamiento. Por otro lado se pueden utilizar baterías para almacenar la energía eléctrica sobrante en forma de energía electroquímica reutilizable en periodos en los que no se dispone de radiación (durante la noche o en días muy nublados), y esto encarece el proyecto (Alonso y Chenlo, 2005).

De acuerdo con los datos encontrados y el recurso solar evaluado para la Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande – Utcubamba, el nivel de radiación solar promedio mensual varía desde un mínimo de 3,88 kWh/m²/día en el mes de febrero, hasta un máximo de 5,12 kWh/m²/día en el mes de noviembre para un ángulo óptimo de inclinación de 5°. Aplicó el criterio de seleccionar la radiación en el mes más desfavorable, y dispone del dato radiación mínimo mensual que recibirá el sistema, el cual se determinó 3,88 kWh/m²/día (Mejía, 2018). Datos muy cercanos a los datos de radiación encontrados para la zona de estudio, cuya radiación en el mes más desfavorable resulto 3,68 kWh/m²/día, para un ángulo óptimo calculado de 7,88°.

Se diseñó de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego de una hectárea de yuca en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén. Se muestra la evaluación y caracterización del recurso solar con datos de la NASA, obteniendo 3,71 kWh/m²/día de radiación solar y

un ángulo óptimo calculado de $7,5^\circ$. La demanda energética del sistema de bombeo es de $40 \text{ m}^3/\text{día}$, y se requirió $3,12 \text{ kWh}/\text{día}$ de energía hidráulica. Se seleccionaron 16 paneles fotovoltaicos, 8 paneles en serie y 2 en paralelo para satisfacer la potencia de generación de $1,72 \text{ kW}$. La evaluación económica resultó con un VAN de $\$ 15 976,67$ y un TIR de 9% (Dávalos, 2019). Las características de la zona y la demanda hídrica guardan relación, para nuestro caso la demanda es de $32 \text{ m}^3/\text{día}/\text{hectárea}$ para cultivo de café.

Campos (2018), indica que para un caudal de $9,5 \text{ m}^3/\text{h}$ y altura $19,79 \text{ m}$ de diseño, seleccionó una motobomba centrífuga vertical de varias etapas, con características, caudal y altura nominal $12,1 \text{ m}^3/\text{h}$ y $22,1 \text{ m}$ respectivamente, potencia de entrada $1,73 \text{ kW}$, y potencia nominal $1,5 \text{ kW}$. Por otra parte, para el campo fotovoltaico considero en el diseño 3 módulos en serie y 3 ramas en paralelo, cada uno de 270W dando una potencia total de $2,43 \text{ kW}$. Realizó el análisis financiero del proyecto, llegando a la conclusión que la metodología aplicada para evaluar la viabilidad técnica y económica para implementar el sistema de bombeo fotovoltaico en el fundo “Huertas” es rentable frente a la alternativa de bombeo con motobomba. En el trabajo de investigación se realizó la evaluación económica con respecto a un sistema con grupo electrógeno a gasolina, con costos de reinversión (año 10) de $\$/ 2940,00$ para el controlador solar y la bomba, resultando rentable con un interés para el VAN del 10% , y la vida del proyecto 20 años.

En un sistema de bombeo fotovoltaico para riego en Bahir Dar (Etiopía)- África, para otros cultivos como tomate y ajo, con el diseño, el autor concluye un presupuesto total para el proyecto de $34320,69 \text{ €}$. Además señala que al año se obtendrá una cosecha de cada cultivo y que los precios de ambos alimentos, en el mercado etíope, son $0,5 \text{ €/kg}$ para el tomate y $1,15 \text{ €/kg}$ para el ajo, y generarán beneficios anuales de $14668,7 \text{ €}$. El periodo de amortización o “Pay Back” (PB) de la inversión en función de los ingresos que se generarán con la venta de alimentos que se producirán al año es de $2,34$ años. Manifiesta que dada la naturaleza del proyecto, y encontrándose en ámbitos de la cooperación internacional y el desarrollo humano en Etiopía, no se tendrá en consideración la viabilidad económica como se acostumbra hacer en un proyecto convencional, ya que no se persigue el logro de un beneficio económico sino de tipo social (Barrio, 2016). Si se busca un beneficio social-ambiental y económico, justifica la implementación del proyecto.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En la zona de estudio el nivel de radiación varía de 3,68 kWh/m²/día en el mes de febrero hasta 5,12 kWh/m²/día en el mes de noviembre para un ángulo óptimo calculado de 7,88°. Aplicando el criterio del mes más desfavorable se determinó que el mes de dimensionado para el sistema es febrero que dispone de un promedio de 3,68 kWh/m²/día, para lo cual se calculó la relación entre las energías hidráulicas y las radiaciones de cada mes para la inclinación óptima de 7,88°, se buscó el valor máximo.
- La energía hidráulica resultó 0,96 kWh/día, para una altura de abatimiento de 01 m, y una altura total equivalente de 11 m, la potencia calculada para el generador es de 1,03 kW.
- El generador fotovoltaico de bombeo de agua requiere 9 paneles de 135 Wp conectados en serie; 01 Controlador Solar SubDrive, 1,1 kW (1,5 HP), voltaje entrada AC: 220 V, voltaje entrada DC: 95-330V, rango de salida AC: 220 V, que puede funcionar con entrada en corriente continua proveniente del panel y/o en corriente alterna de la red eléctrica; 01 electrobomba centrífuga solar sumergida marca Pedrollo, modelo 4SR75Gm/15, monofásica, 1,1 kW (1,5 HP), 60 Hz, y 3450 Rpm, caudal pico que soporta la bomba de 20,66 m³/h (5,74 l/s).

- El proyecto tiene una inversión inicial que asciende a S/. 14 820,00, y que corresponde al suministro de materiales y equipos, montaje electromecánico, transporte de materiales y gastos generales. Se consideró un costo de reinversión (año 10) de S/. 2940,00 para el controlador solar y la bomba. Se realizó la evaluación económica con respecto a un sistema de generación a gasolina. Se analizó tomando un interés para el VAN del 10 % y la vida del proyecto 20 años. Para una tasa de interés del 10 %, se encontró un VAN de S/. 8 979,37 positivo, TIR del 18,20 %, y el tiempo de recuperación es a mediano plazo aproximadamente de 08 años, por lo que se concluye la viabilidad del proyecto en comparación con un sistema de generación a gasolina.

6.2 RECOMENDACIONES

- Con fines de impulsar el uso de energías renovables en la agricultura se recomienda implementar el proyecto dimensionado. Así, mismo se recomienda la implementación en otras provincias de la región Amazonas y Cajamarca, Dónde se presenten condiciones similares de radiación y potencia requerida, favoreciendo de esta manera a los pequeños agricultores a mejorar su calidad de vida, y la calidad de sus productos.
- Para la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico dimensionado, se recomienda hacer la evaluación económica respecto a otros escenarios, generador a GLP, red eléctrica, sistema de bombeo eólica, y así justificar la viabilidad del proyecto para diferentes escenarios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, B. I., y Nomberto, P. (2015). *Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de café en el sector quebradonda -Catache -Santa Cruz -Cajamarca*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado a partir de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/103/BC-TES-3809.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alonso, M., y Chenlo, F. (2005). *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico*. España. Recuperado a partir de <https://www.eoi.es>
- Barrio, A. C. (2016). Diseño de Sistema de Bombeo Fotovoltaico para Riego en Bahir Dar (Etiopía). *Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals*, 188. Recuperado a partir de <http://repositori.uji.es/xmlui/>
- Campana, P. E., Li, H., Zhang, J., Zhang, R., Liu, J., y Yan, J. (2015). Economic optimization of photovoltaic water pumping systems for irrigation. *Energy Conversion and Management*, 95, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.066>
- Campos, P. (2018). *Proyecto de Riego por Goteo Utilizando Energía Solar para Cultivo de Flores para Exportación en el Fundo Huertas, Distrito De Sayán, Provincia de Huaura, Departamento de Lima*. Recuperado a partir de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2606>
- Castejon, A., y Santamaría, G. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. (Editex S.A., Ed.) (1 ed.). Madrid, España.
- Castro, M., Colmenar, A., Fiffe, R. P., Perez, M., Perpiñan, O., y Perulero, J. M. (2011). *Sistemas de Bombeo Eólicos y Fotovoltaicos*. (PROGENSA, Ed.) (2 ed.). Sevilla, España.
- Castroooo, M., Colmenar, A., Fiffe, R. P., Perez, M., Perpiñan, O., y Perulero, J. M. (2011). *Sistema de Bombeo Eolicos y Fotovoltaicos*. (PROGENSA, Ed.) (2da ed.). Sevilla, España.
- Cindy P. Asmat Cáceres. (2018). Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque-Cusco. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Recuperado a partir de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3141>

- Dávalos, J. (2019). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén. Recuperado a partir de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/100>
- FONAM. (2007). Instalación y manejo de plantaciones forestales. En *Fondo Nacional del Ambiente* (p. 47). Lima.
- Hernández, J., y Martínez, J. M. (2013). Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.082>
- IDAE. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Pliego. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. España. Recuperado a partir de www.idae.es
- Korpale, V. S., Kokate, D. H., y Deshmukh, S. P. (2016). Performance Assessment of Solar Agricultural Water Pumping System. *Energy Procedia*, 90, 518-524. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2016.11.219>
- Mejía, E. J. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica*. Universidad Politécnica Amazónica. Recuperado a partir de <http://repositorio.upa.edu.pe/handle/UPA/19>
- Mendez, J., y Cuervo, R. (2012). *Energía solar fotovoltaica*. (FC, Ed.) (7 ed.). Madrid, España.
- Pareja, M. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una Instalación Aislada*. (Marcombo, Ed.) (3era Ed.). Barcelona, España.
- Perpiñan, O., Castro, M., y Antonio, C. (2012). *Diseño de sistemas fotovoltaicos*. España.
- Wightman, K., Ugarte, J., y Cornelius, J. (2006). *Manual Técnico Plantemos Madera Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la Amazonía Peruana*. Perú.

ANEXOS

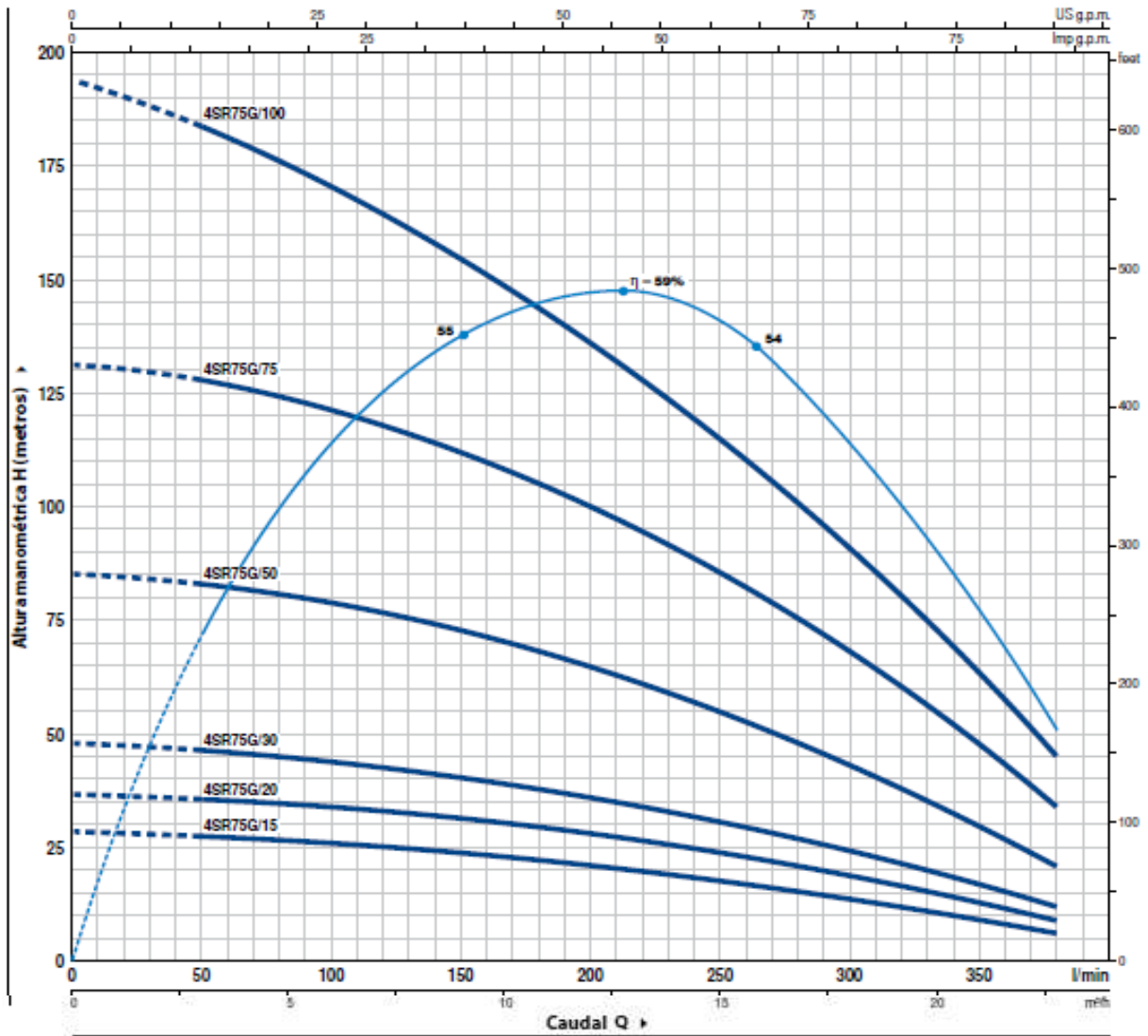
ANEXO 01. Ficha técnica de la electrobomba seleccionada

4SR75G



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 rpm

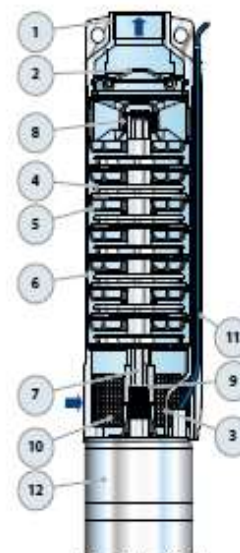


MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H												
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8			
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	380				
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2		28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6				
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9				
-	4SR75G/50	3.7	5	H metros	47	46	44	40	35	30	22.5	17	12				
-	4SR75G/75	5.5	7.5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21				
-	4SR75G/100	7.5	10		130	127	122	113	102	85	66	46	34				
					192	185	173	156	135	112	87	61	46				

Q = Caudal H = Altura manométrica total

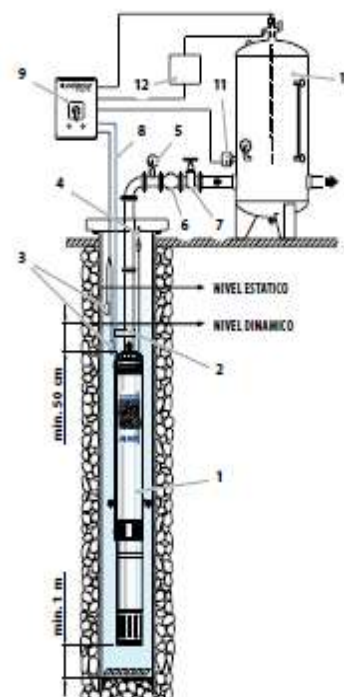
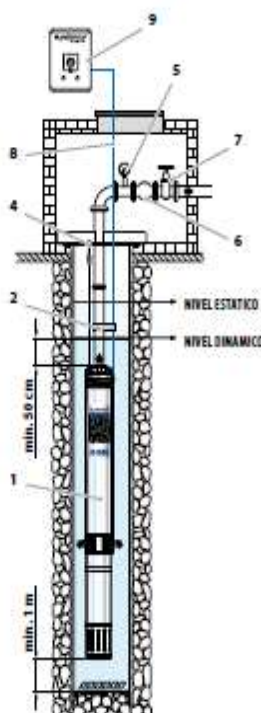
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

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



EJEMPLO DE INSTALACION

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



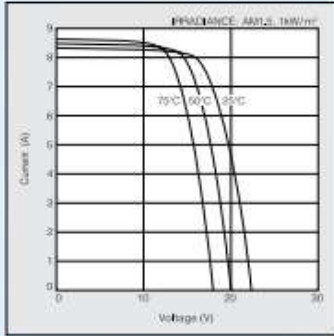
- La instalación de las electrobombas 4SR es apta para pozos con un diámetro no inferior a 4" (100 mm). La electrobomba sumergida se baja al pozo mediante el tubo de impulsión hasta una profundidad tal que garantice su total inmersión (mín. 50 cm y por lo menos 1 metro desde el fondo del pozo) incluso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

ANEXO 02. Ficha técnica de los paneles fotovoltaicos seleccionados

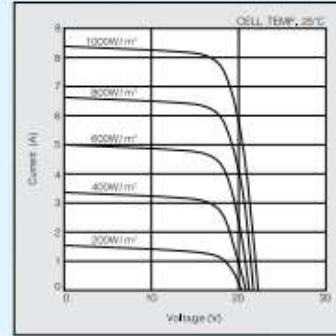
KD135SX-UPU

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KD135SX-UPU at various cell temperatures



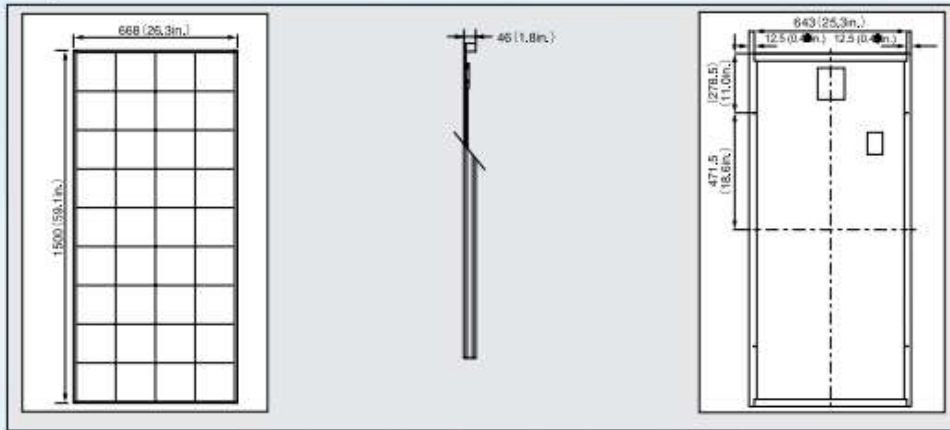
Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KD135SX-UPU at various irradiance levels



SPECIFICATIONS

Physical Specifications

Unit : mm (in.)



Specifications

Electrical Performance under Standard Test Conditions (*STC)

Maximum Power (Pmax)	135W (+5%/-5%)
Maximum Power Voltage (Vmpp)	17.7V
Maximum Power Current (Impp)	7.63A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.1V
Short Circuit Current (Isc)	8.37A
Max System Voltage	600V
Temperature Coefficient of Voc	-8.0x10 ⁻² V/°C
Temperature Coefficient of Isc	5.02x10 ⁻³ A/°C

*STC : Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, cell temperature 25°

Electrical Performance at 800W/m², *NOCT, AM1.5

Maximum Power (Pmax)	95W
Maximum Power Voltage (Vmpp)	15.7V
Maximum Power Current (Impp)	6.10A
Open Circuit Voltage (Voc)	20.0V
Short Circuit Current (Isc)	6.79A

*NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) 47.3°C

Cells

Number per Module	36
-------------------	----

Module Characteristics

Length x Width x Depth	1500mm(59.1in.)x668mm(26.3in.)x46mm(1.8in.)
Weight	12.5kg(27.5lbs.)

Junction Box Characteristics

Length x Width x Depth	150mm(5.9in.)x140mm(5.5in.)x37.2mm(1.5in.)
IP Code	IP65

Others

*Operating Temperature	-40°~90°C
Maximum Fuse	15A

*This temperature is based on cell temperature.

ISO 9001 and ISO 14001 Certified and Registered

www.kyocerasolar.com
800-223-9580 toll free 800-523-2329 fax



ANEXO 3. Ficha técnica del grupo electrógeno

Generador EG1000

Nuevo generador de 1 kVA, 4 tiempos con tecnología OHV (válvulas a la cabeza) que ofrece una alta eficiencia para ahorrar combustible, descompresor que facilita su arranque, y alerta de aceite que hace detener el equipo en caso de bajo nivel de aceite. Puede accionar múltiples dispositivos, le permite usar las luces, ventiladores, un reproductor de música, la TV y mucho más, todo al mismo tiempo.



Ficha Técnica

Motor

Tipo de Motor	GX80D - 4 Tiempos - Refrigerado por aire
Cilindrada	79,7 cm ³
Potencia Neta	1,6 Hp a 3600 rpm
Encendido	Transistorizado
Arranque	Manual

Generador

Voltaje C.A.	220 V
Potencia Máxima C.A.	0,85 KVA
Potencia Nominal C.A.	0,75 KVA
Salida de C.C.	No
Uso Continuo	6,4 hs.
Nivel de ruido	89 dB(A)

Dimensiones

Ancho	352 mm
Largo	404 mm
Alto	431 mm
Peso en seco	27,4 Kg.

Otras Especificaciones

Capacidad de combustible	3,6 lts.
Consumo Especifico de Combustible	0,56 lts/hr a 3600 rpm
Capacidad de aceite	0,36 lts.
Eco Throttle	No
Indicador Nivel de Combustible	No
Alerta de Aceite	Si (sin indicador)
Regulador de voltaje	Capacitivo
Voltímetro	No
Interruptor térmico C.A.	Si
Interruptor térmico C.C.	No