

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO  
FOTOVOLTAICO PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL RECURSO  
HIDRICO EN LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DEL  
REMANSO- LORETO - 2021”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA

**TORRES ARIZA, NELSON DAVID**  
**TELLO AGUILAR, JULIO CESAR**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Torres Ariza'.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Tello Aguilar'.

Callao, 2021

PERÚ



(Resolución N°019-2021-C.U. del 20 de enero de 2021)

**ACTA N° 049 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 .FOLIO No. 075 ACTA N° 049 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

A los 17 días del mes setiembre, del año 2021, siendo las 16:05 horas, se reunieron, en la sala meet: <http://meet.google.com/npd-amoz-jcn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero en Energía** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Juan Manuel Palomino Correa : Presidente
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Secretario
- Mg. Vladimiro Contreras Tito : Miembro
- Mg. Martin Toribio Sihuay Fernández : Asesor

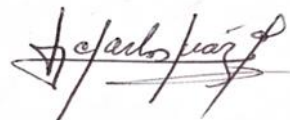
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **TORRES ARIZA NELSON DAVID**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía sustenta la tesis titulada **"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL RECURSO HIDRICO EN LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DEL REMANSO-LORETO-2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (quince)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:50 horas del día 17 del mes y año en curso.



.....  
Dr. Juan Manuel Palomino Correa  
Presidente de Jurado



.....  
Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera  
Secretario de Jurado



.....  
Mg. Vladimiro Contreras Tito  
Miembro de Jurado



.....  
Mg. Martin Toribio Sihuay Fernández  
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA  
Jurado de Sustentación del I Ciclo Taller de Tesis 2021

## I N F O R M E

Visto el *Informe de Tesis* titulado “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL RECURSO HIDRICO EN LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DEL REMANSO-LORETO-2021”, presentado por el(la) Bachiller de Ingeniería en Energía TORRES ARIZA, Nelson David.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El *Presidente del Jurado de Sustentación en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Tesis*, manifiesta que la sustentación de la Tesis se realizó el día Viernes 17 de setiembre del 2021 a las 16:05 hrs, no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado de Sustentación, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 17 de setiembre del 2021.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
I Ciclo Taller de Tesis 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Manuel Palomino Correa'.

Dr. Juan Manuel Palomino Correa

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA  
Presidente de Jurado de Sustentación

**“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO  
FOTOVOLTAICO PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL RECURSO  
HIDRICO EN LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DEL  
REMANSO- LORETO - 2021”**

## **DEDICATORIA**

A Dios por habernos dado la vida y guiarnos  
por el buen camino.

De igual forma a nuestras madres y familiares cercanos, quienes han contribuido en nuestra formación personal y profesional de manera íntegra, buscando siempre el mejor camino, les agradecemos a ellos porque les debemos toda la vida ya que fueron y serán los artífices de lo que somos y podemos llegar a lograr.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a nuestras madres y familiares cercanos por siempre habernos dado su fuerza y apoyo incondicional, a nuestro asesor Mg. Martín Toribio Sihuay Fernández, por su constante apoyo y confianza brindada; a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao por sus enseñanzas impartidas durante nuestro paso por las aulas universitarias.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
ÍNDICE DE TABLAS .....	3
TABLA DE FIGURAS.....	4
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).....	13
1.2.1 Problema General.....	13
1.2.2 Problemas específicos.....	13
1.3 Objetivos (general y específicos).....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	14
1.4 Justificación (Legal, Teórica, Tecnológica O Económica).....	14
1.4.1 Justificación Legal .....	14
1.4.2 Justificación Social .....	15
1.4.3 Justificación Práctica .....	15
1.5 Limitantes de la investigación .....	15
1.5.1 Teórica.....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Antecedentes Internacionales.....	17
2.2 Antecedentes Nacionales .....	18
2.3 Bases teóricas.....	19
2.4 Conceptual .....	24
2.5 Definición de términos básicos: Funcionales a la investigación del	



problema .....	40
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	43
3.1 Hipótesis .....	43
3.1.1. Hipótesis General .....	43
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	43
3.2 Definición conceptual de variables. ....	44
3.2.1 Variable I:.....	44
3.2.2 Variable II.....	44
3.3 Operacionalización de variable.....	45
IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....	45
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	45
4.2 Método de investigación .....	46
4.3 Población y muestra.....	47
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	47
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	48
4.6 Análisis Y Procesamiento De Datos .....	50
4.6.1 Desarrollo de Ingeniería de detalle.....	50
V. RESULTADOS.....	61
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	66
6.1 Contrastación de los resultados con estudios similares.....	67
VII. CONCLUSIONES .....	69
VIII. RECOMENDACIONES.....	71
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS .....	76
A1. Matriz de consistencia .....	76
A2. Informe de la simulación .....	78
A3. Planos del sistema de bombeo fotovoltaico .....	86
A4. DataSheets – Hojas Técnicas.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Departamento de Loreto, hogares habitables, según fuente de suministro de agua, 1993 y 2007 .....	12
Tabla 2 Principales indicadores sociales, Loreto 2009-2014 .....	12
Tabla 3. Departamento de Loreto, suministro del recurso hídrico mediante la red nacional de viviendas en la zona rural 2013-2016, resumen de viviendas en porcentaje.....	13
Tabla 4 Cuadro comparativo de tipos de bombeo .....	26
Tabla 5 Tabla de Operacionalización de variables.....	45
Tabla 6 Tabla de técnicas e instrumentos .....	49
Tabla 7 Dotación de agua según opción de saneamiento.....	52
Tabla 8 Resultados teóricos de caudales máximos .....	54
Tabla 9 Coeficiente de Hazen-Williams .....	58
Tabla 10 Factores de dimensionamiento de pérdidas.....	60
Tabla 11. Irradiación promedio solar por mes desde el año 2018 hasta el 2020.....	63
Tabla 12 Consumo total en la irradiación diaria .....	63
Tabla 13 Tabla de características de paneles fotovoltaicos .....	64
Tabla 14 Selección de la tensión nominal del sistema Vs potencia .....	65
Tabla 15 Características del controlador Schneider Electric Conext TM MPPT 60 150.....	66
Tabla 16 Cuadro de parámetros permisibles para la caída de tensión.....	71
Tabla 17 Parámetros de la bomba.....	72
Tabla 18 Tabla comparativa de datos Teórico VS Software .....	65

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del efecto fotovoltaico.....	20
Figura 2 Diagrama de Moody .....	24
Figura 3 Piranómetro y medidor fotovoltaico .....	29
Figura 4 Regulador de carga .....	30
Figura 5 Acumuladores de energía.....	31
Figura 6 Ciclo Hidrológico.....	39
Figura 7 Vista Satelital de la Comunidad El Remanso .....	48
Figura 8 Procedimiento de diseño del sistema de bombeo fotovoltaico .....	50
Figura 9 Vista Satelital de la Comunidad El Remanso, Yaguas, Loreto .....	51
Figura 10 Imagen referencia y vista de dimensiones de los paneles fotovoltaicos modelo AS-6M30.....	68
Figura 11 Selección de la bomba .....	73
Figura 12 Parámetros de la bomba seleccionada modelo 4SR6/31 .....	73
Figura 13 Imagen referencia y vista de instalación de la bomba seleccionada modelo 4SR6/31 .....	74
Figura 14 Parámetros del diámetro del sistema de tuberías .....	75
Figura 15 Parámetros del sistema de acumulación de energía .....	75
Figura 16 Imagen de referencia y dimensiones del sistema de acumulación de energía .....	76
Figura 17 Hoja de datos del controlador.....	77
Figura 18 Imagen de referencia del controlador para el sistema fotovoltaico ...	77
Figura 19 Imagen de referencia del inversor modelo SIRIO .....	78
Figura 20 Hoja de datos del conductor .....	79
Figura 21 Imagen de referencia del cable eléctrico NH-80 10 <i>mm</i> <sup>2</sup> .....	79
Figura 22 Ventana de inicio del software.....	80
Figura 23 selección del tipo de diseño y simulación.....	80
Figura 24 Introducir el nombre del proyecto .....	81
Figura 25 Ingreso de coordenadas .....	52
Figura 26 Ingreso del nombre del proyecto y selección de datos de la NASA .	52
Figura 27 Parámetros de irradiación de acuerdo con la NASA.....	53
Figura 28 Orientación y necesidad de usuario .....	54

Figura 29 Ingreso del ángulo óptimo de inclinación del panel.....	54
Figura 30 Consumo de energía del sistema fotovoltaico .....	55
Figura 31 Ingreso potencia de equipo .....	55
Figura 32 Selección de banco de baterías. ....	56
Figura 33 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico y Controlador .....	57
Figura 34 Resultados de simulación.....	58
Figura 35 Factores de pérdidas del sistema.....	59
Figura 36 Utilización de la energía .....	60
Figura 37 Diagrama de perdidas en el sistema.....	60

## RESUMEN

La investigación desarrollada en la comunidad de Remanso de la región Loreto tiene como objetivos; el dimensionamiento de los componentes, determinación de los parámetros básicos, selección de los componentes y validación del sistema de bombeo fotovoltaico. La investigación es de tipo descriptiva no experimental y método deductivo e hipotético – deductivo, utilizando fichas bibliográficas, fichas técnicas, fichas de citas textuales, fichas de resumen, fichas electrónicas, la observación estructurada, se desarrolló el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico, de acuerdo con el procedimiento teórico y haciendo las corridas con el software PVSYST, dimensionamiento de los parámetros básicos (la Irradiación promedio de la zona, demanda del agua, coordenadas del lugar, caudal) luego se realizó el dimensionamiento del equipamiento, (tanque de agua de acuerdo a la NTP, diámetro de tuberías según la NTP y almacenamiento de energía según la IEC), selección del equipamiento, paneles solares de los catálogos Ameri Solar, bomba centrífuga del catálogo de Pedrollo, controladores, conductor eléctricos de Indeco para la solución.

Obteniendo el resultado final de dimensionamiento de sistema de bombeo fotovoltaico, con un total de 107 paneles fotovoltaicos de 320 Wp de marca Ameri Solar., 06 paneles en serie, 18 paneles en paralelo, 01 bomba sumergible de 4kW de la marca pedrollo, 01 sistema de acumulación de energía de 1070 AH de la marca sunlight. Se concluye que la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico beneficia a 138 familias de la comunidad de Remanso.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema fotovoltaico, sistema de bombeo fotovoltaico, recurso hídrico en la comunidad de Remanso – Loreto.

## **ABSTRACT**

In the present work, the dimensioning of a photovoltaic pumping system was developed to cover the demand for water resources, which takes advantage of solar energy through photovoltaic panels, thus supplying drinking water to the Remanso - Loreto community. The development of the sizing of the photovoltaic pumping system will be carried out, indicating the procedure carried out and comparing it with the PVSYST software, which has the purpose of demonstrating the viability of the project.

The dimensioning of the basic parameters was carried out, which include the average irradiation of the area which was obtained from NASA, water demand which was obtained from the guide of technological options for a water supply system for human consumption and sanitation in the rural area, coordinates of the place which was obtained from Google maps, then the sizing of the equipment was carried out, water tank according to the NTP, pipe diameter according to the NTP and energy storage according to the IEC, after obtaining the results will be finalized with the selection of the equipment, solar panels from the Ameri Solar catalogs, centrifugal pump from the Pedrollo catalog, controllers, electrical conductors from Indeco for the solution.

This work is designed for the benefit of 138 families of the City of Loreto, which lack a supply of drinking water, being exposed to various diseases.

A comparison of the theoretical part was developed with the PVSYST software, proving the feasibility of the project.

**KEY WORDS:** Photovoltaic system, pumping system, parameter determination, component sizing, component selection

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se nos es evidente la clara dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía a gran escala, a nivel mundial las consecuencias del calentamiento global son más notables y evidentes en nuestro medio ambiente debido a los gases efecto invernadero y emisiones contaminantes provenientes de los combustibles fósiles. Es por ello que en los últimos años se viene impulsando las energías renovables como recurso inagotable y amigable, además existen normativas que fomentan la utilización de este tipo de sistemas para la autonomía de la zona en la que se instalan, ello debido a que muchas de las localidades son de difícil acceso o están alejadas de los sistemas de transmisión o distribución locales.

Para la Agencia Internacional de Energías Renovables, IRENA, quienes realizaron un estudio de impacto energético mundial, en caso de aumentar las cuotas energías renovables a nivel mundial, hasta lograr llegar al 32% en 2030 tendría un aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas. Esta es una de las razones que nos ha llevado a contribuir mediante nuestra tesis y conocimientos en la materia ya que por nuestra carrera y por la misión que tenemos como ingenieros en energía, nos vemos como parte de la solución ante la problemática mundial, por ello que estos tipos de energías que no sólo es beneficioso para la localidad o usuarios finales sino también para el sector energético, cabe decir con la utilización de los mismos habría un aumento de oportunidades laborales para ingenieros, técnicos y personal abocado a esta rama.

Siendo más específicos, la necesidad en la localidad del Remanso debido a la escasez de agua, gastos económicos por la dependencia del combustible fósil, un Estado ineficaz antes los problemas sociales y una baja calidad de vida por no poseer un servicio tan básico, nos llamó la atención para resolver dicha problemática ya que el sistema actual tanto local como estatal no esté funcionando de manera positiva para las familias, es debido a ello que en nuestra tesis de metodología de tipo tecnológica se realizó el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico, que permita cubrir la demanda de recurso hídrico a la comunidad de Remanso e implementar un sistema aislado,

impulsando así las energías renovables y permitiendo a las localidades adyacentes replicar el mismo sistema contribuyendo.

El primer capítulo contiene el planteamiento del problema, en donde se detalla la realidad problemática por sistema precario actual para el abastecimiento de agua en la localidad de Remanso, distrito de Yaguas, Loreto. Además de describir el problema general y específicos, así como los objetivos generales y específicos de nuestra tesis.

En el segundo capítulo se expone el marco teórico bajo conceptos de energías renovables, tipo de sistema a aplicar, descripción de equipos, accesorios del sistema y términos básicos. En el tercer capítulo se precisan las variables e hipótesis de la investigación que se dividen entre general y específicas. En el cuarto capítulo se realiza el diseño metodológico en donde se detalla el tipo y diseño de la investigación, así como la metodología de desarrollo de la ingeniería de detalle y evaluación del consumo de agua que requiere la población, además de parámetros como la radiación, coordenadas polares e irradiación para la selección y dimensionamiento del sistema propuesto, acompañado de una simulación en PvSyst. En el quinto capítulo se presenta un cronograma de actividades para la recopilación y dimensionamiento del sistema. En el sexto capítulo se presenta el presupuesto económico del sistema de bombeo fotovoltaico después del dimensionamiento y selección. En el séptimo capítulo se detalla las referencias bibliográficas que sirvieron como guía para el desarrollo de la presente tesis. Posterior a este capítulo se detallan los anexos como apartado de información complementaria.



## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática.**

Actualmente la localidad de Remanso, ubicado en el distrito de Yaguas, departamento de Loreto cuenta con escasez del recurso hídrico en la zona, por lo cual se ven obligados a recurrir a la extracción del agua mediante pozos subterráneos, por otro lado, también usan el agua del río Putumayo para la producción agrícola y ganadera, que lamentablemente no reúne las condiciones necesarias de salubridad que requiere la población. Según la Defensoría del Pueblo, mediante el boletín sobre la cobertura de agua potable en Loreto emitida en febrero del 2021 indica, que la mayor parte de los distritos de la región de Loreto tiene menos de la cuarta parte de viviendas conectadas a la red de agua potable. En este informe, los distritos de Yagua, Rosa Panduro y Jeberos reportan que ninguna vivienda se encuentra conectada a la red de agua potable. Por otro lado, mediante la revista publicada por Iglesias León, S., & Gonzáles Torres, M. (Evaluación de las condiciones e impactos ambientales de la explotación y aprovechamiento de minerales de oro mediante dragas en el río Yaguas-cuenca del río Putumayo, 2000), el río Yaguas cuenta con evidencia de mercurio, entre 0.3189 y 0.3911 mg Hg / Kg debido a la extracción de oro de manera informal que se realiza en la frontera amazónica de nuestro país.

La realidad actual en el distrito de yaguas es que muchos de los pobladores no reciben el recurso hídrico por diferentes motivos, en primer lugar se debe a la geografía ya que la zona se encuentra aislada y para tener acceso es por medio de vía de transporte aéreo o vía de transporte fluvial, la ausencia de lluvias en la zona que cada vez se agrava debido a la contaminación y calentamiento global como principales factores, además de que la calidad del recursos que se viene suministrando a la población no es la mejor ya que no ha implementado ningún sistema para la eliminación de bacterias.

Adicional a ello, la población carece de un sistema eléctrico de calidad de acuerdo a los estándares nacionales, por lo que la solución a este problema debe partir por un sistema y/o solución aislada de las condiciones de servicios de la

población, pero enfocadas a los recursos que poseen, actualmente la comunidad de Yaguas cuenta con un generador eléctrico para la extracción de agua mediante un sistema de bombeo, es por ello que se ve limitado por la adquisición de combustible, el cual tarda alrededor de 1 día en lancha rápida, debido a que tiene que ser transportado por vía fluvial.

Ello no solo representa un problema para dicha localidad sino también para la misma provincia de Loreto, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática y el censo del 2017, revelan que en dicho departamento para el 2016 sólo el 12.2% de hogares rurales cuentan con un abastecimiento de agua mediante la red pública. Ello se ve reflejado en los números presentados por el INEI con respecto a los tipos de abastecimiento de agua de las viviendas en Loreto, y es que un porcentaje de 23% se abastece mediante ríos, acequias, y/o manantiales, mientras que en sólo un 51.6% posee una conexión con la red pública. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

Si este problema sigue persistiendo, lo que sucederá es dañar a su producción agrícola y ganadera la cual es su principal fuente de ingreso y alimentación para el distrito de Yaguas, o lo que sería más grave, generar enfermedades a la población.

Presentando la actual problemática, se ha optado por el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico para que pueda cubrir la demanda del recurso hídrico.

Tabla 1. Departamento de Loreto, hogares habitables, según fuente de suministro de agua, 1993 y 2007

Tipo de abastecimiento de agua	1993		2007		Incremento Intercensal		Incremento anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
<b>Total</b>	<b>113,114</b>	<b>100.0%</b>	<b>170,831</b>	<b>100.0%</b>	<b>57,717</b>	<b>51.0%</b>	<b>4,123</b>
Red pública dentro de la vivienda	32,393	28.6%	52,930	31.0%	20,537	63.4%	1,467
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	799	0.7%	5,732	3.4%	4,933	617.4%	352
Pilón de uso público	7,607	6.7%	5,841	3.4%	-1,766	-23.2%	-126
Camión cisterna u otro similar	865	0.8%	3,864	2.3%	2,999	346.7%	214
Pozo	18,725	16.6%	35,432	20.7%	16,707	89.2%	1,193
Río, acequia, manantial o similar	46,921	41.5%	55,926	32.7%	9,005	19.2%	643
Otro 1/	5,804	5.1%	11,106	6.5%	5,302	91.4%	379

Fuente: Tomado de Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007)

Tabla 2 Principales indicadores sociales, Loreto 2009-2014

Tipo de abastecimiento de agua	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Porcentaje del total de hogares						
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>
Red pública dentro de la vivienda	43,1%	43,1%	42,5%	44,8%	48,4%	51,6%
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	0,6%	0,7%	0,4%	0,5%	0,5%	0,4%
Pilón de uso público	4,2%	4,7%	2,5%	1,5%	4,7%	3,7%
Camión cisterna u otro similar	1,6%	2,6%	1,9%	3,1%	2,2%	2,1%
Pozo	15,1%	16,5%	15,4%	11,7%	9,9%	9,0%
Río, acequia, manantial o similar	24,6%	25,7%	29,6%	25,8%	26,0%	22,6%
Otro 1/	10,7%	6,9%	7,7%	12,6%	8,3%	10,5%

Fuente: Tomados del informe de Principales Indicadores Departamentales 2009-2015 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015)

Tabla 3. Departamento de Loreto, suministro del recurso hídrico mediante la red nacional de viviendas en la zona rural 2013-2016, resumen de viviendas en porcentaje.

	2013	2014	2015	2016
Loreto	15.00%	14.10%	13.10%	12.20%
Amazonas	72.00%	73.80%	77.50%	79.90%
Madre de Dios	34.50%	32.40%	49.00%	53.10%
Ucayali	19.50%	28.20%	36.40%	44.90%

Fuente: Tomado del informe de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

## 1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).

A continuación, se presenta el problema general y los problemas específicos:

### 1.2.1 Problema General

- ¿Cómo dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico que permita cubrir la demanda de recurso hídrico de las familias en la comunidad de Remanso?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo determinar los parámetros básicos para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?
- ¿Cómo dimensionar los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?
- ¿De qué manera seleccionar los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?

- ¿Cómo validar el abastecimiento del recurso hídrico en las familias de la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico?

### 1.3 Objetivos (general y específicos).

#### 1.3.1 Objetivo General

- Dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico que permita cubrir la demanda de recurso hídrico de las familias en la comunidad de Remanso

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros básicos para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso.
- Dimensionar los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso
- Seleccionar los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso
- Validar el abastecimiento del recurso hídrico en las familias de la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico.

### 1.4 Justificación (Legal, Teórica, Tecnológica O Económica)

#### 1.4.1 Justificación Legal

Con el presente trabajo de investigación se busca brindar una solución en base a energías renovables (RER) y cumpliendo con el marco normativo del DL 1002 que está ligado a fuentes de energía solar de pequeña capacidad instalada de hasta 20MW. Además, el Estado peruano aprobó D.S. N° 020-2013- EM. con el objetivo de fomentar e impulsar inversiones para la operación, mantenimiento, así como la instalación y diseño en sistemas fotovoltaicos off grid en aquellas

zonas rurales que por sus condiciones de ubicación o accesibilidad no cuenten con suministro eléctrico.

#### 1.4.2 Justificación Social

Ñaupas Paitan (2014 , p. 109) explica que “la justificación social se da cuando la investigación va a resolver problemas sociales que afectan a un grupo social.”

En tal sentido el presente trabajo de investigación propone una solución al problema de la comunidad, como es la escasez del recurso hídrico con el fin que los pobladores gocen de una mejor calidad de vida y beneficiar a la mayor población posible mediante el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico para cubrir la demanda del recurso hídrico en las comunidad del Remanso- Loreto, ya que actualmente extraen agua del rio Putumayo que contiene mercurio afectando a la salud de los pobladores, ganado y agricultura de la localidad.

#### 1.4.3 Justificación Práctica

Según Bernal (2010, p. 106), “Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo.”

En tal sentido con la propuesta del dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico para cubrir la demanda del recurso hídrico en las familias de la comunidad del Remanso- Loreto y todas las estrategias relacionadas en la investigación proporcionaremos solución a los problemas de escasez de agua y pueda ser utilizado para los fines que requiera la población.

### 1.5 Limitantes de la investigación

#### 1.5.1 Teórica

En ese sentido, desde la perspectiva de Acosta (2001, p. 87), “una limitación consiste en que se deja de estudiar un aspecto del problema debido por alguna

razón”. Con esto se quiere decir que toda limitación debe estar justificada por una buena razón.

Parte de la limitante teórica del presente proyecto es la obtención suficiente información relevante para el diseño del sistema de bombeo, datos geográficos in situ como distancias, población a beneficiar, recurso hídrico cercano etc., ello se complica más debido a la coyuntura actual que por motivos de salud se ha visto paralizado la visita técnica.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes Internacionales

(TILLER, 2019), en su tesis titulada “**Diseño de sistema de bombeo solar automatizado para la comunidad Wayúu de Alakat, Maicao – La Guajira (Wüin-ka’i)**”, cuyo objetivo principal fue plantear una solución integral a la problemática que posee la comunidad Wayúu referente a la extracción y abastecimiento del recurso hídrico, mediante el diseño de un sistema de bombeo solar para la extracción del recurso en la aplicación de los pozos. En este estudio se aplicó una investigación descriptiva, se utilizó como instrumento de diseño formulas hidráulicas, pérdidas de presión en base a altura útil del sistema, selección de las bombas en base a su curva característica. Así mismo se concluyó que al desarrollar el diseño del bombeo solar se obtuvo una disponibilidad mayor del recurso hídrico, es decir los tiempos en que la población dispone del recurso hídrico es menor comparado con la extracción manual del recurso.

El trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que muestra las pautas como debe realizarse la validación y buen uso del programa PVSyst, además del ingreso de datos de entrada con el fin de evaluar la viabilidad de nuestro dimensionamiento.

(BETANZOS, 2017), en su tesis titulada “**Sistema de bombeo solar alternativo adaptado a una unidad de vivienda básica de FONHAPO**” cuyo objetivo principal fue plantear un sistema de bombeo fotovoltaico aplicadas a las necesidades de un proyecto de vivienda básica ubicado en el municipio de Yajalón, Chiapas, México. En este estudio se aplicó una investigación descriptiva, se utilizó como instrumento de diseño formulas hidráulicas, pérdidas por fricción, selección de conductores eléctricos de alimentación del sistema. Así mismo se concluyó que al diseñar el sistema de bombeo solar, su funcionalidad es apta y segura para operar incluso en periodos ante la ausencia del sol, debido a que ofrece un sistema de almacenamiento de energía.



El trabajo se relación con nuestra investigación planteada ya que desarrolla y muestra un apartado sobre el dimensionamiento y selección del sistema de almacenamiento de energía en base a baterías, ello servirá como referencia para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

## 2.2 Antecedentes Nacionales

(ZAMBRANO, 2019), en su tesis titulada “**Sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares en el sector Boyero – C.P. Porcón Alto**”, que tuvo por finalidad desarrollar las pautas para dimensionar en el centro poblado Porcón Alto, departamento Cajamarca, Perú, un sistema de bombeo de agua utilizando paneles fotovoltaicos. En este estudio se aplicó una investigación descriptiva, se utilizó como instrumento fórmulas para la red de distribución del agua potable, tipo de arreglo del sistema fotovoltaico para satisfacer la necesidad de la población. Así mismo se concluyó que al diseñar el sistema de bombeo solar, se debe tener en cuenta el tipo de arreglo fotovoltaico a seleccionar debido a que afecta directamente a la eficiencia del sistema, así como la selección del tipo de panel (monocristalinos o policristalinos).

El trabajo se relación con nuestra investigación planteada ya que desarrolla y muestra un referencias y tablas sobre el apartado de consumo promedio de agua diaria por habitante en ciertas regiones geográficas por lo que ello servirá como referencia para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

(AQUIMA, 2019), en su tesis titulada “Proyecto de almacenamiento de energía solar fotovoltaica por hidrobombeo en la localidad de la Estrella - región Arequipa”, cuyo objetivo principal es aprovechar la radiación solar para el accionamiento del sistema de bombeo, con el fin de proveer del recurso hídrico a los habitantes de la comunidad la Estrella. En este estudio se aplicó una investigación descriptiva, se utilizó como instrumento de diseño formulas

hidráulicas, pérdidas de presión en base a altura útil del sistema, selección de las bombas en base a su curva característica. Así mismo se concluyó que al diseñar el sistema de bombeo solar, se debe tener en cuenta el tipo de bomba a seleccionar en base al tipo de aplicación y condiciones del espacio debido a que es parte esencial del sistema.

El trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que nos brinda las pautas para el dimensionamiento del sistema hidráulico, fotovoltaicos y tiene como objetivo final brindar el recurso hídrico a la población.

### 2.3 Bases teóricas

Principio de balance de energía:

Se considera como energía útil, aquella que se halla disponible para un fin o producción de un bien o servicio, ello sin contar las pérdidas que se generan.

Según Gonzalez (2017):

El balance de la energía útil es la contabilización de los flujos energéticos, desde el suministro primario hasta la energía útil recuperada por el consumidor final a la salida de sus aparatos de consumo, surgiendo de esta manera las pérdidas sufridas en las diferentes fases de la cadena energética (producción, transporte, transformación y consumo). Es un balance derivado del balance de la energía final (p. 2).

En tal sentido se puede afirmar que basado en el principio de balance energía: la energía generada es igual a la energía consumida por el sistema.

$$\text{energía generada} = \text{energía consumida}$$

Principio del Efecto

Según Orbegozo y Arivilca (2010):

Se genera cuando parte del material de la celda solar (Silicio, otro material) capta, absorbe una parte de los fotones producidos por la radiación solar. El fotón

que se absorbe hace que se libere un electrón que se encuentra en la celda, los arreglos de las celdas están conectados por un terminal eléctrico (cable), de esta manera se genera la energía eléctrica. Es importante revisar las eficiencias de las celdas, debido a que nos va a brindar una mayor capacidad de potencia y por ende a reducir costos.

En el Perú, existen diversidades de tecnologías, de las cuales las más comercializadas son: Módulos de silicio mono cristalino, policristalino y películas delgadas de silicio amorfo (p. 11).

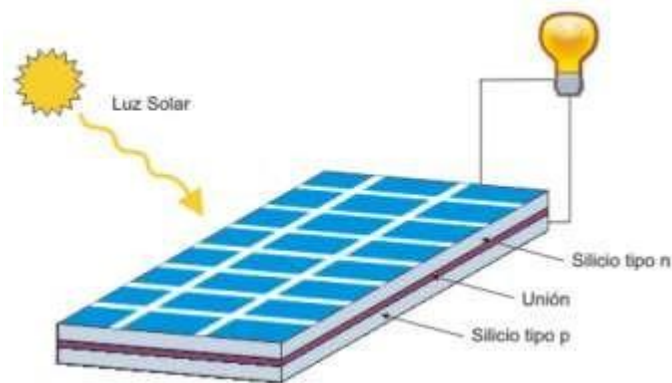


Figura 1 Esquema del efecto fotovoltaico.

Tomado del Manual técnico para instalaciones domiciliarias, por (Orbegozo, y Arivilca, 2010)

La ley de Planck

Según Baker (2016):

Define la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro mediante equilibrio térmico, la cual se encuentra en una temperatura definida.

Radiación de un cuerpo negro: Los cuerpos emiten luz a diferentes frecuencias más elevadas a medida que se van calentando, especialmente en materiales oscuros como es el carbón y el hierro, los cuales son muy eficientes al momento de absorber calor y emitirlo (p. 12).

Ley de Planck:

$$B_v(T) = \frac{2hv^3}{c^2 \exp\left[\frac{h\nu}{kT} - 1\right]}$$

$h$ : Constante de Planck ( $= 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$ )

$c$ : velocidad de la luz ( $= 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )

$k$ : constante de Boltzmann ( $= 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ )

Ley de conservación de energía

Según Manrique (2005)

Esta ley indica que la energía no se crea ni se destruye sólo se transforma. Por lo que se aplican 3 tipos de energía:

- Energía Potencial: Es la energía generada por la elevación del fluido.
- Energía Cinética: Es la energía ligada a la velocidad del fluido
- Energía de flujo o presión: Refiere a la cantidad de trabajo necesario para mover un fluido a través de una sección para vencer la presión.

Entonces la energía total (E) que posee un elemento de fluido será la suma de estas tres energías (p. 15).

$$E = \frac{wp}{\gamma} + wz + \frac{wv^2}{2g}$$

- $w$  = Peso
- $z$  = Elevación
- $\gamma$  = Peso específico
- $p$  = Presión
- $v$  = Velocidad

De acuerdo a la ley de conservación de energía y eliminando el peso de todos los términos, tenemos la Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Plasmando a la realidad, muchos de los sistemas presentan perdidas y/o adiciones de alturas, en ese caso se aplica el complemento de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_g - h_f = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

- $h_A$  = Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico
- $h_g$  = Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico.
- $h_f$  = Pérdidas de energía por parte del sistema, debidas a fricción en los conductos o pérdidas menores debidas a la presencia de válvulas o conectores.

### **Ecuación de Darcy**

Para Manrique (2005, p. 17) “las pérdidas de energía se presentan debido a la fricción en los conductos, para lo cual es necesario aplicar la ecuación de Darcy”.

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

$h_L$  = Pérdidas de energía debido a la fricción

$L$  = Longitud de la corriente del flujo

$D$  = Diámetro interno del conducto

$v$  = Velocidad promedio del fluido

$f$  = Factor de fricción

Para determinar el factor de fricción  $f$  hay dos métodos:

Ley de Moody

Para Mott (2006, p. 50) explican que “el diagrama de Moody se utiliza para ayudar a determinar el valor del factor de fricción  $f$  para el flujo turbulento. Debe conocerse el valor del número de Reynolds y la rugosidad relativa”. En este método es necesario conocer el número de Reynolds ( $N_R$ ) para determinar el tipo de flujo.

Si  $NR < 2000$ , el flujo es laminar

Si  $2000 < NR < 4000$ , el flujo está en transición

Si  $NR > 4000$ , el flujo es turbulento

$$N_R = \frac{VD}{\nu} = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$V$  = Velocidad del fluido

$D$  = Diámetro interno del conducto

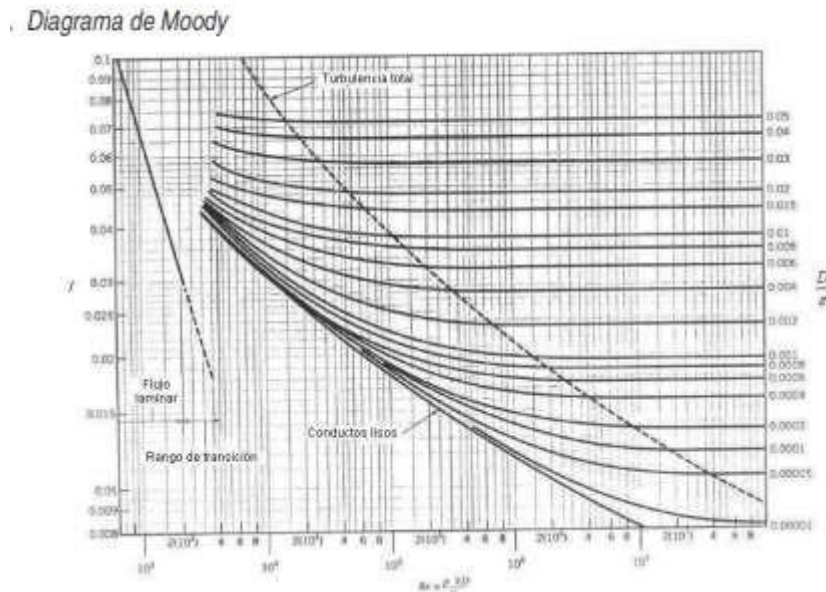
$\rho$  = Densidad del fluido

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

$\nu$  = Viscosidad cinemática del fluido

Con dicho valor y con la rugosidad relativa, nos apoyaremos en el Diagrama de Moody para encontrar el factor de fricción y con ello determinar las pérdidas por fricción.

**Figura N°2 Diagrama de Moody**



**Figura 2 Diagrama de Moody**

Fuente: Tomado del libro Mecánica de Fluidos (Mott, 2006, p. 237).

Método de P.K. Swamme y A.K. Jain

Este método nos da la posibilidad de resolver y hallar de forma directa el factor de fricción (flujo turbulento)

$$f = \frac{0.25}{\left( \log\left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right)^2}$$

Donde  $\epsilon$  = Rugosidad absoluta

## 2.4 Conceptual

- Sistema de bombeo fotovoltaico

Para Blanco (1994, p. 18) explica que “un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten mediante tuberías el transporte o

almacenamiento temporal de fluidos, de forma que se tenga en cuenta parámetros como caudal y presión durante el proceso”.

Según Alonso y Chenlo (2012):

El sistema de bombeo fotovoltaico es una aplicación específica y con interés orientados a sistemas aislados o fuera de la red, dicha tecnología ha demostrado en numerosas investigaciones ser un modo efectivo de suministro del recurso hídrico para comunidades rurales, así como la aplicación en la agricultura y ganadería. Además, se adapta como una solución energética para distintas problemáticas, ya que se puede determinar la altura en función a rangos de potencia y alturas (p. 2).

- Tipo de sistemas de bombeo

Según Alonso y Chenlo (2012):

Principalmente existen 3 tipos de sistemas de bombeo fotovoltaico, siendo las más importantes las siguientes:

- Sistemas manuales o motorizadas. Este es el mecanismo en el cual se extrae el recurso por bombeo manual o se agrega un sistema motorizado en la cual sigue interviniendo el hombre.
- Sistemas solares (generalmente alimentadas por un generador), serán alimentadas a través de un inversor de frecuencia variable, comúnmente llamado, inversor de bombeo solar.
- Sistemas convencionales, enfocados principalmente en generadores eléctricos o grupos electrógenos, tienen la capacidad de transformar la energía calorífica a energía mecánica para la extracción del recurso (p. 3).



Tabla 4 Cuadro comparativo de tipos de bombeo

<i>Tipo de Sistema</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
<i>Manual</i>	Bajo costo. Tecnología simple. Fácil mantenimiento. No necesita alimentación	Mantenimiento regular. Bajo caudal. Consume tiempo y energía que puede se empleado con mayor productividad en otras actividades.
<i>Solar</i>	Mínimo mtto. Fácil limpieza. Puesta en marcha e instalación sencilla. Confiable. Vida útil prolongada, mayor a 20 años. Arreglos fotovoltaicos en paralelo y en serie, de acuerdo a la necesidad del proyecto. Amigable con el medio ambiente.	Financiamiento inicial elevado. Radiación solar variable de acuerdo a los meses que presenten mayor incidencia solar.
<i>Diesel</i>	Mercado accesible para el tipo de tecnología. Equipos fáciles de transportar. Los equipos cuentan con gabinetes insonorizados. (ruido de acuerdo a norma) Combustible de fácil acceso.	Personal no capacitado para el servicio de mtto. Contaminante para el medio ambiente. No se cuenta con repuestos inmediatos ni en el mercado local. Volatilidad en el precio del combustible.

Nota: Datos tomados del informe de Estudio del ahorro mediante Bombeo Solar (Cruz, David, 2009)

- Tipo de sistemas de bombeo solar
  - Por suministro de agua

- Suministro a depósito o balsa

Según (Vicente, 2017):

Este tipo de sistema está enfocado a aquellas condiciones en la cual existe o es viable la implementación de un depósito a cierto nivel que gracias a la presión de la altura misma dimensionar bombas de menor potencia, y otros parámetros menos por la misma gravedad que es un factor no menor en este tipo de sistema. De esta manera el sistema no necesita ser de un dimensionamiento tan complejo (p. 4).

- Suministro directo

Según Vicente (2017):

Para este caso el suministro de agua viene directamente de la fuente originaria, en la mayoría de casos hace referencia a pozos subterráneos, ríos cercanos con un tratamiento de agua. Para este tipo de sistema las bombas son de mayor potencia ya que deben vencer la inercia del fluido estático para bombear hacia la superficie del terreno (p. 4).

- Por suministro de energía
- Suministro aislado

Según Vicente (2017):

Este tipo de sistema está empleado para el bombeo independientemente del origen de la fuente del recurso. Además, se caracteriza por no tener un sistema de red cercano o sistema de distribución a los alrededores, posee una sola alimentación eléctrica que es suministrada por los paneles solares al realizar la conversión de modo que, es un sistema independiente muy funcional para comunidades alejadas (p. 5).

- Sistema híbrido eléctrico

Según Vicente (2017):

Este sistema combina diferentes suministros eléctricos, por lo general va conectado a una red eléctrica y en pocos casos va a un grupo electrógeno. Al tener la posibilidad de alternar entre su alimentación eléctrica de la red en caso exista días muy nublados o los paneles sufran algún desperfecto, se puede considera que sería su respaldo.

Este tipo de sistemas por lo general no lleva un sistema de baterías ya que tiene la capacidad de funcionar alternativa con otra fuente (p. 5).

- Componentes de un sistema de bombeo aislado a la red

### **Módulos Fotovoltaicos**

Según Orbegozo y Arivilca (2010):

Son un agrupamiento de células fotovoltaicas, que tienen la finalidad de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica, Producen un voltaje e intensidad de corriente de acuerdo con los parámetros requeridos, está energía es de 12 VDC (voltaje en corriente continua), el cual se usa para diferentes equipos, tales como radios, grabadoras, sistemas de bombeo, aplicaciones rurales.

Si utilizamos artefactos estándar de domicilio, se debe de transformar la energía eléctrica de 12 VDC a energía alterna en 220 VAC, es el voltaje que usamos en zonas urbanas (p. 20).

### **Operación de los sistemas solares fotovoltaicos**

Según Orbegozo y Arivilca (2010):

Para un sistema fotovoltaico domiciliario (SFD), se trata de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar que capta el panel fotovoltaico, esa función básica la realiza el módulo fotovoltaico, la intensidad de energía eléctrica producida por el módulo fotovoltaico es de 12V, dependiendo de las características a implementar pueden ser de 24V o 48V.

La energía eléctrica que se genera es almacenada en banco de baterías, para que nos sirvan de respaldo y puedan ser usadas en los momentos que no contamos con energía eléctrica, se debe de realizar una correcta selección y dimensionamiento del banco de baterías, para que pueda suministrar energía en periodos que se lo requiera.

El regulador de carga es el componente de supervisar el buen funcionamiento del sistema, para no presentar sobrecarga y descarga profunda de la batería, el cual va a indicar alarmas visuales y remotas, de esta manera garantiza un buen funcionamiento del sistema (p. 19).

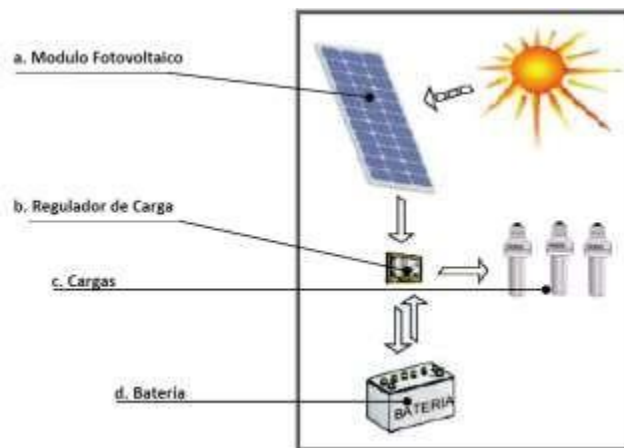


Figura 3 Piranómetro y medidor fotovoltaico

Fuente: Tomado del Manual técnico para instalaciones domiciliarias, por (Orbegozo, y Arivilca, 2010)

## Regulador de carga

Según Orbergozo y Arivilca (2010):

Este equipo tiene la finalidad de supervisar y regular los niveles de tensión, para el correcto funcionamiento entre el módulo fotovoltaico, baterías, inversor y la carga. Cumple las siguientes funciones:

- Supervisa la energía eléctrica producida de los módulos fotovoltaicos, hacia los usuarios finales.

- Supervisa que la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos sea la adecuada para el sistema de acumulación de energía.
- Supervisa que no ocurran daños en los conductores y que no se produzcan cortocircuitos.
- Supervisa que no se produzca retorno de energía desde el sistema de acumulación de energía hacia los módulos fotovoltaicos.
- Protege al sistema de acumulación de energía, de sobrecargas y descargas profundas (p. 20).



Figura 4 Regulador de carga

Fuente: Tomado del Manual técnico para instalaciones domiciliarias, por (Orbegozo, y Arivilca, 2010)

## **Acumuladores de energía o Baterías solares**

Según Orbergozo y Arivilca (2010):

Las baterías son el corazón del sistema, uno de los componentes más importantes, tiene la finalidad de almacenar energía eléctrica generado por el panel fotovoltaico y suministrarla a los equipos cuando se requiera,

- Tienen diferentes aplicaciones, se deben seleccionar baterías para aplicaciones solares.
- Se debe de proteger al banco de baterías, colocándolos en rack de baterías, y en condiciones de operación adecuada.
- Existen distintas tecnologías de baterías, tecnología de plomo ácido, níquel cadmio u otros.

- Almacenar el excedente producido en el día, para ser consumido en la noche.
- Tener una reserva que permite sobrepasar sin problemas varios días sucesivos de baja insolación (días nublados) (p. 21).



Figura 5 Acumuladores de energía

Fuente: Tomado del Manual técnico para instalaciones domiciliarias, por (Orbegozo y Arivilca, 2010)

### **Capacidad de almacenamiento**

Según Orbegozo y Arivilca (2010):

Se denomina capacidad a la cantidad de energía que puede almacenar un banco de baterías, la cual será brindada en momentos que se requieran.

La capacidad de un banco de batería se mide en amperios-hora (Ah). Esto indica la cantidad de energía que puede generar una batería antes de descargarse completamente.

Carga, descarga y estado de carga

La corriente de carga es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que está almacenada en ella.

Descarga es el estado de la batería cuando su energía está usada por una carga (por ejemplo, luces, radio, TV o bombas de agua). La corriente de descarga representa la velocidad a la que se sustrae corriente de la batería. Si desea, puede calcular la cantidad de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo (como en el caso del cargado de energía), multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga.

El estado de carga se representa como la cantidad de energía sobrante en la batería. Éste indica si una batería está completamente cargada, cargada a medias o completamente descargada (pág. 21).

## **Inversores**

Para Orbegozo y Arivilca (2010, p. 24) explica que “son los equipos que transforman la energía continua de 12V, 14V a energía alterna en 220 VAC, 50 o 60 Hz, esto aplica en casos donde el usuario requiere usar cargas convencionales”.

## **Cable**

Para Orbegozo y Arivilca (2010, p. 24) explica que “los cables que se utilizan en Sistemas Fotovoltaicos aislados son debidamente dimensionados, debido a que el nivel de tensión es bajo 12V o 24V CC, la corriente que fluye por dicho circuito es mayor”.

## **Estructura de Soporte**

Según Orbegozo y Arivilva (2010):

Cuando los módulos son colocados sobre un techo hay varias soluciones. En primer lugar, el módulo puede ser instalado sobre una estructura inclinada ya existente, si la orientación de la caída del techo es cercana a la óptima. El techo debe estar diseñado para soportar el peso extra de los módulos, o más importante, el peso extra del viento.

En segundo lugar, hay una posibilidad de integrar módulos al techo. Lo cual significa que los módulos actuarán como parte del tejado y que los materiales del techo como las tejas se ahorran. Los paneles fotovoltaicos están diseñados para ser resistentes a prueba de agua, entonces para qué invertir en materiales de construcción, lo cual implica una ventaja ya que la carga del viento se disminuye cuando los módulos están colocados en el techo más que sobre el techo.

En tercer lugar, los sistemas fotovoltaicos pueden colocarse sobre un techo plano en un marco que lo soporte. El marco deberá estar hecho de metal y fijado al techo (con pernos grandes), lo cual tiene la ventaja que se puede escoger cualquier dirección e inclinación, pero, claro, el marco aumenta los costos del sistema.

En caso no cuenten con un techo adecuado disponible, será necesario elevar el módulo a cierto nivel a fin de evitar las sombras, en todas las instalaciones los módulos deben colocarse de tal manera que estén a la mano para realizar trabajos de limpieza y mantenimiento (p. 24).

### **Bombas.**

Para Blanco y Fernandez (1994, p. 1) explique que “las bombas son los elementos que aportan energía para vencer las pérdidas de carga y la diferencia de alturas entre dos lugares. Fuerzan al fluido a circular en un determinado sentido. Aunque se puede obligar a que el fluido atraviese una bomba en sentido contrario, esta situación es anómala”.

Para Sanchez (2009, p. 77) explica que “las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante”.



Para Sanchez (2009), explica que “Los paneles fotovoltaicos incrementan o disminuyen su potencia, conforme aumenta o reduce la radiación solar. En otras palabras, la potencia que genera el sistema fotovoltaico sufre variaciones en relación al trayecto del sol, ello se ve reflejado en la potencia que entrega al sistema de bombeo”. (p. 77).

### **Bombas centrífugas**

Para Sanchez (2009), explica que “Las bombas centrífugas constan de una parte mecánica llamada impulsor, el cual succiona agua dependiendo del tipo de bomba para luego expulsar de forma radial con la finalidad de elevar el agua hacia alturas elevadas. Tienen la bondad de elevar el agua a unas alturas mayores a 60 mtrs, dependiendo de la cantidad de impulsores. Los cuales son seleccionados mediante la altura dinámica, altura total de bombeo y caudal de bombeo.” (p. 77).

### **Bombas volumétricas**

Para Sanchez (2009), explica que “Este tipo de bombas se selección cuando presentan un bajo flujo volumetrico, caudales pequeños. Existen bombas volumetricas que se diferencian por su funcionamiento, como pistones con diafragmas y otros mediante pistones cilindricos, permitiendo desplazar pequeñas cantidades del fluido hacia la altura deseada, lo cual hace que el sistema tenga un mayor rendimiento”. (p. 79).

- Parámetros básicos para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

Según Orbegozo y Arivilva (2010):

Consiste en determinar los parámetros fundamentales de todos y cada uno de los subsistemas presentes en la instalación, tomando como datos los resultados de la fase anterior, las características del consumo (energía demandada, autonomía, etc.) y otros parámetros de diseño (inclinación de los paneles FV, energía solar disponible, etc.).

Subsistema de generación, el parámetro a determinar es la potencia pico total del campo Fotovoltaico (y la potencia de otros elementos generadores, si existen). El número de módulos fotovoltaicos necesarios y su disposición serie-paralelo se determina en función de dicha potencia, la potencia pico y la tensión de cada módulo y la tensión nominal del sistema.

Subsistema de acumulación, el parámetro a determinar es la capacidad total del grupo de baterías. El número de elementos necesarios y su disposición serie-paralelo se determina en función de dicha capacidad, la capacidad y tensión de cada elemento y la tensión nominal del sistema.

Subsistema de regulación, los parámetros a determinar son la corriente máxima de entrada del regulador (procedente del campo fotovoltaico) y la corriente máxima de salida del regulador (si existe) hacia los receptores de continua.

Subsistema de acondicionamiento de potencia, el parámetro a determinar es la potencia nominal del inversor.

Instalación eléctrica, en esta última fase del diseño y dimensionado, que suele ir acompañada de la realización de esquemas y planos, se abordan los siguientes aspectos:

Diseño y configuración, se determina el modo de conexión de los distintos subsistemas y sus componentes entre sí y qué dispositivos de desconexión y protección se utilizan (automáticos, fusibles, diodos, etc.) (p. 28).

- Dimensionamiento de componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico.

Para Orbegozo y Arivilca (2010), explica que “Para poder dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico se debe tomar en cuenta las siguientes variables: distribución de agua por habitante al día, altura dinámica y total de bombeo, lo cual nos permitirá hallar la potencia del sistema hidráulico, para con ello realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Conociendo el sistema generador se elige el motor y la bomba más adecuados a su curva característica I-V, dentro del tipo que se haya seleccionado atendiendo a las características de la instalación: altura

manométrica diámetro del pozo, etc. Con ello, se procede a determinar el máximo flujo de bombeo que debe considerar el sistema hidráulico, el cual nos permite seleccionar las tuberías en base a catálogos o fichas técnicas del fabricante” (p. 27).

- Determinación del agua requerida.
  - Determinación de la potencia Hidráulica para la bomba.
  - Determinación de la energía solar disponible
  - Determinación de la potencia eléctrica.
  - Selección de la bomba.
  - Selección de los paneles fotovoltaicos.
  - Selección del Inversor.
- 
- Configuraciones del sistema de bombeo fotovoltaico.

Según Alonso y Chenlo (2012):

Las diferentes configuraciones que presenta un sistema de bombeo fotovoltaico pueden ser determinados por la combinación de distintos modelos de motores, tantos en AC como en DC, las cuales van asociados a distintos tipos de bombas (centrifugas o de desplazamiento positivo)

Se distinguen tres tipos de sistemas:

- Sistemas de baja potencia (50 a 400 Wp), los cuales utilizan principalmente un motor de corriente continua acoplado a una bomba. Ejemplos de este tipo lo constituyen los sistemas Solarjack SDS o Shurflo 9300.
- Sistemas de media potencia (400 a 1500 Wp), los cuales se puede identificar dos configuraciones diferentes: una bomba centrífuga sumergible multiestado con motor asíncrono accionado por un inversor de frecuencia variable y los formados por un motor DC sin escobillas, operando una bomba de desplazamiento positivo helicoidal, en este

contexto han de demostrar su fiabilidad de operación y brindar un ahorro económico, mostrando un futuro muy prometedor.

- El tercer tipo de sistemas de bombeo fotovoltaico está basado en la utilización de convertidores de frecuencia industriales en aplicaciones superiores al KWp. El número de sistemas de bombeo fotovoltaico de este tipo. Que han demostrado un elevado grado de confiabilidad, y buenas eficiencias de operación no son muy numerosos en el mercado (p. 26).

### 2.3.2 Normativas vigentes para el dimensionamiento

Desde los primeros proyectos de energía solar desarrollados a inicios de los años 80, la energía renovable ha evolucionado positivamente y hoy en día existe legislación y normativa, que permite la inversión privada y apoya los esfuerzos que están haciendo profesionales, empresas, universidades y ONGs por desarrollar este mercado.

A continuación, se enumeran todas las leyes, reglamentos y normas existentes:  
Energías renovables interconectadas a la red (grandes sistemas)

\* Ley N° 1002, Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

\* D. S. N° 050-2008-MEM, Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

\* Energías renovables para electrificación rural (pequeños y medianos sistemas)  
Ley N° 28749, Ley general de electrificación rural.

\* D. S. N° 011-2009-EM, Modificación del D. S. N° 025-2007-EM, Reglamento de la Ley N° 28749.

\* Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico.

\* Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domésticos (SFD)

\* Norma Técnica de Edificación EM 080, Instalaciones con energía solar  
Las Normas Técnicas Peruanas (NTP)

### 2.3.10 Recurso Hídrico

Para Vergara (2012, p. 9) explica que “los recursos hídricos son todas las fuentes naturales de agua, esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas y en todas las actividades humanas”.

Según De la Cruz (2012)

Los recursos hídricos se pueden encontrar almacenados en estado sólido, líquido o gaseoso. El agua de los océanos representa el 97% del recurso. El agua almacenada en estado sólido en los glaciares ocuparía el segundo lugar con un 2%. La cantidad restante (aguas superficiales con un 0,03% y el agua de saturación del terreno con un 0.62%) siendo una parte muy pequeña del recurso es la que permite el desarrollo de los diferentes procesos biológicos terrestres (p.16).

### 2.3.11 Ciclo Hidrológico

Para De la Cruz (2012, p. 5) explica que “el agua de los océanos, de la atmósfera y del terreno modifica, tanto su posición geográfica como su estado físico, en una serie de cambios continuos que configuran el denominado ciclo hidrológico”.



Figura 6 Ciclo Hidrológico

Fuente: Tomado del libro Geografía Física (Strahler, y otros, 1994)

### 2.3.12 Tipos de recursos Hídricos

Según De la Cruz (2012):

Los recursos hídricos de una nación o una región pueden hallarse en diferentes presentaciones, tales como:

Ríos y lagos, acumulaciones de agua dulce estancada o que fluye, y que irrigan la plataforma continental. Los ríos nacen en el hielo que se derrite en la cumbre de las montañas, y los lagos son estancamientos de dichas aguas.

Aguas subterráneas, depósitos de agua dulce bajo tierra, formados durante largos períodos de tiempo y con un mayor o menor grado de pureza, dependiendo del entorno subterráneo en el que se encuentren.

Glaciares y nieves perpetuas. El agua a ciertas alturas o a ciertas altitudes está expuesta a niveles de temperatura que la llevan a cambiar físicamente, formándose así hielos, nieves perpetuas o icebergs (p. 7).

### 2.3.12 Demanda del Recurso Hídrico

La demanda hídrica, en el marco del Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

### 2.5 Definición de términos básicos: Funcionales a la investigación del problema.

- Arreglo solar

Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados.

- Caja de conexión:

Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.

- Carga:

Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que está operando.

- Celda solar o celda fotovoltaica:

Elemento que transforma la luz solar (fotones) en electricidad. Es el insumo fundamental de los módulos solares fotovoltaicos.

- Celdas de película delgada:

Celdas fabricadas de películas del orden de los micrones de material sensible a la radiación solar.

- Condiciones de prueba estándar:

Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 KWh/m<sup>2</sup> de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1.5)

- Conexión a la red:

Sistema de generación conectado a la red pública de electricidad.

- Conexión en paralelo:

Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.

- Conexión en serie:

Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.



- Conductor eléctrico:

Todo material capaz de conducir la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica se utilizan “hilos” fabricados generalmente de cobre o aluminio.

- Consumo eléctrico:

Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (KWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

- Constante solar:

Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1.36 KW/m<sup>2</sup>.

- Contador eléctrico:

Instrumento que mide la energía consumida. Puede ser propiedad del cliente o de la empresa suministradora. Mide los consumos en KWh.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

- Si se emplea la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006 y el software Pvsyst nos permitirá cubrir la demanda del recurso hídrico en la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico.

##### **3.1.2 Hipótesis Específicas**

- Si se utiliza la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, esto nos permitirá determinar los parámetros básicos en la comunidad de Remanso.
- Si se utiliza la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, nos permitirá dimensionar adecuadamente los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico, de esa manera se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico de la comunidad Remanso.
- Si se seleccionan adecuadamente los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en base a hojas técnicas de fabricantes, se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico de la comunidad Remanso.
- Si se emplea el software Pvsyt ingresando las variables de coordenadas y datos de entrada, se validará el abastecimiento del recurso hídrico y así se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico en la comunidad Remanso.

## 3.2 Definición conceptual de variables.

### 3.2.1 Variable I:

- Sistema de Bombeo fotovoltaicos
  - Sistema conformado por paneles fotovoltaicos capaces de transformar la radiación solar en electricidad, la cual será destinada a alimentar de energía a las bombas eléctricas y poder bombear el agua para ciertos fines.

### 3.2.2 Variable II:

- Demanda del recurso hídrico
  - La demanda del recurso hídrico hace referencia a la cantidad necesaria y prevista para la distribución a los usuarios finales durante determinados periodos de tiempo.

### 3.3 Operacionalización de variable

Tabla 5 Tabla de Operacionalización de variables

<b>Variabes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Método y Técnica</b>
<b>Dimensionamiento de un Sistema de Bombeo fotovoltaico.</b>	Parámetros básicos	Radiación Demanda de agua Coordenadas Altura del pozo	4-5 kWh/(m2. día) 60 – 80 Lt / Hab / día -2.4113, -71.183 90 – 100 metros	Cuantitativo Observación
	Dimensionamiento de componentes	Caudal Potencia de la bomba	1500 – 1700 l/s 4 – 5 kW	Cualitativo Documental
	Selección de componentes	Panel fotovoltaico Bomba centrifuga Conductor Banco de baterías	300 – 350 Wp 3 – 5 kW 2 – 4 AWG 1500 – 1800 AH	Cualitativo Documental
<b>Demanda del recurso hídrico</b>	Requerimiento de agua.	Demanda de agua	60 – 80 Lt / Hab / día	Cualitativo Documental

Fuente: Elaboración propia tomado de las variables independiente y dependiente

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo y diseño de investigación.

La investigación descriptiva es uno de los tipos o procedimientos investigativos más populares y utilizados por los principiantes en la actividad investigativa. Los trabajos de grado, en los pregrados y en muchas de las maestrías, son estudios de carácter eminentemente descriptivo. En tales estudios se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etcétera (Bernal, 2010).

El diseño no experimental, define a aquella investigación en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. El diseño no experimental se divide tomando en cuenta el tiempo durante se recolectan los datos, estos son: diseño Transversal, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, el cual tiene como finalidad representar las variables. (Sampieri, 2014).

Por tanto, se concluye, que el trabajo de investigación es de tipo descriptiva y el diseño de la investigación es no experimental transversal-descriptivo, ya que se busca diseñar soluciones tecnológicas orientado a problemas de la población.



Donde:

M: Sistema de bombeo fotovoltaico.

O: Información para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

#### 4.2 Método de investigación.

Según Bernal (2010):

el método deductivo es un método de razonamiento que consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares (p. 59).

Para Bernal (2010, p. 60) explica que “el método hipotético – deductivo consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos”.

El método de investigación del trabajo es deductivo e hipotético deductivo debido a que se aplica leyes, teoremas, principios las cuales son aplicadas al dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico.

#### 4.3 Población y muestra.

Para Jany (1994, p.48), explica que “la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia”

Según Bernal (2010):

la muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio. Para la población y muestra, nos basamos en la mayor cantidad de población a beneficiar (p. 161).

Según Sampieri (2014, p. 69) expresa que “si la población es menor a cincuenta individuos, la población es igual a la muestra”

En tal sentido, la población son los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico (panel fotovoltaico, regulador de tensión, banco de baterías, bomba centrífuga), además se tomará en cuenta los mismos datos para la muestra.

#### 4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.

El lugar de estudio se encuentra en la localidad de Remanso, ubicado en el distrito de Yaguas, departamento de Loreto, y tiene una superficie aproximada de 18,059.27km<sup>2</sup>. Cuenta con aproximadamente 552 habitantes, los cuales se distribuyen en 138 viviendas familiares.

El distrito de Yaguas, limita por el norte con el distrito de Putumayo y la República de Colombia, por el este con la República de Colombia; y, por el sur y suroeste

con los distritos de Ramón Castilla y Pebas (Provincia de Mariscal Ramón Castilla).

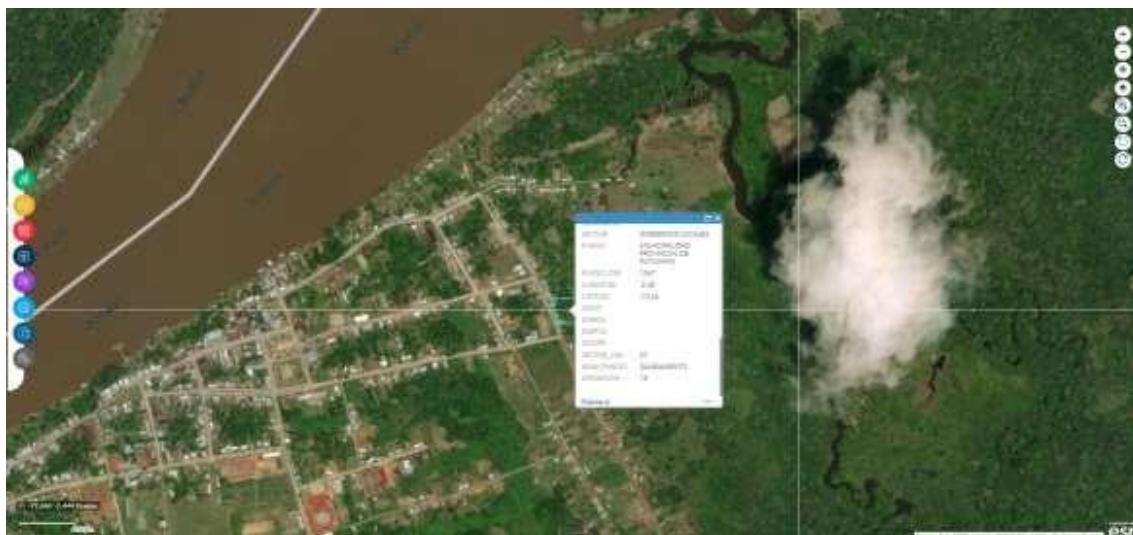


Figura 7 Vista Satelital de la Comunidad El Remanso

Fuente: Vista tomada de Google Earth

#### 4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Para el presente trabajo de investigación, se consideraron dos técnicas de recolección de datos las cuales son:

##### 4.5.1 Técnicas

La observación estructurada:

Para Sampieri (2014, p. 257) explica que “La observación, como técnica de investigación científica, es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada.

Según Sampieri (2014):

La observación estructurada es la observación en la que el observador tiene un amplio control sobre la situación objeto de estudio; por tanto, el investigador puede preparar los aspectos principales de la situación de tal forma que reduzca

las interferencias ocasionadas por factores externos al estudio y que se logren los fines de la investigación (p. 258).

#### 4.5.2 Instrumentos

##### Ficha de recolección de datos

Elaborado para contemplar por escrito las características del área en estudio, como parámetros de pozo, caudal de consumo para el abastecimiento de agua a la población beneficiaria.

##### Encuesta

Para Sampieri (2014, p.194) explica que “la encuesta se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas que se preparan con el propósito de obtener información de las personas”. Se utilizará dicho instrumento con la finalidad de recabar información relevante para el dimensionamiento del sistema.

Tabla 6 Tabla de técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Documental (buscar fuente, buscar más información)	Fichas bibliográficas, fichas técnicas, fichas de citas textuales, fichas de resumen, fichas electrónicas.
Empírica observación	Instrumentos mecánicos(cámaras), Instrumentos documentarios.

Nota: Obtenidos de trabajo desarrollado



## 4.6 Análisis Y Procesamiento De Datos

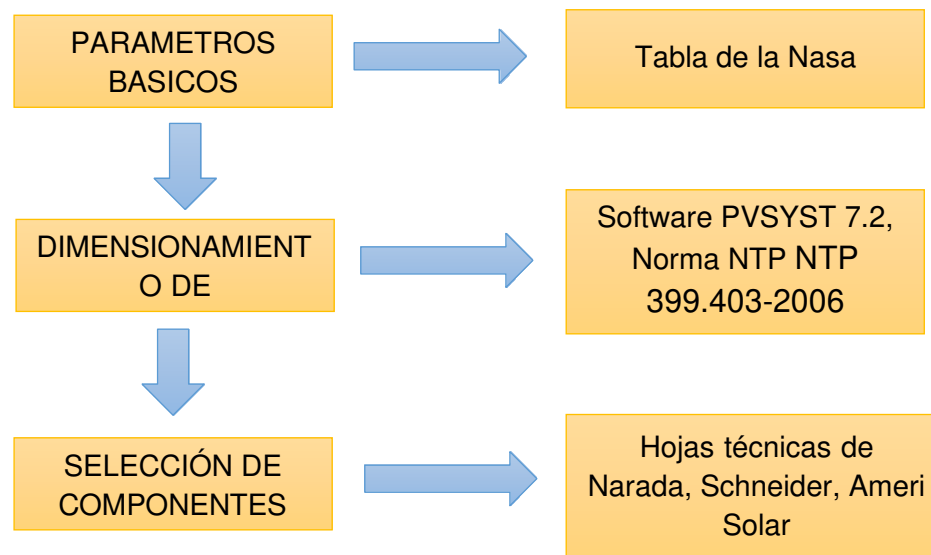


Figura 8 Procedimiento de diseño del sistema de bombeo fotovoltaico

Fuente: Obtenidos del trabajo desarrollado

### 4.6.1 Desarrollo de Ingeniería de detalle

- Determinar las coordenadas del lugar
- Determinación de la demanda del agua.
- Determinación del caudal requerido.
- Determinación de la potencia hidráulica.
- Determinación de la potencia eléctrica de bombeo.
- Determinación de la hora consumida por día.
- Determinación del número total de paneles.
- Determinación del número de paneles en serie.
- Determinación del número de paneles en paralelo.

- Determinación de la irradiancia solar e inclinación del ángulo.

### Determinación de las coordenadas del lugar

Se realizó la determinación de las coordenadas en base a Google Maps y Google Earth.

- Latitud: -2.45
- Longitud: -72.66

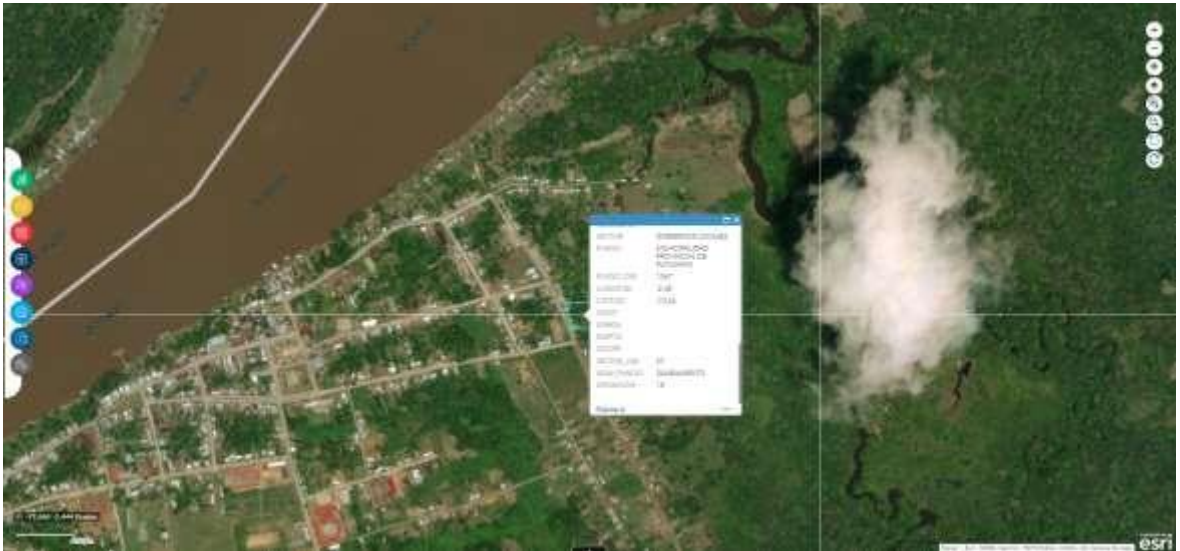


Figura 9 Vista Satelital de la Comunidad El Remanso, Yaguas, Loreto.

Fuente: Vista tomada de Google Earth

### Determinar la población de diseño

Para determinar la población de diseño es necesario considerar no solo la población inicial a beneficiar, sino tener proyección en base al índice de crecimiento poblacional anual según lo indicado por guía de opciones tecnológicas para sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural.

$$P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r}{t}\right) \quad (1)$$

Donde:

$P_i$  : Poblacion inicial (habitantes)

$P_d$  : Poblacion de diseño (habitantes)

$r$  (%): Índice de crecimiento poblacional anual, se obtiene del Instituto Nacional de Estadística e Informática en base al último censo realizado

$T$  : Periodo de diseño (años)

Según la guía mencionada anteriormente, es necesario aclarar lo siguiente respecto al Índice de crecimiento poblacional anual:

Si el valor es negativo se considera una población futura similar a la de diseño, es decir  $r = 0$ .

Según la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, en Loreto la tasa de crecimiento poblacional anual es de -0.1%.

Para nuestro caso se reemplazará la ecuación 8 con los datos en base a la memoria descriptiva de la memoria descriptiva del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

$$P_d = 552 \times (1 + 0)$$

$$P_d = 552 \text{ habitantes}$$

### Determinar la demanda de agua

Se realizo la determinación de la demanda de agua en base a la guía de opciones tecnológicas para sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural.

Tabla 7 Dotación de agua según opción de saneamiento

Región	Sin arrastre hidráulico	Con arrastre hidráulico
Costa	60 l/h/d	90 l/h/d
Sierra	50 l/h/d	80 l/h/d
Selva	70 l/h/d	100 l/h/d

Nota: Tomada de la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016, p. 20).

### Cantidad de agua consumida por día (medido):

De acuerdo a la *Tabla 7 Dotación de agua según opción de saneamiento*, la demanda de agua en poblaciones de la selva es de 70 l/h/d,

$$Q_p (l/s) = \frac{\text{Dotación} \left( \frac{lt}{\text{habit} \times \text{día}} \right) \times \text{Población de diseño (habit.)}}{24h \times \frac{60 \text{ min}}{1hr} \times \frac{60 s}{1min}} \quad (2)$$

$$Q_p (l/s) = \frac{\text{Dotación} \left( \frac{lt}{\text{habit} \times \text{día}} \right) \times \text{Población de diseño (habit.)}}{86400} \quad (3)$$

Donde:

$Q_p$  : Caudal promedio diario anual en l/s

Dotación : Dotación de agua en lt / hab. dia

$P_d$  : Poblacion de diseño (habitantes)

$$Q_p (l/s) = \frac{70 \left( \frac{lt}{\text{habit} \times \text{día}} \right) \times 552 \text{ (habit.)}}{86400}$$

$$Q_p (l/s) = \frac{70 \left( \frac{lt}{\text{habit} \times \text{día}} \right) \times 552 \text{ (habit.)}}{86400} = 0.47 \text{ l/s}$$

### Cantidad de agua máxima consumida por día:

Encontrado el caudal promedio se determina el  $Q_{md}$  con la aplicación de la ecuación 11, considerando un valor de  $K = 1.3$  del consumo promedio diario anual. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

$$Q_{md} (l/s) = 1.3 \times Q_p (l/s) \quad (4)$$

Donde:

$Q_{md}$  : Consumo máximo diario en l/s

$$Q_{md} \left( \frac{l}{s} \right) = 1.3 \times 0.47$$

$$Q_{md} \left( \frac{l}{s} \right) = 0.611 l/s$$

### Consumo máximo horario:

Una vez hallado el caudal promedio se determina el  $Q_{mh}$  con la aplicación de la formula anterior, considerando un valor de  $K = 2.0$  del consumo promedio diario anual. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

$$Q_{mh} (l/s) = 2.0 \times Q_p (l/s) \quad (5)$$

Donde:

$Q_{md}$  : Consumo máximo horario en l/s

$$Q_{mh} \left( \frac{l}{s} \right) = 2.0 \times 0.47$$

$$Q_{mh} \left( \frac{l}{s} \right) = 0.94 l/s$$

Tabla 8 Resultados teóricos de caudales máximos

Descripción	Simbología	Valor (l/s)
Caudal promedio	$Q_p$	0.47
Caudal máximo diario	$Q_{md}$	0.611
Caudal máximo horario	$Q_{mh}$	0.94
Caudal contribución al alcantarillado.	$Q_c$	0.752
Caudal de diseño	$Q_d$	1.833

Nota: Obtenido de los cálculos desarrollados

**Donde:**

$Q_c$  : De acuerdo con el Reglamento Nacional De Edificaciones, el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno del 80%.

**Sistema de regulación**

El sistema de regulación es proporcionado por el volumen del reservorio a considerar dentro del sistema. De acuerdo con la memoria descriptiva evaluada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

$$Volumen = 0.25 \times 86.4 \times Q_p \quad (6)$$

$$Volumen = 10.152 \text{ m}^3$$

Para efectos de diseño se asumirá  $11 \text{ m}^3$

Donde:

$K$  : 0.25 Factor constante de diseño

**Cálculo de caudal de bombeo**

Para el diseño del sistema y selección de la bomba, el parámetro de caudal de bombeo es imprescindible. Según (Ahumada, 2017) las siguientes formulas describen este parámetro:

$$t (s) = \frac{V}{Q_d (m^3 /s)} \quad (7)$$

$$t = \frac{11}{\frac{1.833}{1000}} = 6001.09 \text{ s}$$

$$t = 1.6 \text{ hrs} \approx 2 \text{ hrs}$$

Donde:

- V : Volumen de la cámara de bombeo.  
 Qd : Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s  
 T : tiempo de llenado t= 6001.09 segundos

$$Q_b \text{ (m}^3/\text{s)} = Q_d * \frac{t}{t_b} \quad (8)$$

$$Q_b = \frac{1.833}{1000} * \frac{2 * 60}{15} = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Donde

$t_b$  : Según (Ahumada, 2017), el tiempo de bombeo para el diseño de sistemas de bombeo es en promedio  $\frac{1}{4}$  hr, tomamos como referencia dicho valor para el dimensionamiento del sistema de bombeo.

### Cálculo de la línea de impulsión

Es de suma importancia dimensionar el diámetro del sistema de impulsión desde la bomba al reservorio, ya que es un parámetro fundamental para la selección de la bomba a adoptar al sistema.

Para determinar el diámetro se empleará la ecuación de Bresse que es aplicable a sistemas de bombeo convencionales y fotovoltaicos.

$$D_i = 1.12 \times \left(\frac{N}{4}\right)^{0.25} \times \sqrt{Q_b} \quad (9)$$

$$D_i = 1.12 \times \left(\frac{0.25}{4}\right)^{0.25} \times \sqrt{0.015}$$

$$D_i = 1.12 \times \left(\frac{0.25}{4}\right)^{0.25} \times \sqrt{0.015}$$

$$D_i = 0.068 \text{ m}$$

Donde

*N*: Número de horas de bombeo  $N = 0.25 \text{ h}$

*Q<sub>b</sub>*: Caudal de bombeo  $Q_b = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$

*D<sub>i</sub>*: Diámetro de impulsión  $D_i = 0.068 \text{ m}$

### Velocidad media de flujo

Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q_b}{\frac{\pi \times D_i^2}{4}} \quad (10)$$

$$V = \frac{0.015}{\frac{\pi \times 0.068^2}{4}} = 4 \text{ m/s}$$

### Cálculo de pérdidas de cargas en tuberías de impulsión

#### Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción (Perdidas Primarias H<sub>f</sub>)

Para hallar las pérdidas primarias por fricción en el sistema es necesario aplicar la ecuación de HAZEN-WILLIAMS, de acuerdo con (Ahumada, 2017) el cual se expresa como:



$$S = \left( \frac{Q_b}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1/0.54} \quad (11)$$

$$S = \left( \frac{0.015}{0.2785 \times 150 \times 0.068^{2.63}} \right)^{1/0.54}$$

$$S = 0.2$$

Donde

C : Coeficiente de Hazen-Williams, para nuestra investigación se dimensionará con PVC.

Di : Diámetro de Impulsión

S : Relación de Hazen-Williams

Tabla 9 Coeficiente de Hazen-Williams

Descripción de la tubería	Valor de C
Hierro Fundido Nuevo	130
Hierro Fundido 5 años	120
Hierro Fundido 10 años	110
Hierro Fundido 20 años	90-100
Concreto	120
Revestimiento de cemento	140
Plástico - PVC	150
Asbesto	140

Fuente: Datos tomados del Libro Abastecimiento de Agua y Alcantarillado,  
(Terence, 1999, p. 32)

**Con la finalidad de hallar las pérdidas por fricción se aplicará lo siguiente:**

$$H_f = S \times L \quad (12)$$

$$H_f = 0.2 \times 53$$

$$H_f = 10.6 \text{ m}$$

Dónde:

- S : Relación de Hazen-Williams
- L : Longitud de la línea de impulsión, según
- Hf : Altura de pérdidas por fricción

## 2. CALCULO DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS

En el desplazamiento del fluido durante la línea de impulsión genera pérdidas no solo en las partes rectas de la misma, sino también en accesorios, es por ello que se generan unas pérdidas adicionales.

Para determinar las perdidas secundarias en el sistema de impulsión se debe considerar los accesorios y velocidad de flujo previamente hallado:

$$H_s = \sum k \times \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

$$H_s = (0.2 + 2.7 + 0.2) \times \frac{4^2}{2 \times 9.81} = 1.42 \text{ m}$$

- V : velocidad media de flujo (m/s)
- G : gravedad
- K : sumatoria de accesorios (adimensional)
- Hs : Perdidas de carga secundarias (m)
- K1 : Válvula de compuerta K1= 0.2
- K2 : Codo de 90° (3) K2= (0.45) x 3 = 2.7
- K3 : Uniones y Empalmes K3= 2 x (0.1)= 0.2

De acuerdo con (Ahumada, 2017), los valores de k se muestran en el siguiente cuadro con el coeficiente respectivo:

Tabla 10 Factores de dimensionamiento de pérdidas

Descripción de la pieza	K
Codo 90°	0.45
Válvula de compuerta abierta	0.20
Uniones y Empalmes	0.1

Nota: Datos tomados del (Ahumada, 2017)

### Cálculo de la altura dinámica de bombeo (HDT)

Para determinar la altura total dinámica, se aplicará la siguiente ecuación:

$$HDT = H_s + H_f + L \quad (14)$$

$$HDT = 1.42 + 10.6 + 53 = 65.02$$

- L : longitud de línea de impulsión (m)  
 Hf : Perdidas de carga por fricción (m)  
 Hs : Perdidas de carga local (m)  
 HDT : Altura dinámica de bombeo (m)

### Cálculo De La Potencia De Bombeo

Se comprende como la energía requerida por la bomba para su correcto funcionamiento y se expresa en la siguiente ecuación:

$$P_B = \frac{\delta \times g \times HDT \times Q}{n_b} \quad (15)$$

$$P_B = \frac{1000 \times 9.81 \times 65.02 \times 0.015}{0.5} = 19135 \text{ w}$$

Dónde:

- $\delta$  : Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)  
 G : Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

HDT	:	Altura dinámica de bombeo (m)
Qb	:	Caudal de bombeo (m <sup>3</sup> /s)
$\eta_B$	:	Eficiencia del sistema bomba
PB	:	Potencia de la bomba

### **Dimensionamiento de la energía consumida por día**

Energía consumida en corriente continua (DC) EN WH

En la siguiente ecuación 23, se calcula la potencia en DC, Energía consumida en corriente continua (DC) EN WH, de acuerdo a Lluís Prat Viñas dimensionamiento de sistema fotovoltaico.

Para el dimensionamiento se tendrá una lámpara, que alumbrará durante 12 horas desde las 8:00 a.m., hasta las 8:00 p.m.

$$E_{DC} = \sum P_{(DC)i} * t_{di} \quad (16)$$

Potencia de la lámpara: 30 w x 12h: 360 wh

$P_{(DC)i}$ : Potencia nominal del equipo en W

$t_{di}$  : tiempo diario de uso en horas (h)

En la siguiente ecuación 24, se calcula la potencia en AC, Energía consumida en corriente continua (AC) EN WH, El único equipo en AC que consumirá será la electrobomba, el cual tienen un consumo de 19135 W según la ecuación 16, de acuerdo con Lluís Prat Viñas dimensionamiento de sistema fotovoltaico (2012)

### **Energía consumida en corriente Alterna (AC) EN WH**

$$E_{AC} = \sum P_{(AC)i} * t_{di} \quad (17)$$

$P_{(AC)i}$ : Potencia nominal del equipo i en W

$t_{di}$  : tiempo diario de llenado en horas (h)

Potencia de la electrobomba: 19135 w x 1h: 191350 wh

### CONSUMO TOTAL DIARIO EN WH

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{bat}} + \frac{E_{AC}}{n_{bat} * n_{inv}} \quad (18)$$

$$E_T = \frac{360}{0.95} + \frac{19135}{0.95 * 0.90}$$

$$E_T = 22,759 Wh.$$

donde:

$E_T$  : Consumo total diario en WH.

$n_{bat}$  : Eficiencia de la batería.

$n_{inv}$  : Eficiencia del inversor.

### Determinación de la Irradiación e inclinación, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico 2012.

Las coordenadas de latitud y longitud obtenidas anteriormente, se ingresan en la página National Aeronautics and Space Administration (NASA), en el sitio web de meteorología superficial y energía solar, donde se obtiene la radiación promedio mensual de la zona del proyecto en la tabla 5.

En la tabla 8, podemos observar la radiación promedio mensual de los últimos 3 años, desde el 2018 al 2020 para distinto ángulos de inclinación. Para que el diseño de bombeo solar fotovoltaico pueda abastecer de agua a la comunidad de remanso, cuando la radiación tenga su menor valor, se tiene que seleccionar el mes que recibe menos radiación solar y constatar con los otros ángulos de inclinación, evaluando cuál de todos estos tienen el número más alto de radiación solar.

Tabla 11. Irradiación promedio solar por mes desde el año 2018 hasta el 2020

Mes	Gd Global (KWh/m2)				
	0°	28°	36°	51°	90°
Ene	4.27	4.04	4.23	3.92	1.58
Feb	4.56	4.38	4.53	4.28	1.63
Mar	4.61	4.54	4.61	4.47	1.64
Abr	4.46	4.51	4.48	4.48	2.1
May	4.27	4.41	4.31	4.43	2.41
Jun	3.97	4.15	4.02	4.19	2.47
Jul	4.32	4.52	4.37	4.56	2.61
<u>Ago</u>	4.61	4.73	4.64	4.74	2.27
<u>Sep</u>	4.97	4.96	4.98	4.9	1.78
Oct	4.7	4.56	4.68	4.46	1.6
Nov	4.44	4.23	4.41	4.11	1.62
Dic	3.85	3.91	3.80	3.79	1.55

Fuente: Datos obtenidos desde el repositorio de La Nasa

Se desarrolla el siguiente cuadro realizando la división entre el consumo ET (22,759 kWh) por la irradiación diaria media de cada mes y cada inclinación.

Tabla 12 Consumo total en la irradiación diaria

MES	ET/Gd				
	0°	28	36	51	90
Ene	5,241	5,540	5,291	5,709	14,165
Feb	4,908	5,110	4,940	5,229	13,730
Mar	4,855	4,930	4,855	5,007	13,646
Abr	5,018	4,962	4,996	4,996	10,657
May	5,241	5,075	5,193	5,052	9,286
Jun	5,637	5,393	5,567	5,341	9,061
Jul	5,181	4,951	5,121	4,908	8,575
<u>Ago</u>	4,855	4,732	4,823	4,722	9,859
<u>Sep</u>	4,503	4,512	4,494	4,567	12,573
Oct	4,762	4,908	4,782	5,018	13,988
Nov	5,041	5,291	5,075	5,445	13,815
Dic	5,911	5,821	5,989	6,005	14,683

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 11, se elige la inclinación que tiene un cociente menor, inclinación de 28°. La irradiación para esta inclinación y este mes es de HPS = Gd (28°) = 3.91 (kWh/m2).

**Determinación del número de Paneles, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico.**

El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día, para el presente proyecto se seleccionó paneles fotovoltaicos de 320 Wp de la marca Ameri solar, recomendado por el fabricante, en la siguiente tabla 7, se pueden validar las especificaciones de los diferentes paneles y potencia.

Tabla 13 Tabla de características de paneles fotovoltaicos

Características	Módulo 280Wp	Módulo 300Wp	Módulo 320Wp
Voltaje a potencia nominal (Vmp)	31.6	32.4	33.20
Voltaje a potencia nominal (Vmpp) (60°C)	27.5	28.2	28.9
Voltaje de circuito Abierto (Voc)	38.8	39.6	40.40
Intensidad a potencia nominal (Imp)	8.87	9.26	9.64
Intensidad de Corto Circuito (Isc)	9.35	9.70	10.06
Temperatura de operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C
Voltaje máximo de sistema (VDC)	1000	1000	1000
Wp Panel	280	300	320
Largo (mm)	1640	1640	1956
Ancho (mm)	992	992	992
Ancho (mm)	35	35	35

Fuente Catalogo Ameri Solar

$$E_T = HPS * P_P * N_T \quad (19)$$

donde:

$E_T$  : Consumo total diario en WH.

HPS: Hora solar pico kWh / m<sup>2</sup>

$P_P$ : Potencia pico del panel

$N_T$ : Número de paneles

### **Cálculo del total de número de paneles por balance energético**

Se realiza el cálculo del número total de paneles, luego de obtener el cálculo total de consumo diario, irradiación promedio solar y la potencia del panel seleccionado es de 320 Wp, recomendación por parte del fabricante:

$$N_T = E_T / [HPS * P_P * P_G] \quad (20)$$

$$N_T = 22,759 / [3.91 * 320 * 0.75]$$

$$N_T = 24.25 \approx 24 .$$

donde:

$N_T$ : Número de paneles

$E_T$  : Consumo total diario en WH.

HPS: Hora solar pico.

$P_P$ : Potencia pico del panel.

$P_G$ : Factor Global de pérdidas. (Usualmente entre 0.65 y 0.9), recomendaciones del fabricante Ameri Solar.

Determinación del número de paneles en serie, de acuerdo con Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico, se realiza de acuerdo a la tensión del banco de baterías, el cual se selecciona de acuerdo a la potencia instalada:

Tabla 14 Selección de la tensión nominal del sistema Vs potencia



POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 \leq P \leq 1600 \text{ W}$	24 V
$1600 \leq P \leq 3200 \text{ W}$	48 V
$P > 3200 \text{ W}$	60, 120 O 300

Fuente: Datos obtenidos del libro Instalaciones eléctricas domésticas, convencionales y solare fotovoltaicas (Harper, 2010)

$$N_s = V_{bat} / V_P \quad (21)$$

$$N_s = 60 / 33.2$$

$$N_s = 1,8 \approx 2 .$$

donde:

$N_s$ : Número de paneles en serie

$V_{bat}$  : Tensión nominal de la batería.

$V_P$  : Tensión nominal del panel.

Se realiza la comparación con nuestro sistema de controlador, para validar que la selección de paneles será la adecuada, para la tensión mínima requerida por el controlador.

Tabla 15 Características del controlador Schneider Electric Conext TM MPPT 60 150

66Parámetros del controlador	
Rango de tensión	75 – 145
Tensión de baterías Asociado	60 VDC

**Fuente: Ficha técnica de Schneider Electric**

De acuerdo con la tabla de características, se necesita una tensión mínima de 75 VDC, por lo que con 02 paneles fotovoltaicos tendríamos una tensión de 33.2

\*2: 66.8 VDC, si utilizamos esa tensión el controlador no podría trabajar, por lo que se selecciona 3 paneles fotovoltaicos en serie y la tensión sería de  $33.2 \times 3 = 99.6$  VDC y el controlador trabajaría con normalidad.

Por lo que la cantidad de paneles en serie sería:

$$N_s = 3.$$

**Determinación del número de ramas de paneles en paralelo, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico.**

Se determina mediante la ecuación 29, el número total de paneles entre el número de serie de paneles.

$$N_p = N_T / N_s \tag{29}$$

$$N_p = \frac{24}{3} = 8.$$

donde:

$P$ : Número de ramas de paneles en paralelo

**Los valores de  $N_T$ ,  $N_S$  y  $N_P$  se redondean por exceso**

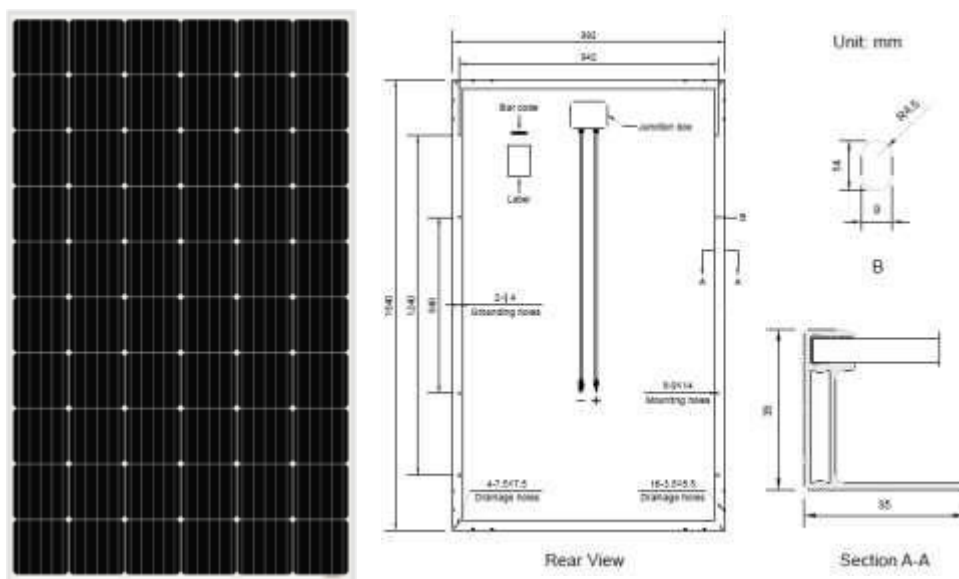


Figura 10 Imagen referencia y vista de dimensiones de los paneles fotovoltaicos modelo AS-6M30

Fuente: Tomada del catálogo de AMERISOLAR

## DIMENSIONAMIENTOS DE EQUIPOS:

- Dimensionamiento del reservorio
- Dimensionamiento del sistema de acumulación de energía.
- Dimensionamiento del controlador
- Dimensionamiento del equipo de protección.
- Dimensionamiento de la sección de cable.

Dimensionamiento del sistema de acumulación de energía, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico y norma IEC 60896-22

Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Días de autonomía D: número de días consecutivos que, en ausencia de sol, el sistema de acumulación debe respaldar la energía necesaria, para el correcto funcionamiento.
- Máxima profundidad descarga Pd (usualmente para baterías de plomo ácido Pd=0.8)

Capacidad del sistema de acumulación (baterías):

$$C_n(Ah) = \frac{D * ET}{V_{bat} * P_d} \quad (22)$$

$$C_n(Ah) = \frac{2 * 22759}{60 * 0.8}$$
$$C_n(Ah) = 948.29 AH .$$

donde:

$C_n$ : Capacidad del sistema de acumulación en AH

D : Días de autonomía en ausencia del sol

$V_{bat}$  : Tensión del banco de baterías  $V_{DC}$

*P<sub>a</sub>*: Profundidad de descarga, de acuerdo a las indicaciones del fabricante 0.7

### **Dimensionamiento del Controlador, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico y la norma EN61000-6-1.**

Para la selección de este equipo, se calcula la corriente máxima  $I_R$  que debe ser capaz de soportar la carga del sistema fotovoltaico. Se selecciona la mayor corriente  $I_G$ , corriente generada por los paneles, y  $I_C$ , corriente consumida por las cargas, de acuerdo a las ecuaciones 23.

$$I_R = \max(I_G, I_C) \quad (23)$$

**El valor de  $I_G$  será:**

$$I_G = I_{PMP} * N_P \quad (24)$$

$$I_G = 9.64 \text{ A} * 8$$

$$I_G = 9.64 * 8 = 77,12 \text{ A}$$

La corriente máxima que consume la carga será:

$$I_c = \frac{P_{DC}}{V_{BAT}} + \frac{P_{AC}}{380 \text{ V} * \sqrt{3}} \quad (25)$$

$$I_c = \frac{360}{V_{BAT}} + \frac{19135 \text{ W}}{380 \text{ V} * \sqrt{3}}$$

$$I_c = \frac{360}{60} + \frac{19135 \text{ W}}{380 \text{ V} * \sqrt{3}}$$

$$I_c = 35,0726 \text{ A}$$

La corriente máxima que deberá soportar el regulador será:

$$I_R = \max(I_G, I_C) = 77,12 \text{ A}$$

donde:

$I_{PMPP}$  : Corriente producida por cada rama en paralelo.

$N_P$  : Número de ramas en paralelo de paneles.

$P_P$  : Potencia pico del panel fotovoltaico.

$V_{PM,PP}$  : Tensión nominal del panel en punto máximo de potencia.

Según los resultados obtenidos, se selecciona la corriente máxima, la cual es 77.12 A, el regulador es de 60 A, por lo cual se requieren 02 unidades.

### **DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCION (FUSIBLE)**

El dimensionamiento para la protección del sistema de carga (fusible) en la carga, el cual emplea la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico, y va desde 1 a 2.5 de la corriente de cortocircuito, de acuerdo con el fabricante:

$$I_{fusible} = 2 X I_{cortocircuito} \quad (26)$$

Dónde:

$I_{cortocircuito}$ : Corriente de cortocircuito, (brindada por la ficha técnica del fabricante) = 10.06A

$$I_{fusible} = 20.12 \text{ A}$$

### **Dimensionamiento de la sección del cable, de acuerdo a Lluís Prat Viñas, dimensionamiento de sistema fotovoltaico**

El dimensionamiento del cableado es uno de los factores más importantes, ya que si se dimensiona un menor calibre de la corriente que debe soportar, se puede recalentar y deteriorar con el tiempo.

Para poder determinar correctamente el cableado de un sistema fotovoltaico, se deben de tener en consideración los siguientes factores y parámetros que son los siguientes: Corriente, longitud, tipo de calibre y otros parámetros. La longitud

entre los componentes del sistema se trata de que tengan los tramos más cortos, de esta manera disminuir la caída tensión, lo cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = 2 X \frac{L X I}{\Delta V X K}$$

donde:

S: Sección del conductor

L: longitud de del tramo del conductor a considerarse.

I: Intensidad de corriente que circula por el conductor.

$\Delta V$ : Caída de tensión máxima permitida en el tramo del conductor.

K: Conductividad del conductor del cable (56 Cu; 35 Al)

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) la variación de voltaje de un punto a otro debe estar en el siguiente rango:

Tabla 16 Cuadro de parámetros permisibles para la caída de tensión

SUBSISTEMA	CAÍDA TENSIÓN MÁXIMA	RECOMENDADA
PANELES – REGULADOR	3%	1%
REGULADOR – BATERÍAS	1%	0.5%
BATERÍAS – INVERSOR	1%	1%

Fuente: Datos obtenidos del libro Instalaciones eléctricas domésticas, convencionales y solare fotovoltaicas (Harper, 2010)

Sistema Panel / Regulador:

Se consideran los siguientes parámetros:

L: 15 metros

I: 20.12 A

K: 56

$\Delta V: 1,44$

$$S = 2 \times \frac{15 \times 20.12}{1.44 \times 56} : 7.48 \text{ A}$$

Se necesita un cable de 10 AWG

## SELECCIÓN DE COMPONENTES

- Selección de la bomba hidráulica
- Selección de la tubería
- Selección del sistema de acumulación de energía.
- Selección del controlador.
- Selección del inversor.
- Selección del cableado.

### Selección de la bomba Hidráulica con los siguientes parámetros, de acuerdo al catálogo Pedrollo

$$Q_d = 1.833 \frac{l}{s} * \frac{60^s}{min} = 109.98 \frac{l}{min}$$

HDT = 65.02 m

Q = 1,833 l/s = 109,98 l/min

Del catálogo de la compañía PEDROLLO, se selecciona la bomba hidráulica Tipo 4SR, electrobomba sumergible, que es la más próxima a satisfacer los datos de bombeo.

Tabla 17 Parámetros de la bomba

Fabricante	PEDROLLO
Modelo	4SR6/31
Tipo	Trifásico
Potencia	4 HP
Altura manométrica	Hasta 390 metros

Fuente: Elaboración propia

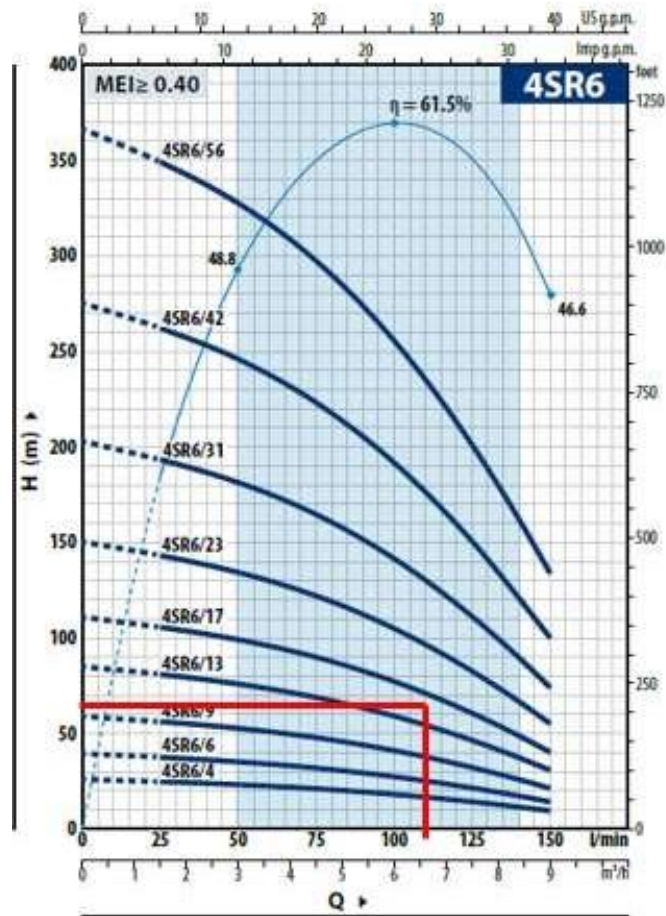


Figura 11 Selección de la bomba  
Fuente: Catalogo de bombas Pedrollo

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros								
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0		
4SRm 6/4	4SR 6/4	0.55	0.75	0	26	25	23.4	21.2	18.3	14.3	9.5		
4SRm 6/6	4SR 6/6	0.75	1	0	39.5	37.5	35	32	27.5	21.5	14.5		
4SRm 6/9	4SR 6/9	1.1	1.5	0	59	56	52.5	48	41	32.5	21.5		
4SRm 6/13	4SR 6/13	1.5	2	0	85	81	76	69	59.5	46.5	31		
4SRm 6/17	4SR 6/17	2.2	3	0	111	106	99	90	78	61	40.5		
-	4SR 6/23	3	4	0	151	143	135	122	105	82	55		
-	4SR 6/31	4	5.5	0	203	193	181	165	141	111	74		
-	4SR 6/42	5.5	7.5	0	275	262	246	223	192	151	100		
-	4SR 6/56	7.5	10	0	367	349	328	297	256	201	134		

Figura 12 Parámetros de la bomba seleccionada modelo 4SR6/31  
Fuente: Catalogo de bombas Pedrollo



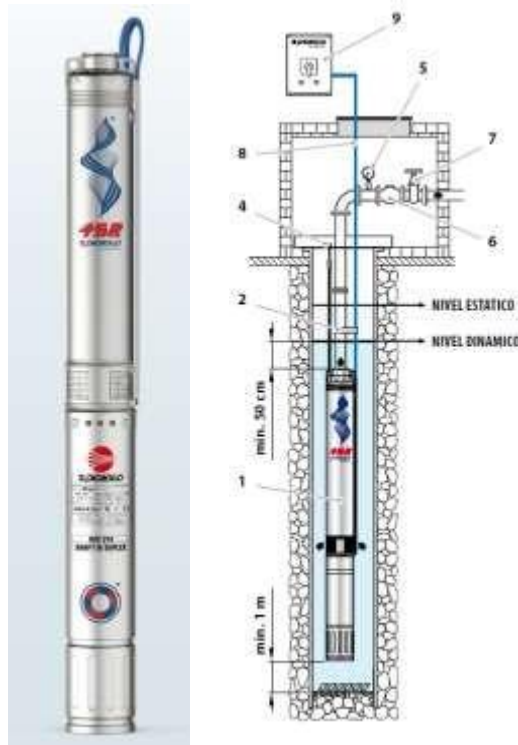


Figura 13 Imagen referencia y vista de instalación de la bomba seleccionada modelo 4SR6/31

Fuente: Tomada del catálogo de bombas Pedrollo

**Se selecciona la Electro Bomba 4SR6/23 de 3 kW**

### **Selección de la Tubería**

La velocidad media  $V_m$  queda reducida a  $V_m = 4 \text{ m/s}$  con diámetro nominal 0.068 metros que equivalen a 68 mm

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Espesor de Pared		
		M	L	K
1/4"	0.375"	0.025"	0.030"	
6.35 mm	9.525 mm	0.635 mm	0.762 mm	
3/8"	0.500"	0.025"	0.035"	0.049"
9.50 mm	12.700 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm
1/2"	0.625"	0.028"	0.040"	0.049"
12.7 mm	15.875 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.245 mm
3/4"	0.875"	0.032"	0.045"	0.065"
19 mm	22.225 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm
1"	1.125"	0.035"	0.050"	0.065"
25 mm	28.575 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm
1 1/4"	1.375"	0.042"	0.055"	0.065"
32 mm	34.925 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.651 mm
1 1/2"	1.625"	0.049"	0.060"	0.072"
38 mm	41.275 mm	1.245 mm	1.524 mm	1.829 mm
2"	2.125"	0.058"	0.070"	0.083"
51 mm	53.975 mm	1.473 mm	1.778 mm	2.108 mm
2 1/2"	2.625"	0.065"	0.080"	
64 mm	66.675 mm	1.651 mm	2.032 mm	
3"	3.125"	0.072"	0.090"	
76 mm	79.375 mm	1.889 mm	2.286 mm	
4"	4.125"	0.095"	0.110"	
102 mm	104.775 mm	2.413 mm	2.794 mm	

Figura 14 Parámetros del diámetro del sistema de tuberías  
Fuente: Tomado del catálogo Nacobre

## SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA

De los datos obtenidos:

Tensión del sistema Vdc: 60 Vdc

Capacidad AH: 948.29 Ah

Specifications			
Battery Model	Esa-1000		
Nominal Voltage	2V		
Capacity (25°C)	10HR (100A, 1.80V)	3HR (250A, 1.80V)	1HR (550A, 1.75V)
	1000AH	750AH	550AH
Dimensions	Length	Width	Height
	106mm	229mm	555mm
Approx. Weight	52kg		
Internal Resistance	Approx 0.18mΩ		
Max Charge Current Allowed	250A		
Charge Voltage (25°C)	Cycle use		Float use
	2.35V/cell		2.25V/cell
Temperature Ranges	Operation (maximum)	-40°C to 55°C (-40°F to 131°F)	
	Operation (recommended)	15°C to 25°C (59°F to 77°F)	
	Storage	-20°C to 40°C (-4°F to 104°F)	
Terminal	M8 Female		
Terminal Hardware Torque	15 ± 1.0Nm		
Container Material	ABS (V0 optional)		

Figura 15 Parámetros del sistema de acumulación de energía  
Fuente: Catalogo de Narada



Figura 16 Imagen de referencia y dimensiones del sistema de acumulación de energía

Fuente: Tomado del Catálogo NARADA

De la Figura 15 Parámetros del sistema de acumulación de energía, se seleccionó el banco de baterías Narada de 1000 Ah lo más cercano a 948.29 Ah, como son celdas de 2V, se necesitarán 30 celdas.

### **SELECCIÓN DEL CONTROLADOR MPPT**

De los datos obtenidos:

Corriente: 77.12 A

Tensión: 60 Vdc

Nombre abreviado del dispositivo	Conexión MPPT 60 150
<b>Características eléctricas</b>	
Tensión nominal de la batería	12 V, 24, 48, 96 V DC
Alimentación en la batería de la batería	0 V DC a 96 V DC
Dist. máxima de conexión de PV	Depende de la batería = 2 V
Dist. máxima de conexión de PV	100 V
Máx. tensión de circuito abierto (VOC) máxima admisible	100 V (depende de la tensión de la batería)
Máx. corriente de cortocircuito de conexión	60 A (depende de la batería)
Clasificación máxima de potencia de conexión	3600 W
Máx. corriente de carga	60 A (depende de la tensión de la batería, ver conexión PV)
Corriente máxima de salida (depende de la batería)	77,12 A a 48 V; 77,12 A a 24 V; 38,56 A a 12 V
Máx. potencia de salida	3600 W
Método de regulación de la carga	En tres etapas, constante, flotante con regulación manual. Consulte el manual de instrucciones para más detalles.
Tipo de terminal de conexión	Terminal GEL, ALU, pernos de conexión
<b>Características mecánicas</b>	
Máx. anchura de montaje del gabinete	119,7 (2 V nominal, 38% GEL) / 119,7 (24 V nominal, 38% GEL) / 119,7 (48 V nominal, 38% GEL) / 119,7 (96 V nominal)
<b>Características generales</b>	
Consumo de energía, noche	0,5 W
Temperatura de funcionamiento	0 a 40 °C
Tamaño de montaje	6 - 12 V: 100 x 100 x 40 mm
Método de montaje	Conector de montaje (001) para DNP, para los 001 (000) de 2,2 mm x 2,2 mm (17) (40) x 1 (000) 1 y el conector MPPT de aluminio
Clase de protección IP	IP20
Peso del producto	0,4 kg (0,9 lb)
Peso sin cables	0,3 kg (0,7 lb)
Dimensiones del producto (W x H x P)	100 x 100 x 40 mm (3,9 x 3,9 x 1,6 in)
Dimensiones de envío (W x H x P)	100 x 100 x 40 mm (3,9 x 3,9 x 1,6 in)
Montaje del dispositivo	Montaje en línea en panel

Figura 17 Hoja de datos del controlador  
Fuente: Tomado del catálogo de Schneider.



Figura 18 Imagen de referencia del controlador para el sistema fotovoltaico  
Fuente: Tomado del Catálogo Schneider Electric

Según la Figura 17 Hoja de datos del controlador, se seleccionaron el controlador MPPT Schneider Conext MPPT 60 150, como la corriente es 77.12 A y la capacidad del controlador es de 60 A, se seleccionan 02 controladores.

## SELECCIÓN DEL INVERSOR

Para seleccionar el equipo inversor, se deben de tener en consideración las siguientes características:

Tensión nominal de entrada en Vdc: 60 Vdc

Potencia Nominal: Etn=22,759



Figura 19 Imagen de referencia del inversor modelo SIRIO  
Fuente: Tomado del Catálogo RIELLO

El sistema de bombeo fotovoltaico presenta una potencia máxima de 22.7759w, pero se escoge un inversor de 30000W debido a que se estima una ampliación futura.

Tensión nominal del sistema: 380 VAC

Frecuencia: 60Hz

Estas son la tensión y la frecuencia nominales en Perú y por tal razón, todas las cargas funcionan con estas características.

### **SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO**

De los datos obtenido 7.48 mm<sup>2</sup>, se selecciona el calibre mayor de 10 mm<sup>2</sup>, el cual soporta hasta una corriente máxima de 74 A, lo cual se encuentra correctamente dimensionado para el sistema fotovoltaico.

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR mm <sup>2</sup>	N° HILOS	DIAMETRO HILO mm	DIAMETRO CONDUCTOR mm	ESPESOR AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO Kg/Km	AMPERAJE (*)	
							AIRE A	DUCTO A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	86
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.6	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
165	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

Figura 20 Hoja de datos del conductor  
Fuente: Catalogo de INDECO



Figura 21 Imagen de referencia del cable eléctrico NH-80 10 mm<sup>2</sup>  
Fuente: Tomado del Catálogo INDECO

## DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ACUERDO AL SOFTWARE PVSYST 7.2

Para empezar con el software nos indica el tipo de instalación que vamos a diseñar y simular, para lo cual en la pantalla nos brinda las siguientes opciones:

- a) **Conectado a red.**
- b) **Independiente.**
- c) **Bombeo.**

La opción a seleccionar es el sistema independiente



Figura 22 Ventana de inicio del software

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

Seleccionamos la opción de sistema independiente:



Figura 23 selección del tipo de diseño y simulación

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

Procedemos a colocar el nombre del Proyecto, COMUNIDAD DE REMANSO – 2021

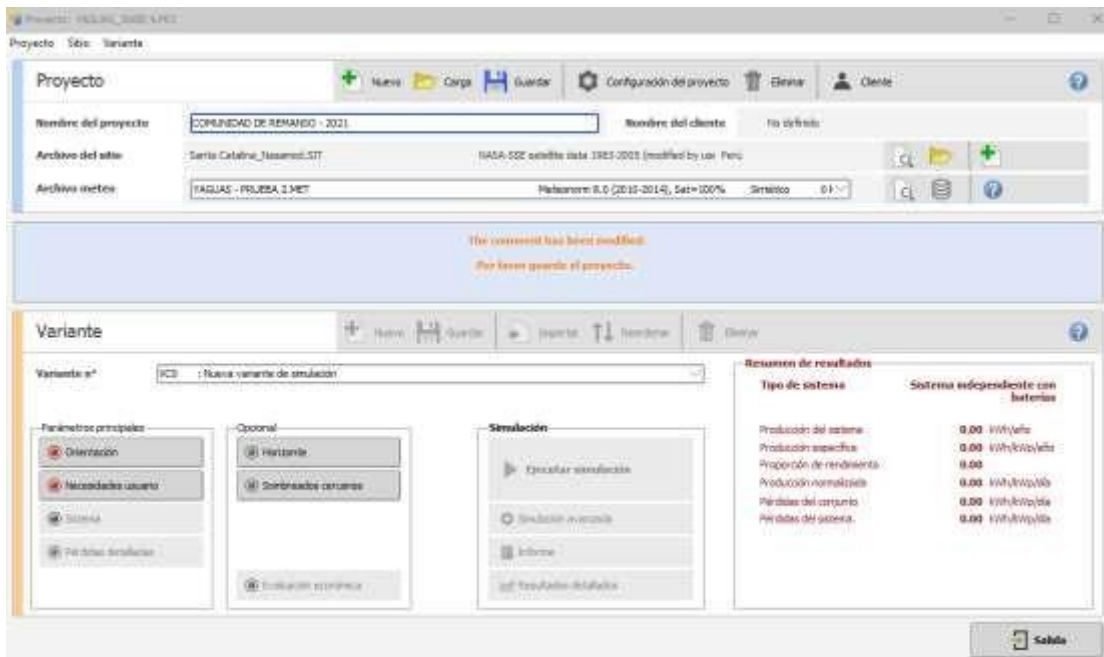


Figura 24 Introducir el nombre del proyecto

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYS 1.7.2

En la figura 16, es donde se deben de colocar el nombre del proyecto y guardar, para después ingresar a llenar las coordenadas del lugar.



Luego ingresamos las coordenadas del proyecto, la latitud y longitud tal como se muestra en la Figura N° 19

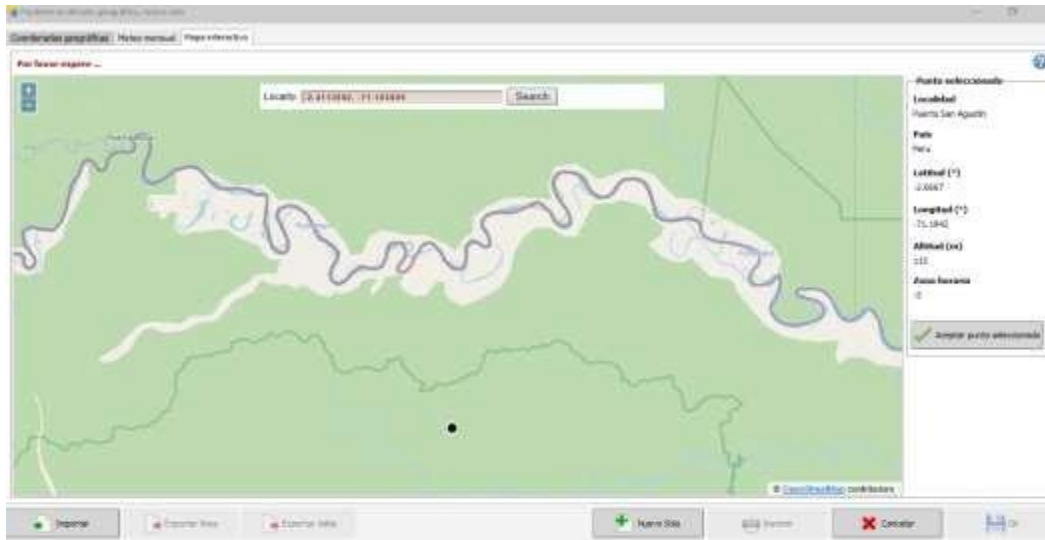


Figura 25 Ingreso de coordenadas

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la figura 49, se observa la ubicación de la comunidad de remanso la cual se ubica, introduciendo la longitud y latitud de la comunidad de remanso.

Luego se coloca el nombre del proyecto y se selecciona el aplicativo de la Nasa para importar datos:

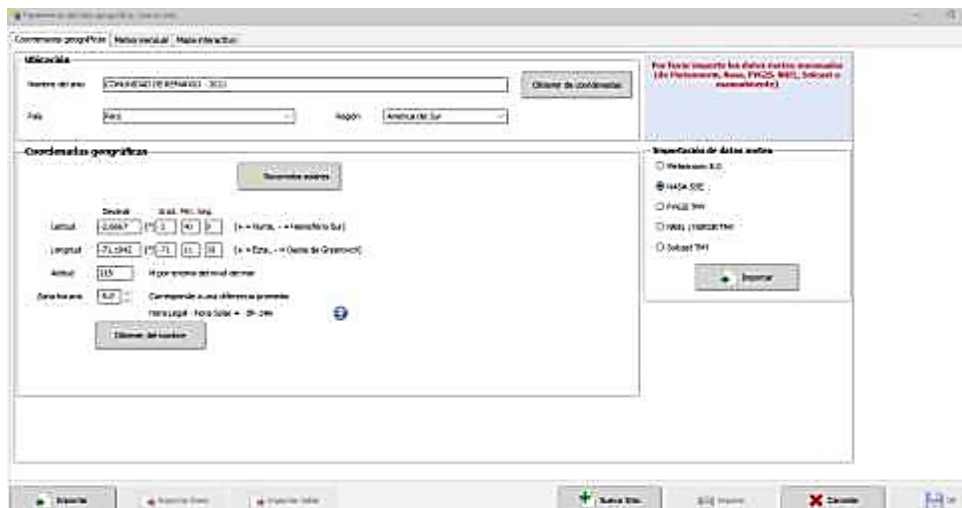


Figura 26 Ingreso del nombre del proyecto y selección de datos de la NASA

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la figura 20, se observan la latitud, longitud, altitud y zona horaria de la comunidad de remando, por otro lado, también se selecciona el aplicativo de la nasa, para que nos brinde los parámetros de irradiación.

Mediante el programa de la nasa se calculan la irradiación solar  $Kwh/m^2/día$ , según la figura 21

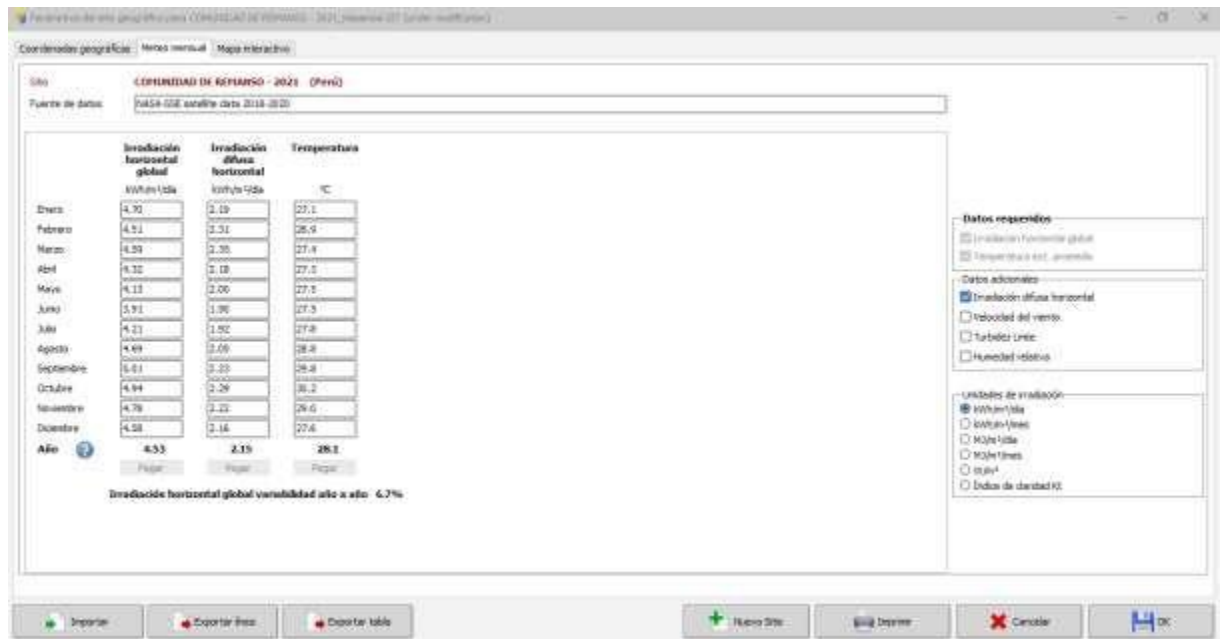


Figura 27 Parámetros de irradiación de acuerdo con la NASA

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYS 1.7.2

En la figura 21, podemos observar las irradiaciones promedias diario, por cada mes desde el año 2018 al año 2020.

El software nos solicita colocar orientación y necesidad de usuario, ver figura 22.

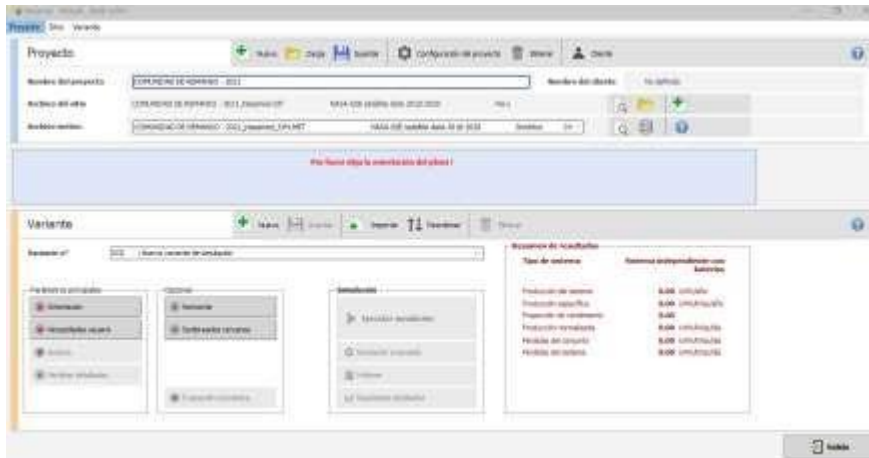


Figura 28 Orientación y necesidad de usuario

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

Se ingresa el ángulo óptimo, para que las pérdidas presentes tienda a 0, por lo cual el ángulo óptimo es de 28°C.

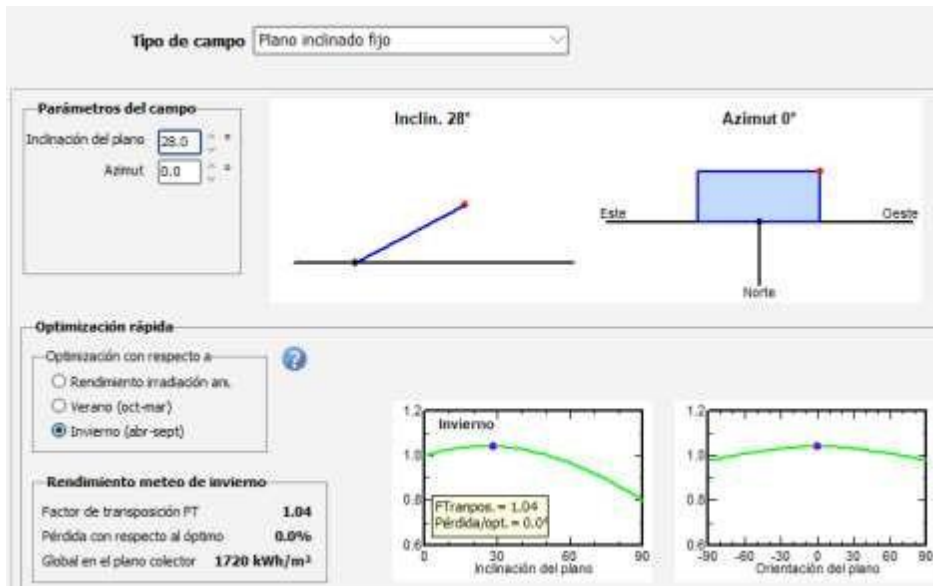


Figura 29 Ingreso del ángulo óptimo de inclinación del panel fotovoltaico

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

A continuación, se elabora la Tabla N° 13, del total de equipos en el sistema de bombeo fotovoltaico y su consumo, datos que se ingresaran el software PVSYST

Tabla N° 13: Consumo de energía del sistema fotovoltaico

Aparatoeléctrico	Cantidad	Potencia(W)	Tiempo promedio de horas de uso (h)	Consumo (Wh/día) /centropoblado
Lámparas	1	30	12	360
electrobomba	1	19135	1	19135
Consumo Total				19 495

Figura 30 Consumo de energía del sistema fotovoltaico

Fuente: obtenida del estudio de cargas realizado

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

**Definición de consumos domésticos diarios para el año.**

Consumo  Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
1	Lámparas (LED o fluo)	30 W/lámpara	12.0 h/día	OK	360 Wh
0	TV / PC / móvil	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Electrodomésticos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	24.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	2.0 h/día		0 Wh
1	ELECTROBOMBA	19135 W/apar.	1.0 h/día	OK	19135 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		1 W tot	24 h/día		24 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>19519 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>585.6 kWh/mes</b>

Info aparatos

Figura 31 Ingreso potencia de equipo

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

Seleccionamos la tensión del banco de baterías a 60 V y 2 días de autonomía, de acuerdo con la guía de Harper 2010, indicado en la tabla 14.

Definición de sistema independiente, Variante "Nueva variante de simulación", Variant "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % 
 19.5 kWh/día Ingrese autonomía solicitada  día(s) 

Voltaje de la batería (usuario)  V 
 Capacidad sugerida **765 Ah**  
 Potencia FV sugerida **7277 Wp (nom.)**

Almacenamiento **Conjunto FV** Respaldo Esquema Simplificado

**Procedimiento**

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño del conjunto FV Diseñe el conjunto FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

**Especifique el conjunto de batería**

Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante

Narada     Desde 2018

Plomo-ácido

baterías en series  baterías en paralelo

Número de baterías **30**

baterías en paralelo

Número de elementos **30**

% Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)

% Estado inicial de desgaste (estático)

Voltaje paquete de baterías **60 V**  
 Capacidad global **1000 Ah**  
 Energía almacenada (80% DOD) **48.0 kWh**  
 Peso total **1884 kg**  
 Núm. de ciclos a 80% DOD **1500**  
 Energía total almacenada durante la vida útil de la batería **80 MWh**

Figura 32 Selección de banco de baterías.

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la Figura 32 Selección de banco de baterías. nos brinda las baterías Narada, de capacidad 100 AH, con un total de 60 baterías de 2V, igual a nuestro calculo teórico realizado.

## Dimensionamiento de modulo fotovoltaico Ameri Solar y controlador Schneider Electric

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado: 5.0 %  
 19.5 kWh/día Ingrese autonomía solicitada: 2.0 día(s)

Voltaje de la batería (usuario): 60 V  
 Capacidad sugerida: 765 Ah  
 Potencia FV sugerida: 7088 Wp (nom.)

Almacenamiento | Conjunto FV | Respaldo | Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto:  
 Nombre: Conjunto FV  
 Oriente: Plano inclinado fijo  
 Inclinación: 28°  
 Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento:  
 Sin dimensionamiento  
 Ingrese potencia planeada: 7.7 kWp  
 ... o área disponible: 0 m²

Seleccione el módulo FV:  
 Todos los módulos | Ordenar módulos:  Potencia  Tecnología  
 Amerisolar | 320 Wp 28V Si-mono AS6M30-320 Desde 2021 Datasheets 2021 | Abrir

Módulos necesarios aprox. Voltajes de dimensionamiento:  
 V<sub>mpp</sub> (60°C): 28.9 V  
 V<sub>oc</sub> (-10°C): 44.8 V

Seleccione el modo de control y el controlador:  
 Controlador universal Schneider Electric  
 Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga  
 Modo operativo:  
 Acoplamiento directo  
 Convertidor MPPT  
 Convertidor CC-CC  
 Número controladores: 2  
 Voltaje de operación MPP: 75-145 V  
 Voltaje máximo de entrada: 150 V  
 Potencia controlador: 7.00 kW  
 Batería asociada: 60 V

Diseño del conjunto FV:  
 Número de módulos y cadenas debe ser/estar:  
 Mód. en serie: 3  entre 3 y 3  
 Núm. de cadena: 8  entre 6 y 10  
 Pérdida sobrecarga: 0.0%  
 Proporción P<sub>nom</sub>: 1.10  
 Núm. de módulos: 24 Área: 40 m²

Condiciones de operación:  
 V<sub>mpp</sub> (60°C): 87 V  
 V<sub>mpp</sub> (20°C): 103 V  
 V<sub>oc</sub> (-10°C): 134 V  
 Irradia. plano: 1000 W/m²  
 I<sub>mp</sub> (STC): 91.7 A  
 I<sub>sc</sub> (STC): 81.5 A  
 I<sub>sc</sub> (en STC): 80.5 A

La potencia del controlador está ligeramente sobredimensionada.  
 Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C): 9.0 kW  
**Potencia nom. conjunto (STC) 7.7 kWp**

Figura 33 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico y Controlador

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la Figura 33 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico y Controlador nos brinda el panel fotovoltaico Amerisolar 320 Wp, con un total de 24 paneles, 03 paneles en serie y 8 paneles en paralelo, igual a nuestro calculo teórico. Por otro lado, también nos brinda el controlador MPPT Schneider Electric, con un total de 02 controladores, igual a nuestro calculo teórico.



## RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN

En la Figura 34 Resultados de simulación, los resultados de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico.

Angulo de inclinación: 28°

Sistema fotovoltaico, 24 unidades, 3 paneles en serie y 8 en paralelo.

Banco de baterías, 30 unidades de 2V, capacidad 1000 AH.

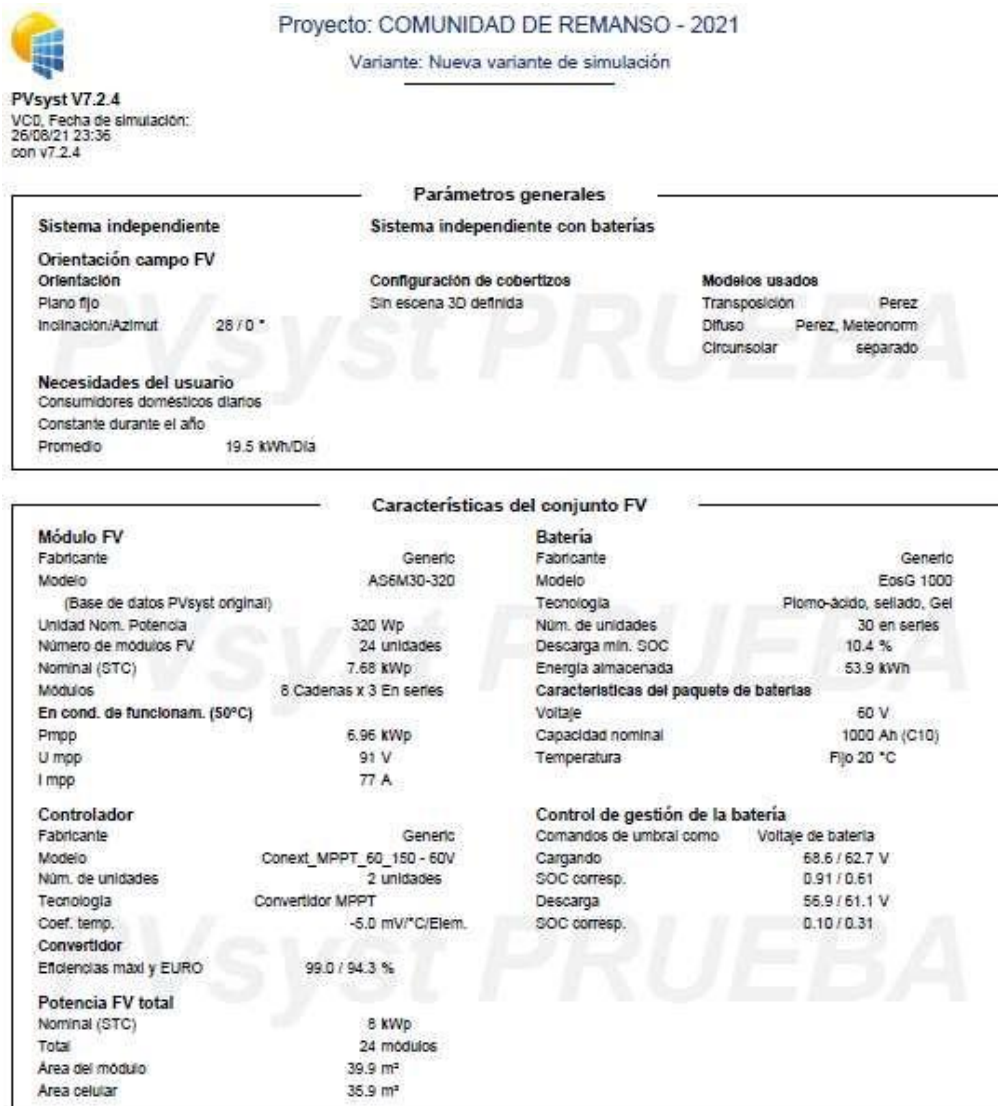


Figura 34 Resultados de simulación

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la Figura 34 Resultados de simulación se observa la energía suministrada al usuario, pérdidas del sistema y carga de batería, pérdida del conjunto fotovoltaico y energía no utilizada.

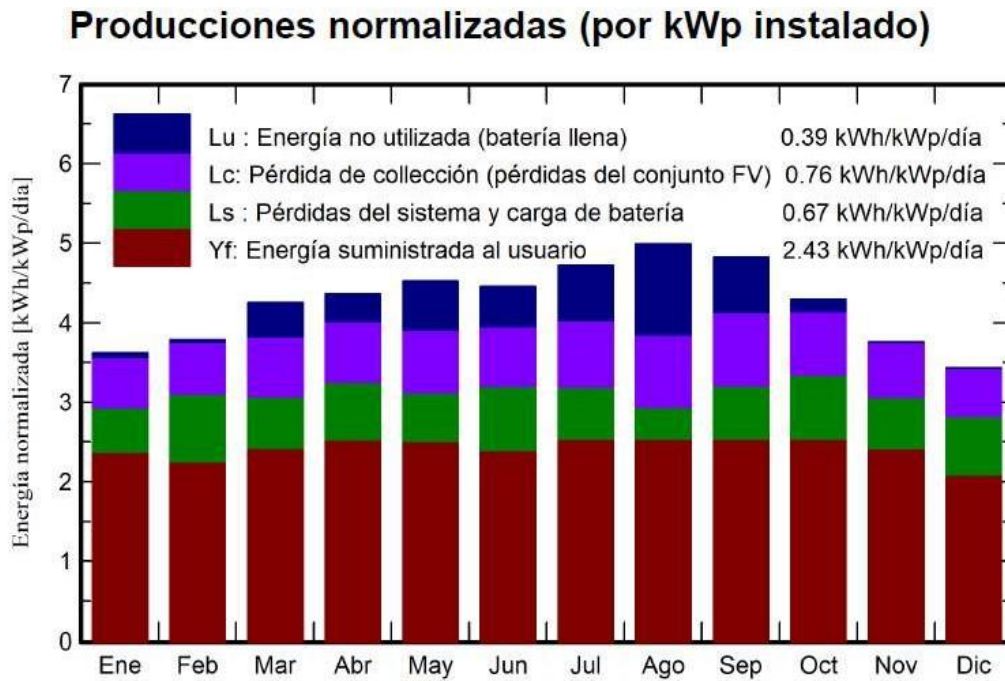


Figura 35 Factores de pérdidas del sistema

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la Figura 35 Factores de pérdidas del sistema se realiza el dimensionamiento con un rendimiento de 0,572, cercano al rendimiento global indicado en el libro de instalaciones solares fotovoltaicas (Agustin Castejon, instalaciones solares fotovoltaicas, 2010). El cual indica utilizar un factor de rendimiento global de 0,6.



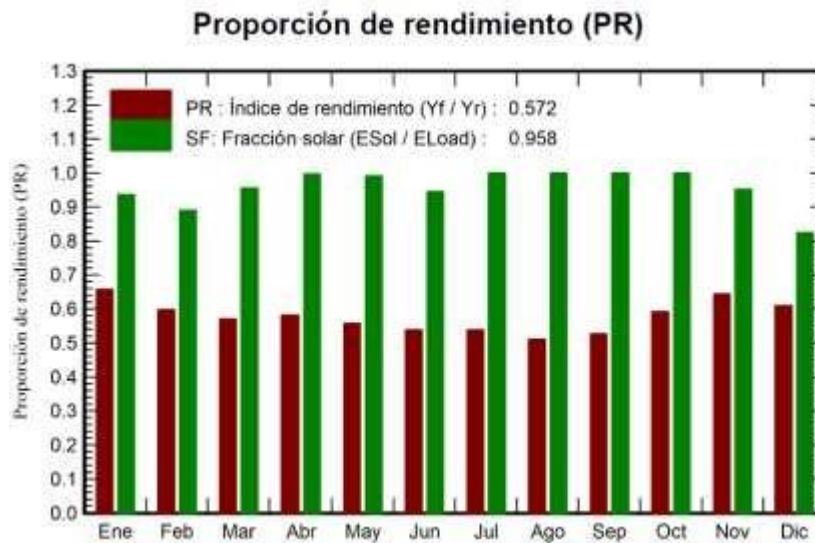


Figura 36 Utilización de la energía

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

En la Figura 37 Diagrama de perdidas en el sistema se muestra un diagrama de perdidas, desde la generación de los sistemas fotovoltaicos hasta la energía final que se entrega al sistema de bombeo fotovoltaico.



Figura 37 Diagrama de perdidas en el sistema

Fuente: Imagen obtenida del software PVSYST 1.7.2

## V. RESULTADOS

En el presente capítulo mostraremos los resultados obtenidos en la investigación, iniciando los resultados de la determinación de parámetros, dimensionamiento de componentes, selección de componentes, el cual se valida mediante la simulación con el software Pvsyst 7.2.

### Resultados de determinación de parámetros

Determinación de coordenadas

Se determino los parámetros mediante Google Earth, obteniendo las siguientes coordenadas, obteniendo los siguientes resultados:

Latitud: -2.4113882

Longitud: -71.183685

Determinación de la demanda del agua.

Se determino en base a la guía de opciones tecnológicas para sistema d abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento, obteniendo el siguiente resultado.

Demanda de agua: 70 l/h/d

Caudal de diseño, para el abastecimiento de agua

Se determino con los diferentes caudales, caudal promedio, caudal máximo diario, caudal máximo horario, caudal de contribución al alcantarillado, obteniendo el siguiente resultado.

$$Q_d: 1.833 \frac{l}{s}$$

Determinación de la potencia de bombeo.

Se determino con la altura dinámica de bombeo y caudal de bombeo, obteniendo el siguiente resultado.

$P_B: 19135 \text{ w}$

Determinación de la irradiancia solar e inclinación del ángulo.  
HPS: 3.91 (kWH/m<sup>2</sup>).

Determinación del número total de paneles.

Se determino con la energía total consumida por día, tanto en AC como en DC, las horas pico solar y la constante global de perdida, obteniendo los siguientes resultados:

Número total de paneles  $N_T$ : 24

Número de paneles en paralelo  $N_P$ : 8

Número de paneles en serie  $N_S$ : 3

### **Resultado de dimensionamiento de componentes**

Dimensionamiento del reservorio

Se dimensiono con la demanda de agua requerida por los 552 habitantes, obteniendo los siguientes resultados:

Radio: 3

Altura: 2.4

Volumen: 11 m<sup>3</sup>

Cantidad: 1

Dimensionamiento del banco de baterías

Se dimensiono mediante la energía total consumida, tanto en AC como en DC, tensión del sistema de acumulación y la profundidad de descarga, obteniendo los siguientes resultados:

Tensión del sistema: 60 Vdc

Capacidad: 948.29 AH, se deberá seleccionar el más próximo 1000 AH

Cantidad de baterías: 30 baterías de 2Vdc

Dimensionamiento del Controlador

Se dimensiono calculando la corriente máxima que debe de ser capaz de soportar el sistema fotovoltaico y la corriente generada por los paneles

fotovoltaicos, se escoge la mayor corriente, además se tiene en cuenta la tensión del banco de baterías, por lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Capacidad: 77.12 A

Tensión batería: 60 VDC

Cantidad de controladores: 2 de 60 ADC.

Dimensionamiento del Fusible:

Se dimensiono obteniendo 2 veces la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico, obteniendo los siguientes resultados:

Capacidad de los fusibles: 20.12 ADC

Cantidad: 2

Dimensionamiento del sistema de cableado

Se dimensiono calculando la corriente máxima que debe de soportar el sistema, y realizando la fórmula de caída de tensión, obteniendo los siguientes resultados:

Longitud: 15 metros

Calibre: 10 AWG libre de alógeno Indeco NH-80

Resultado de selección de componentes

Selección de la bomba hidráulica

Se selecciono con el caudal de bombeo y la altura de bombeo, obteniendo el siguiente resultado:

Marca: Bomba sumergible Pedrollo

Potencia: 4 Kw

Tensión de alimentación: 380 VAC

Tipo: Trifasico

Cantidad: 02 bombas en paralelo

Selección de la tubería

Se selecciono mediante el diámetro interno de impulsión y la velocidad media de flujo, obteniendo los siguientes resultados:

Marca: Tubería para agua Nacobre

Dimensión: 3 pulgadas, medida nominal

Selección del sistema de acumulación de energía.

Se selecciono con la capacidad del sistema de acumulación de energía y la tensión nominal, obteniendo los siguientes resultados:

Marca: Narada

Capacidad: 1000 AH

Tensión por celda: 2 Vdc

Cantidad: 30 baterías de 2 Vdc.

Selección del controlador.

Se selecciono mediante la corriente máxima del sistema y la tensión nominal del sistema de acumulación, obteniendo los siguientes resultados:

Marca: Schneider Electric

Tensión para el sistema de acumulación: 60 Vdc

Tensión de alimentación: 75 – 150 Vdc

Capacidad: 60 A

Cantidad: 2

Selección del inversor.

Se selecciono con la corriente máxima y la tensión nominal de la bomba, obteniendo los siguientes resultados:

Marca: Riello

Potencia: 30 KW

Tensión de salida: 380 VAC

Cantidad: 01

Selección del cableado.

Se selecciono mediante la capacidad máxima que circula por el sistema, considerando las perdidas por efecto Joule y otros, obteniendo los siguientes resultados:

Marca: Indeco

Calibre: 10 AWG

Los dimensionamientos del sistema de bombeo fotovoltaico se validarán con la Norma técnica peruana NTP 399.403-2006, los datos recolectados en la zona rural y el software PVSYST 7.2

### **Validación de datos teóricos con la simulación del software PVSYST 7.2**

En la tabla 18, se presenta los resultados obtenidos de los datos teóricos Vs la simulación realizada con el Software PVSYST 7.2, el cual brinda resultados similares, lo cual indica que nuestro dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico se encuentra correctamente dimensionado

Tabla 18 Tabla comparativa de datos Teórico VS Software

Descripción	SIMULADO PVSYST 7.2	TEORICO
Inclinación de los módulos fotovoltaicos	28°	28°
Orientación de los módulos fotovoltaicos	0°	0°
Numero de Paneles solares necesarios	24	24
Número de paneles en paralelo	8	8
Número de paneles en serie	3	3
Número total de baterías	30	30
Capacidad del banco de baterías	1000 AH	950 AH
Número total de reguladores	2	2
Número total de inversores	1	1
Potencia producida de los paneles	7680 W	7680 W
Rendimiento de panel fotovoltaico	16%	15%

Fuente: Obtenido del programa PVSYST 7.2 y los cálculos teóricos

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Luego se presenta la demostración de la hipótesis y contrastación con los resultados, así como la responsabilidad ética del investigador de acuerdo a los reglamentos.

Se logro cubrir la demanda del recurso hídrico en la comunidad de remanso mediante el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico, ya que los resultados expresan que lo siguiente: selección de 28 paneles, 02 controladores, 01 inversor, 01 bomba centrifuga y 01 tanque de reservorio, el sistema de bombeo tardar alrededor de 02 horas para poder llenar el tanque del reservorio y de esta manera poder cubrir la demanda del recurso hídrico de la comunidad de Remanso.

Se utilizo la norma técnica Peruana NTP 399.403-2006 y el software PVYST 7.2.

Se consiguió determinar los para metros básicos de la comunidad de remanso, mediante la norma técnica peruana NTP 399.403-2006, debido a que los resultados expresan lo siguiente, las coordenadas del lugar, determinación de la demanda de agua 70l/h/d, determinación del caudal del diseño 1.833 litros por segundo, determinación de la potencia de bombeo 19135w, determinación de la irradiación solar 3.91 kWh/m<sup>2</sup>, determinación del número total de paneles.

Se utilizo la norma técnica Peruana NTP 399.403.2006, datos obtenidos de la nasa, y la guía de dimensionamiento de sistema de bombeo fotovoltaico de Lluís Prat Viñas.

Se realizo el dimensionamiento de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico, mediante las normas NTP 399.403-2006, IEC 60896-22, EN61000-6-1, ya que los resultados expresan lo siguiente, dimensionamiento del sistema de almacenamiento de energía de 1000 AH y 60 Vdc, 02 controlador de 60A y 60 Vdc, 01 inversor de 30KW y 380 VAC, sección de calibre 10 AWG.

Se consiguió seleccionar los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico, mediante las hojas técnicas de fabricantes, los resultados expresan lo siguiente,

24 paneles fotovoltaicos monocristalinos de 320 Wp, 02 controladores de 60 A, 01 sistema de acumulación de energía de 1000 AH conformado por 30 baterías de 2Vdc, 01 bomba centrífuga de 4HP.

Se logro validar el abastecimiento del recurso hídrico en la comunidad de Remanso, mediante el Software PVSYST, el cual nos brindó los siguientes resultados, 24 paneles fotovoltaicos monocristalinos de 320 Wp, 02 controladores de 60 A, 01 sistema de acumulación de energía de 1000 AH conformado por 30 baterías de 2Vdc, parámetros similares a los teóricos.

### 6.1 Contrastación de los resultados con estudios similares

TILLER (2019), en su tesis titulada “Diseño de sistema de bombeo solar automatizado para la comunidad Wayúu de Alakat, Maicao – La Guajira (Wüin-ka’i) cuyo objetivo principal fue plantear una solución integral a la problemática que posee la comunidad Wyúu referente a la extracción y abastecimiento del recurso hídrico.

Ellos utilizaron el mismo programa PVSYST, realizando un procedimiento similar y selección de paneles fotovoltaicos, banco de baterías y controlador.

BETANZOS (2017), en su tesis titulada “Sistema de bombeo solar alternativo adaptado a una unidad de vivienda básica de FONHAPO” cuyo objetivo principal fue plantear un sistema de bombeo fotovoltaico aplicadas a las necesidades de un proyecto de vivienda básica ubicado en el municipio de Yajalón, Chiapas, México

Ellos elaboraron un procedimiento similar para el dimensionamiento del banco de baterías y seleccionaron la misma tecnología de plomo acido.

ZAMBRANO (2019), en su tesis titulada “Sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares en el sector Boyero – C.P. Porcón Alto”, que tuvo por finalidad



desarrollar las pautas para dimensionar en el centro poblado Porcón Alto, departamento Cajamarca, Perú, un sistema de bombeo de agua utilizando paneles fotovoltaicos.

Ellos realizaron un procedimiento similar para el cálculo de la demanda de agua, ya que toma las mismas tablas y referencias sobre el consumo de agua promedio por día de habitante.

AQUIMA (2019), en su tesis titulada “Proyecto de almacenamiento de energía solar fotovoltaica por hidrobombeo en la localidad de la Estrella - región Arequipa”, cuyo objetivo principal es aprovechar la radiación solar para el accionamiento del sistema de bombeo, con el fin de proveer del recurso hídrico a los habitantes de la comunidad la Estrella.

Ellos desarrollaron un procedimiento similar en el dimensionamiento del sistema hidráulico, fotovoltaico y seleccionaron bombas sumergibles similar a nuestra tesis.

## VII. CONCLUSIONES

Se desarrollo el dimensionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico, el cual está compuesto por 02 controladores, 24 paneles, 01 banco de baterías, 01 bomba sumergible, un sistema de protección. Para el logro del dimensionamiento se usó la norma NTP 399.403-2006 y para demostrar la demanda del recurso hídrico 38.640 lt/día/hab en las familias de la comunidad de remanso, se utilizó el software PVSYST 7.2.

Se realizo la determinación de los parámetros básicos para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico, el cual brinda los siguientes parámetros, coordenadas Latitud: -2.4113882; Longitud: -71.183685, demanda de agua 70 l/h/d, caudal de diseño 1.833 litros por segundo, potencia de bombeo 19135w, horas pico solar 3.91 (kWH/m<sup>2</sup>), número de paneles 24. Para el logro de la determinación de los parámetros básicos se utilizó la norma NTP 399.403-2006, datos de la Nasa y la guía de dimensionamiento de sistema de bombeo fotovoltaico de Lluís Prat Viñas.

Se realizo el dimensionamiento de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de remanso, el cual brinda los siguientes resultados, sistema de acumulación de energía de 1000 AH / 30 baterías de 2Vdc, 02 controladores de 60 A / 60 Vdc, 01 inversor de 30Kw / 380 VAC, calibre del cable 10AWG. Para el logro del dimensionamiento de los componentes del sistema se utilizaron las normas NTP 399.403.2006, IEC 60896-22, EN61000-6-1.

Se obtuvo la selección de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de remanso, el cual brinda los siguientes resultados, 24 paneles fotovoltaicos monocristalinos de 320 Wp, 02 controladores de 60 A, 01 sistema de acumulación de energía de 1000 AH conformado por 30 baterías de 2Vdc, 01 bomba centrífuga de 4HP. Para el logro de la selección de componentes se utilizaron las fichas técnicas de los fabricantes.

Se determino la validación del sistema de abastecimiento del recurso hídrico en las familias de la comunidad de Remanso, el cual brinda los siguientes resultados, 24 paneles fotovoltaicos monocristalinos de 320 Wp, 02 controladores de 60 A, 01 sistema de acumulación de energía de 1000 AH conformado por 30 baterías de 2Vdc. Para el logro de la validación del abastecimiento del recurso hídrico se utilizó el software PVSYST 7.2, el cual nos brindó los parámetros similares a la parte teórica.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda aplicar otra configuración en los bancos de baterías, para mejorar la eficiencia en el sistema de bombeo fotovoltaico.

Se sugiere trabajar con el sistema METEREONON, en vez de los datos de la Nasa, ya que son datos más exactos y pueden abarcar una mayor cantidad de años.

Se recomienda ir a campo a realizar el levantamiento de información en la zona, con los equipos adecuados, ya que debido a la pandemia no se logró ir.

En la selección de los componentes se utilizan las marcas Narada, Schneider, Indeco, se recomienda evaluar con otras marcas, para ver la eficiencia y el costo del equipamiento.

Se recomienda el uso del software PV-DesingPro-S, ya que brinda mayores detalles de pérdidas y diagramas de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico.

Realizar un comparativo entre sistema Diesel y un sistema renovable.

Se recomienda el dimensionamiento, utilizando un sistema híbrido eólico, no solamente para aprovechar la radiación solar, sino que también la energía del viento.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, R. Guía para elaborar la tesis: metodología de la investigación; cómo elaborar la tesis y/o investigación, ejemplos de diseños de tesis y/o investigación. Lima, 2001.
- AHUMADA, R. Diseño del sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica para la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017). [fecha de consulta: 18 de Julio de 2021]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5285/Ahumada\\_Valdez\\_Ramiro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5285/Ahumada_Valdez_Ramiro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ALONSO, M. y CHENLO, F. *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico* [en línea]. Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, 2016 [fecha de consulta: 20 de Julio de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/7240585-Sistemas-de-bombeo-fotovoltaico-master-en-energias-renovables-y-mercado-energetico-energia-solar-fotovoltaica-escuela-de-organizacion-industrial.html>
- AQUIMA, P. Proyecto de almacenamiento de energía solar fotovoltaica por hidrobombeo en la localidad de La Estrella - Region Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019) [fecha de consulta: 18 de Julio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10031/IMaqcapa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BAKER, J. Física Cuántica. Barcelona: Planeta, 2016. 224 pp. ISBN/ISSN: 9788434423145.
- BERNAL, C. Metodología de la investigación. 3° Edición. Bogotá: Pearson Education, 2010. 320 pp. ISBN: 9789586991285.
- BETANZOS, J. Sistema de bombeo solar alternativo adaptado a una unidad de vivienda basica de FONHAPO. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Chiapas : Universidad Autónoma de Chiapas, 2017. [fecha de consulta: 19 de Julio de 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/49967698/licenciatura\\_en\\_ingenieria\\_civil\\_sistema\\_de\\_bombeo\\_solar\\_alternativo\\_adaptado\\_a\\_una\\_unidad\\_de\\_vivienda\\_basica\\_de\\_fonhapo](https://www.academia.edu/49967698/licenciatura_en_ingenieria_civil_sistema_de_bombeo_solar_alternativo_adaptado_a_una_unidad_de_vivienda_basica_de_fonhapo).
- BLANCO, E. et al. Sistemas de Bombeo. Gijon, 1994. 230pp. ISBN 8460496775.
- CRUZ, D. Estudio del ahorro mediante bombeo solar [En línea]. Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía, 2011 [fecha de consulta: 20 de Julio

- de 2021]. Disponible en :  
[https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1807/0126\\_Cruz.pdf?sequence=1](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1807/0126_Cruz.pdf?sequence=1).
- ESPINOZA, Ciro. Metodología de la Investigación Tecnológica. Huancayo, 2010. 190pp. ISBN: 978-612-00-0222-3
- IGLESIAS, S. y GONZALES M. Evaluación de las condiciones e impactos ambientales de la explotación y aprovechamiento de minerales de oro mediante dragas en el río Yaguas-cuenca del río Putumayo [En línea]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2000. [fecha de consulta: 20 de Julio de 2021]. Disponible en:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2548>
- GONZALES, F. Manual de balances de energía útil. [En línea]. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). [En línea] 2017. [fecha de consulta: 20 de Julio de 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0382.pdf>
- HARPER, E. Instalaciones Electricas Domesticas, convencionales y Solares Fotovoltaicas. México: Limusa, 2010. 469 pp. ISBN: 9786070502040
- HERNANDEZ, R. et al. Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Censo Nacional de Población y Vivienda 1993 y 2007. 2007. [En línea]. Lima: 2008. [fecha de consulta: 15 de Julio de 2021]. Disponible en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf)
- INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Principales Indicadores Departamentales 2009-2015. [En línea]. Lima : 2016. [fecha de consulta: 15 de Julio de 2021]. Disponible en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1768/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1768/)
- INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Loreto Compendio Estadístico 2017. [En línea]. Lima : 2018. [fecha de consulta: 17 de Julio de 2021]. Disponible en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1501/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1501/libro.pdf)
- JANY, J. Investigación Integral de Mercados. Bogotá: McGraw-Hill, 1994. 486 pp. ISBN: 9789584103642

- MANRIQUE, F. y MANRIQUE J. Diseño de un sistema de bombeo y purificación de agua usando la radiación solar como fuente de energía alterna. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Montevideo : Universidad Autónoma de Occidente, 2005. [Fecha consulta : 5 de septiembre 2021]. [fecha de consulta: 15 de Julio de 2021]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/handle/10614/6188>
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural. [En línea]. Lima : 2016. [fecha de consulta: 17 de Julio de 2021]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/22029/RM-173-2016-VIVIENDA.pdf>
- MOTT, R. Mecánica de Fluidos. Naucalpan de Juárez : Pearson Educacion, 2006. 644 pp. ISBN: 9702608058.
- ÑAUPAS, H. et al. 2014. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá : Ediciones de la U, 2014. 538 pp. ISBN 978-958-762-188-4
- ORBEGOZO, C. y ARIVILCA, R. Energía Solar Fotovoltaica, Manual técnico para instalaciones domiciliarias. México : 2010. [fecha de consulta: 17 de Julio de 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ\\_a\\_solar\\_fotovoltaica\\_manual](https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ_a_solar_fotovoltaica_manual)
- STRAHLER, A. Geografía Física. Barcelona : Omega, 1994. 636 pp. ISBN: 9788428208475
- TERENCE, M. Abastecimiento de Agua y Alcantarrillado. Bogotá: McGraw-Hill, 1999. 620pp. ISBN: 9586009262.
- TILLER, L. Diseño De Sistema De Bombeo Solar Automatizado para la Comunidad Wayúu De Alakat, Maicao – La Guajira (Wüin-Ka'i). Tesis (Título de Ingeniero Mecatronico) Bucaramanga: Universidad Autónoma De Bucaramanga, 2019. [fecha de consulta: 19 de Julio de 2021]. Disponible en: [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1618/2019\\_Tesis\\_Lëmnec\\_Tiller-2-97.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1618/2019_Tesis_Lëmnec_Tiller-2-97.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- VICENTE, V. Bombeo Solar Tecnología Fotovoltaica. [En línea] 2017. [fecha de consulta: 17 de Julio de 2021]. Disponible en: [https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar\\_trabajo.pdf](https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar_trabajo.pdf).

ZAMBRANO, J. Sistema De Bombeo De Agua Utilizando Paneles Solares En El Sector Boyero – C.P. Porcón Alto. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : 2019. [fecha de consulta: 19 de Julio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23578/Zambrano%20Cueva%20Jeisner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



## ANEXOS

### A1. Matriz de consistencia

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL RECURSO HIDRICO EN LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DEL REMANSO- LORETO - 2021

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b><u>Problema principal</u></b></p> <p>➤ ¿Cómo dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico que permita cubrir la demanda de recurso hídrico de las familias en la comunidad de Remanso?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b></p> <p>Dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico que permita cubrir la demanda de recurso hídrico de las familias en la comunidad de Remanso.</p>	<p><b><u>Hipótesis general</u></b></p> <p>Si se emplea la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006 y el software Pvsyst nos permitirá cubrir la demanda del recurso hídrico en la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico.</p>	<p><b><u>Variable independiente</u></b></p> <p>X: Sistema de Bombeo fotovoltaicos</p>	<p><b><u>Tipo de investigación</u></b></p> <p>Descriptiva.</p>
<p><b><u>Problemas específicos</u></b></p> <p>¿Cómo <b>determinar los parámetros básicos</b> para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?</p>	<p><b><u>Objetivos específicos</u></b></p> <p><b>Determinar los parámetros básicos</b> para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso.</p>	<p><b><u>Hipótesis específicas</u></b></p> <p>H1: - Si se utiliza la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, esto nos permitirá determinar los parámetros básicos en la comunidad de Remanso.</p>	<p><b><u>Indicadores</u></b></p> <p><b>X1:</b> Radiación Solar</p>	<p><b><u>Diseño</u></b></p> <p>No experimental transversal descriptivo.</p>

<p>¿Cómo <b>dimensionar los componentes del sistema</b> de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?</p> <p>¿De qué manera <b>seleccionar los componentes del sistema</b> de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso?</p> <p>¿Cómo <b>validar el abastecimiento del recurso hídrico</b> en las familias de la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico?</p>	<p><b>Dimensionar los componentes del sistema</b> de bombeo fotovoltaico en la comunidad de Remanso.</p> <p><b>Seleccionar los componentes del sistema de bombeo</b> fotovoltaico en la comunidad de Remanso.</p> <p><b>Validar el abastecimiento del recurso hídrico</b> en las familias de la comunidad de Remanso mediante el dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico.</p>	<p>Si se utiliza la Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, nos permitirá dimensionar adecuadamente los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico, de esa manera se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico de la comunidad Remanso.</p> <p>Si se seleccionan adecuadamente los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico en base a hojas técnicas de fabricantes, se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico de la comunidad Remanso.</p> <p>Si se emplea el software Pvsyt ingresando las variables de coordenadas y datos de entrada, se validará el abastecimiento del recurso hídrico y así se podrá cubrir la demanda del recurso hídrico en la comunidad Remanso.</p>	<p><b>X2:</b> Inclinação del Panel</p> <p><b>X3:</b> Condiciones del terreno</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><b>Y:</b> Demanda del recurso hídrico</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p><b>Y1:</b> Requerimiento de agua.</p>	<p><b>Método</b></p> <p>Deductivo</p> <p><b>Población y muestra</b></p> <p>Componentes del sistema de bombeo fotovoltaico</p>
--	---	--	---	---

## A2. Informe de la simulación



Versión 7.2.4

# PVsyst - Informe de simulación

Sistema independiente

Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

Sistema independiente con baterías

Potencia del sistema: 7.68 kWp

COMUNIDAD DE REMANSO - 2021 - Peru

Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 1.



## Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4

VCD, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con v7.2.4

### Resumen del proyecto

<b>Sitio geográfico</b> COMUNIDAD DE REMANSO - 2021 Peru	<b>Situación</b> Latitud -2.67 °S Longitud -71.19 °W Altitud 115 m Zona horaria UTC-5	<b>Configuración del proyecto</b> Albedo 0.20
<b>Datos meteo</b> COMUNIDAD DE REMANSO - 2021 NASA-SSE satellite data 2018-2020 - Sintético		

### Resumen del sistema

<b>Sistema independiente</b> <b>Orientación campo FV</b> Plano fijo Inclinación/Azimut 26 / 0 °	<b>Sistema independiente con baterías</b> <b>Necesidades del usuario</b> Consumidores domésticos claros Constante durante el año Promedio 19.5 kWh/Día	<b>Paquete de baterías</b> Tecnología Plomo-ácido, sellado, Gel Num. de unidades 30 unidades Voltaje 60 V Capacidad 1000 Ah
<b>Información del sistema</b> Conjunto FV Num. de módulos 24 unidades Prom total 7.56 kWp		

### Resumen de resultados

Energía disponible 9303 kWh/año	Producción específica 1211 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 57.23 %
Energía usada 6824 kWh/año		Fración solar (SF) 95.79 %

### Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Necesidades detalladas del usuario	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Graficos especiales	8

Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 2.



Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4

VCO, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con v7.2.4

Parámetros generales

Sistema independiente	Sistema independiente con baterías	
<b>Orientación campo FV</b>	<b>Configuración de cobertizos</b>	
Orientación	Sin escena 3D definida	<b>Modelos usados</b>
Piano fijo		Transposición Perez
Inclinación/Azmut 28 / 0 °		Difuso Perez, Meteorom.
		Circunsolar separado
<b>Necesidades del usuario</b>		
Consumidores domésticos diarios		
Constante durante el año		
Promedio 19.5 kWh/Día		

Características del conjunto FV

Módulo FV		Batería	
Fabricante	Generico	Fabricante	Generico
Modelo	AS6M30-320	Modelo	EosG 1000
(Base de datos PVsyst original)		Tecnología	Piomo-ácido, sellado, Gel
Unidad Nom. Potencia	320 Wp	Núm. de unidades	30 en series
Número de módulos FV	24 unidades	Descarga mín. SOC	10.4 %
Nominal (STC)	7.68 kWp	Energía almacenada	53.9 kWh
Módulos	6 Cadenas x 3 En series	<b>Características del paquete de baterías</b>	
En cond. de funcionam. (50°C)		Voltaje	60 V
Pmpp	6.96 kWp	Capacidad nominal	1000 Ah (C10)
U mpp	91 V	Temperatura	Fijo 20 °C
I mpp	77 A		
<b>Controlador</b>		<b>Control de gestión de la batería</b>	
Fabricante	Generico	Comandos de umbral como	Voltaje de batería
Modelo	Conext_MPPT_60_150 - 60V	Cargando	68.6 / 62.7 V
Num. de unidades	2 unidades	SOC corresp.	0.91 / 0.61
Tecnología	Convertidor MPPT	Descarga	56.9 / 61.1 V
Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.	SOC corresp.	0.10 / 0.31
<b>Convertidor</b>			
Eficiencias máxi y EURO	99.0 / 94.3 %		
<b>Potencia FV total</b>			
Nominal (STC)	8 kWp		
Total	24 módulos		
Área del módulo	39.9 m²		
Área celular	35.9 m²		

Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 3.



Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4

VCO, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con v7.2.4

Pérdidas del conjunto

**Factor de pérdida IAM**

Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 4.



# Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4

VCD, Fecha de simulación:  
26/09/21 23:36  
con v7.2.4

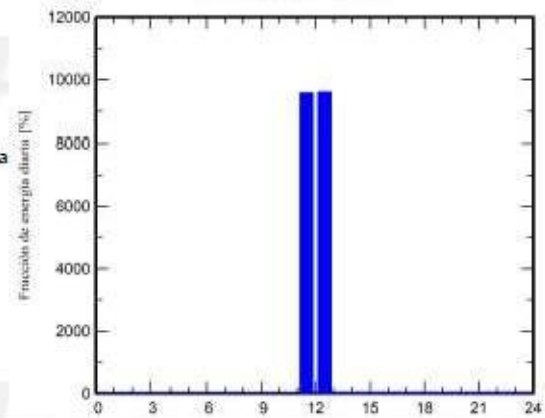
## Necesidades detalladas del usuario

Consumidores domésticos diarios, Constante durante el año, promedio = 19.5 kWh/día

### Valores anuales

	Número	Potencia W	Uso Hora/día	Energía Wh/día
Lámparas (LED o fluo)	1	30W/lámpara	12.0	360
ELECTROBOMBA	1	19135W tot	1.0	19135
Consumidores en espera			24.0	24
Energía diaria total				19519Wh/día

### Distribución por hora



Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 5.





Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

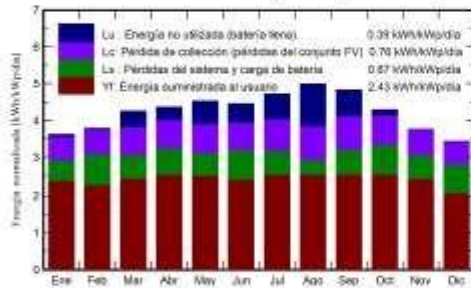
PVsyst V7.2.4

VCO, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con v7.2.4

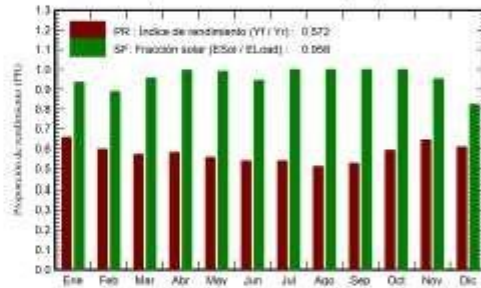
Resultados principales

<b>Producción del sistema</b>			
Energía disponible	9303 kWh/año	Producción específica	1211 kWh/kWp/año
Energía usada	6824 kWh/año	Proporción de rendimiento (PR)	57.23 %
Exceso (sin usar)	1084 kWh/año	Fración solar (SF)	95.79 %
<b>Pérdida de carga</b>		<b>Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)</b>	
Fración de tiempo	8.3 %	Ciclos SOW	94.8 %
Energía faltante	300 kWh/año	SOW estático	93.3 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEIT kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Misc kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Enero	145.7	107.6	664.6	11.5	38.5	566.6	605.1	0.936
Febrero	126.3	102.4	631.0	4.6	60.5	486.1	546.5	0.889
Marzo	142.3	128.5	793.0	102.0	26.8	578.3	605.1	0.956
Abril	129.6	127.9	786.0	77.4	1.7	583.9	585.6	0.997
Mayo	128.0	137.6	846.7	144.5	5.9	599.2	605.1	0.990
Junio	117.3	131.6	815.2	115.6	32.3	553.3	585.6	0.945
Julio	130.5	143.8	884.1	163.4	0.0	605.1	605.1	1.000
Agosto	145.4	151.9	934.1	270.4	0.0	605.1	605.1	1.000
Septiembre	150.3	141.2	862.4	159.4	0.0	585.6	585.6	1.000
Octubre	153.1	129.0	793.0	34.9	0.0	605.1	605.1	1.000
Noviembre	143.4	108.0	664.8	0.0	27.9	557.7	585.6	0.952
Diciembre	142.0	101.7	627.9	0.1	106.8	498.3	605.1	0.824
<b>Año</b>	<b>1653.9</b>	<b>1511.2</b>	<b>9302.6</b>	<b>1083.7</b>	<b>300.2</b>	<b>6824.2</b>	<b>7124.4</b>	<b>0.958</b>

Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 6.



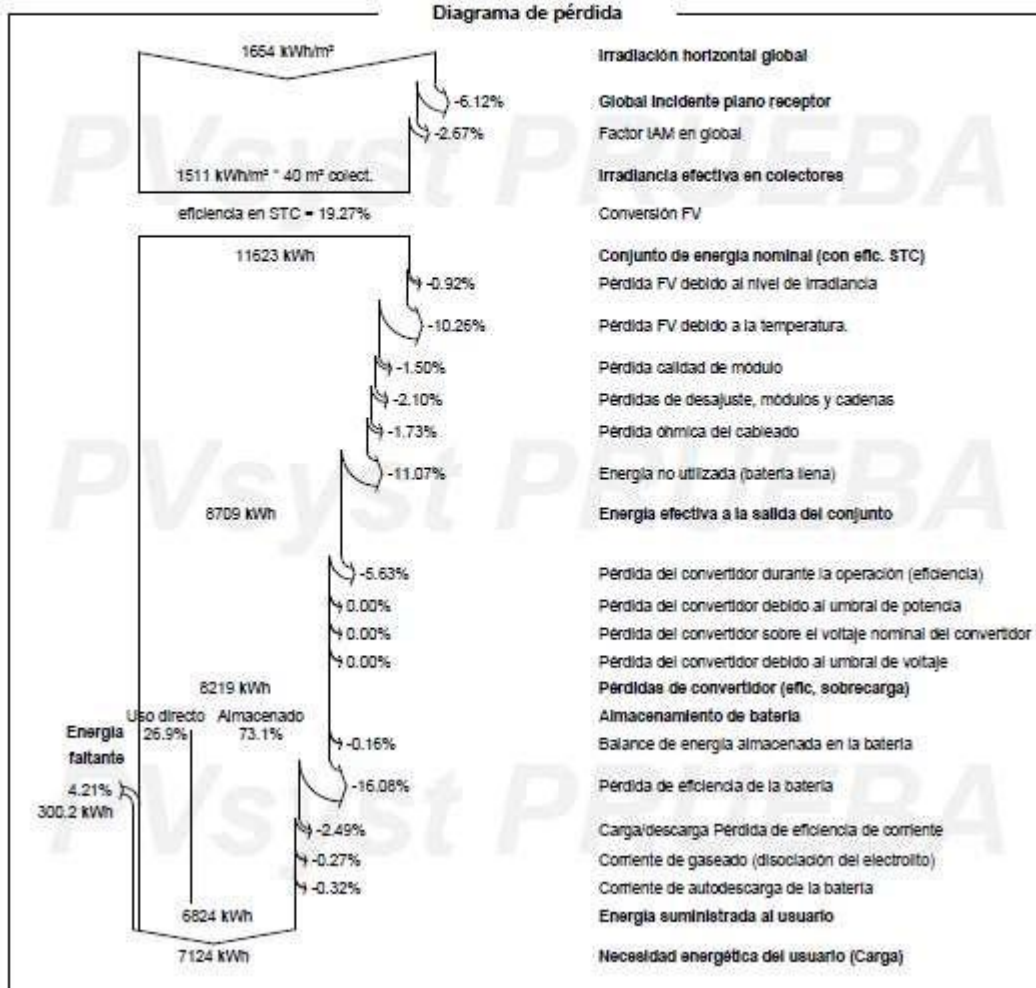


Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4

VCO, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con V7.2.4



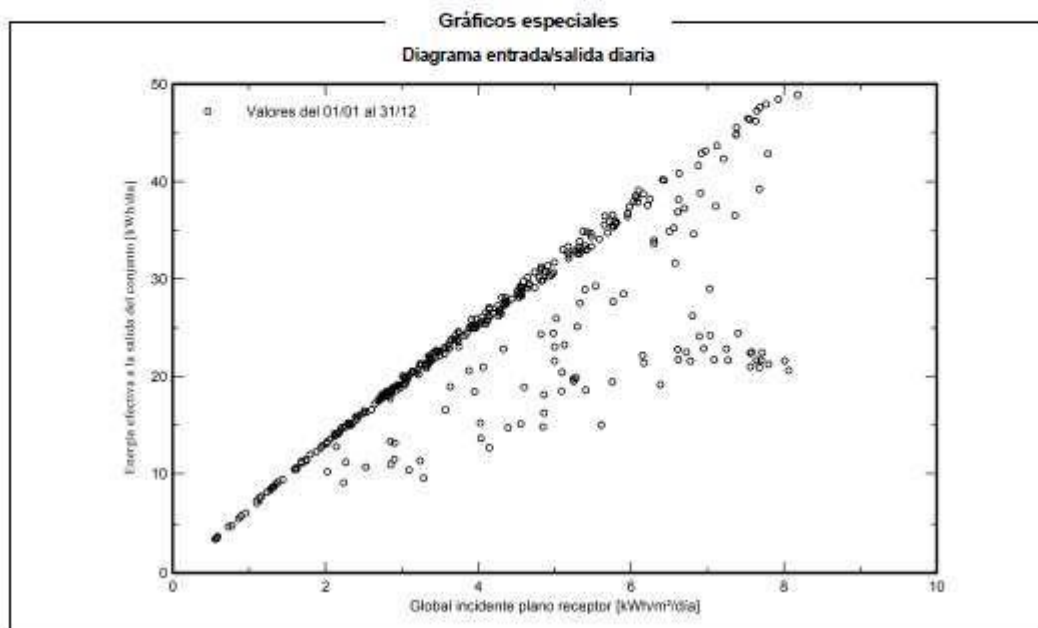
Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 7.



PVsyst V7.2.4  
VCO, Fecha de simulación:  
26/08/21 23:36  
con v7.2.4

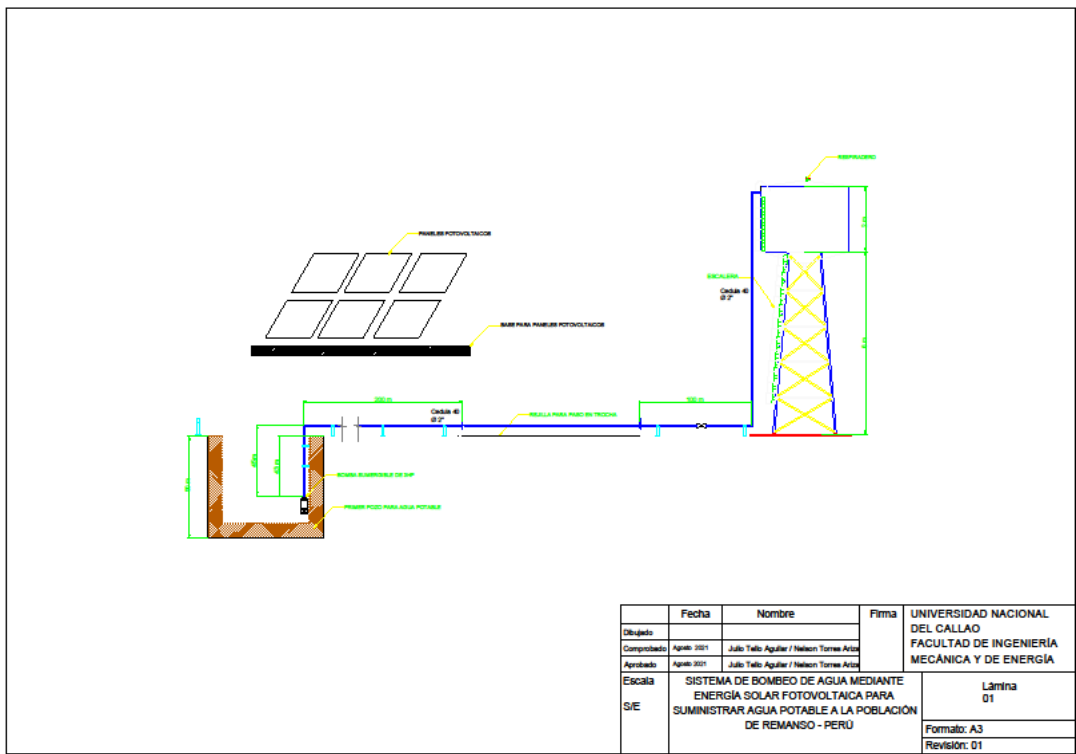
Proyecto: COMUNIDAD DE REMANSO - 2021

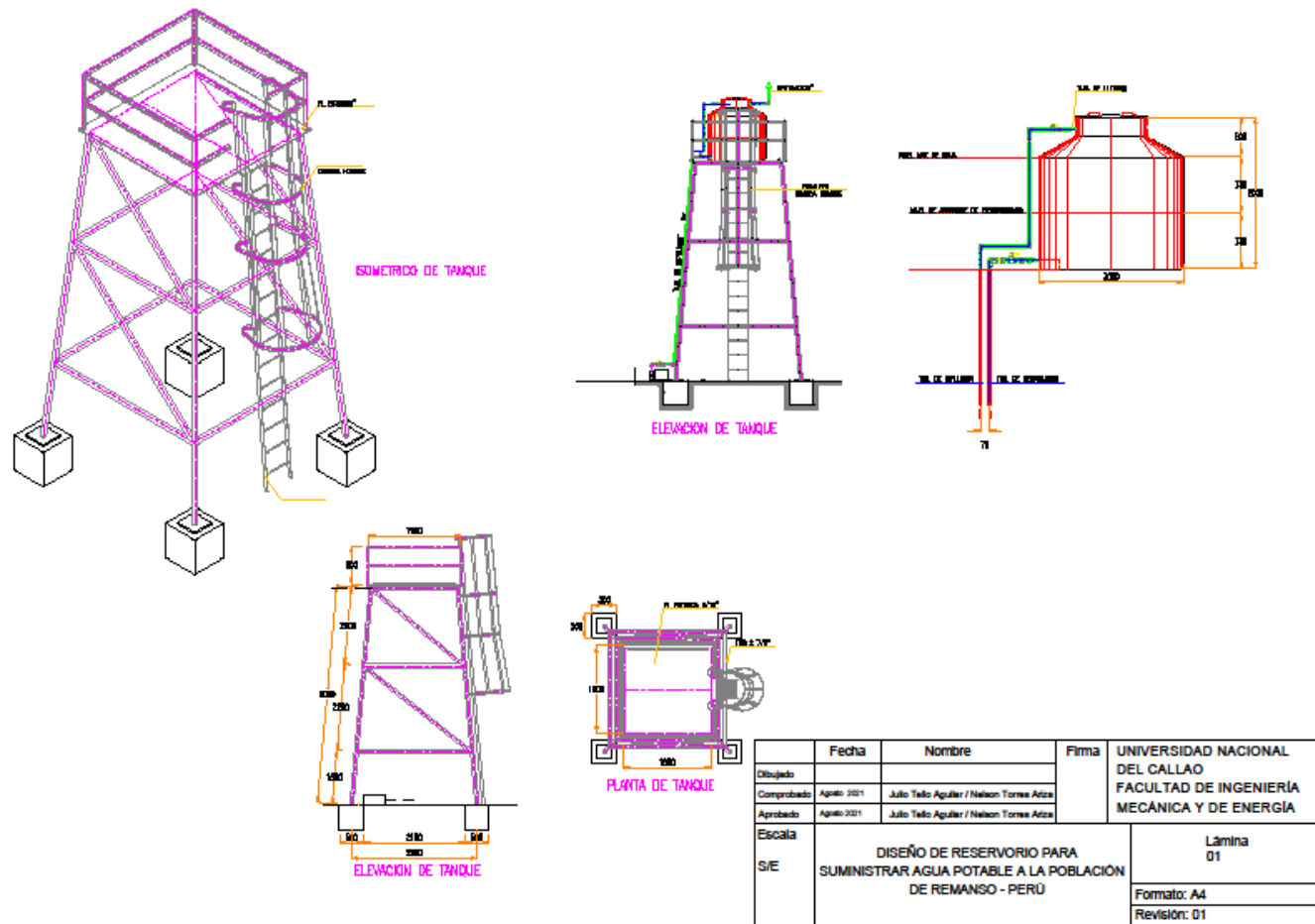
Variante: Nueva variante de simulación



Fuente: Informe de simulación software PVSYST 7.2.4, página 8.

A3. Planos del sistema de bombeo fotovoltaico





	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
Diseñado				
Comprobado	Abril 2021	Julio Tello Aguilar / Nelson Torres Atiza		
Aprobado	Abril 2021	Julio Tello Aguilar / Nelson Torres Atiza		
Escala	DISEÑO DE RESERVOIRIO PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA POBLACION DE REMANSO - PERU			Lámina 01
S/E				Formato: A4
				Revisión: 01

## A4. DataSheets – Hojas Técnicas

stored energy solutions for a demanding world

**NARADA**

**Eos**

**Eos-1000**

The Eos range of VRLA batteries offers outstanding performance including a 15+ year design life and a cycle life in excess of 1200 cycles to 80% DOD. Built to the highest standards and compliant with the latest IEC60896-2 1/2 standard this range also offers 100% capacity out-of-the-box and is capable of handling deep discharges for complete peace of mind. The use of flexible connectors and several optional racking systems allows for multiple installation possibilities. This robust design uses the latest AGM technology to create a range that is suitable for many applications including both fixed and mobile telecoms, UPS, utilities and solar.



### Specifications

Battery Model	Eos-1000			
Nominal Voltage	2V			
Capacity (25°C)	10HR (100A, 1.80V)		3HR (250A, 1.80V)	
	1000AH		750AH	
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	186mm	229mm	555mm	566mm
Approx. Weight	62kg			
Internal Resistance	Approx 0.18mΩ			
Max Charge Current Allowed	250A			
Charge Voltage (25°C)	Cycle use		Float use	
	2.35V/cell		2.25V/cell	
Temperature Ranges	Operation (maximum):		-40°C to 55°C (-40°F to 131°F)	
	Operation (recommended):		-15°C to 25°C (59°F to 77°F)	
	Storage:		-20°C to 40°C (-4°F to 104°F)	
Terminal	M8 Female			
Terminal Hardware Torque	15 ± 1.0Nm			
Container Material	ABS (V0 optional)			

### Constant Current Discharge Data Units: Amperes (25°C, 77°F)

End Voltage	Time (minutes)				Time (hours)										
	5	15	30	45	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	
1.60V	144.8	1218	990	780	652	401	294	232	192	166	130	108	91.4	49.6	
1.65V	135.8	1147	903	724	616	390	286	228	190	164	129	107	90.8	49.1	
1.70V	127.6	1085	826	678	585	376	274	220	185	160	127	105	90.0	48.9	
1.75V	120.4	1021	781	639	552	362	267	216	182	158	125	104	89.6	48.5	
1.80V	113.7	953	713	603	525	351	261	212	178	154	123	103	88.6	47.4	
1.85V	105.3	877	665	571	495	337	253	206	175	152	122	102	87.9	47.4	
1.85V	97.6	810	627	531	463	317	240	196	167	146	118	98.8	84.6	46.1	
1.90V	800	640	521	444	383	265	214	178	151	132	107	90.0	78.1	43.0	
1.94V	720	581	478	402	345	236	184	154	133	117	96	81.7	69.9	38.3	

### Constant Power Discharge Data Units: Watts per cell (25°C, 77°F)

End Voltage	Time (minutes)				Time (hours)										
	5	15	30	45	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	
1.60V	246.1	2071	1712	1450	1248	794	589	475	401	352	287	238	200	107	
1.65V	237.6	2007	1645	1388	1209	781	574	465	391	345	281	232	195	104	
1.70V	229.7	1953	1591	1340	1163	731	562	453	383	337	276	230	193	103	
1.75V	220.3	1869	1496	1256	1097	699	551	446	376	327	270	228	192	102	
1.80V	210.4	1762	1398	1171	1010	673	535	439	366	320	264	224	188	101	
1.83V	198.0	1648	1307	1091	944	648	523	427	356	311	257	220	185	98.9	
1.85V	185.5	1539	1208	1000	865	624	505	415	347	302	249	212	178	95.3	
1.90V	155.9	1247	988	820	734	562	460	384	324	285	234	199	168	89.7	
1.94V	141.1	1140	872	720	661	518	421	350	295	256	210	180	151	80.8	

Fuente: Tomada de la ficha técnica de baterías NARADA

## FREETOX NH-80

### Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

### Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

### Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

### Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

### Calibres

1.5 mm<sup>2</sup> - 300 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>, en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm<sup>2</sup>, en carretes de madera.

### Colores

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm<sup>2</sup> sólo en color negro (!).



**Norma(s) de Fabricación**  
NTP 370.252  
**Tensión de servicio**  
450/750 V  
**Temperatura de operación**  
80°C

Fuente: Tomada de la ficha técnica de conductores eléctricos INDECO



# 4SR<sup>®</sup>



## Electrobombas sumergidas de 4"



Agua limpia  
(Contenido de arena  
máximo 150 g/m<sup>3</sup>)



Utilizo doméstico



Utilizo civil



Utilizo agrícola

### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **375 l/min** (22.5 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **390 m**

### LÍMITES DE UTILIZO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m<sup>3</sup>**
- Profundidad de utilizo bajo el nivel del agua:
  - **200 m** con motores 4PD
  - **100 m** con motores 4PS
- Funcionamiento:
  - en vertical
  - en horizontal con los siguientes límites:
    - 4SR1 - 4SR1.5 - 4SR2 - 4SR4 hasta **27 etapas**
    - 4SR6 - 4SR8 - 4SR10 - 4SR12 - 4SR15 hasta **17 etapas**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

### UTILIZOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **150 g/m<sup>3</sup>**. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, para aumentar la presión etc.

### PATENTES

- Patent n° EP2419642

### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

#### MOTOR ELECTRICO

- Trifásica 400 V - 50 Hz
- Monofásica 230 V - 50 Hz
- **Condensador incluido en el embalaje**

Cable de alimentación de:

- **2 m** para potencias de 0.37 a 2.2 kW
- **3.6 m** para potencias de 3 a 7.5 kW.

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

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



REGLAMENTO (UE) N. 547/2012

### EJECUCION BAJO PEDIDO

- Otros voltajes o frecuencia 60 Hz
- Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes; recomendado para potencias desde 2.2 kW hasta 7.5 kW



CAMISA DE ENFRIAMIENTO

Fuente: Tomada de la ficha técnica de electrobombas PEDROLLO

# Controlador de carga solar Conext™ MPPT 60 150

Carga MPPT en varias etapas,  
mayor duración de la batería



## El producto en un vistazo

El dispositivo Conext™ MPPT 60 150 es un controlador de carga fotovoltaica que realiza el seguimiento del punto de potencia máximo de un conjunto fotovoltaico para proporcionar la corriente máxima disponible con la que cargar las baterías. Durante la carga, el Conext™ MPPT 60 150 regula la tensión de la batería y la corriente de salida en función de la cantidad de energía disponible en el conjunto fotovoltaico y el estado de carga de la batería.

## Aplicaciones del producto



Alimentación auxiliar



Sistemas solares residenciales con alimentación auxiliar conectados a la red



Energía solar sin conexión a la red



Electrificación comunitaria



Autoc consumo

## ¿Por qué elegir el Conext™ MPPT 60 150?

### Mayor retorno de la inversión

- El algoritmo de seguimiento de punto de máxima potencia (MPPT) busca continuamente la potencia máxima disponible del conjunto fotovoltaico.
- Mejora la duración de la batería con la carga de temperatura compensada seleccionable en varias etapas.
- Garantía estándar de cinco años.

### Flexibilidad

- Aplicación autónoma o integración total con los cargadores de inversor XW Pro, XW y SW.
- Compatible con cualquier marca de módulo fotovoltaico.
- Supervisión remota disponible.

### Fácil instalación

- Salida auxiliar configurable.
- Pantalla LCD con botones frontales para la configuración y supervisión del sistema.
- Protección por fallo de tierra fotovoltaica para conjuntos con conexión a tierra negativa.

Fuente: Tomada de la ficha técnica de controlador solar SCHNEIDER





Three Phase & Dual MPPT SIRIO 30KTL

**Intelligent, Reliable & Ultimately Efficient**

Application: Large-scale Industrial and Commercial Sites



**High Efficiency**

- Max efficiency 98,5%, European efficiency 98,0%
- Four independent MPPT to reduce solar panel power loss
- ECO mode (patent technology) to improve power generation capacity



**Secured Reliability**

- Integrated type I DC/AC surge protection to guarantee security
- Top-ranking high quality components to guarantee the long product service life



**Intelligent Maintenance**

- Small size with aluminum enclosure and easy for installation
- Intelligent one key self-test for grid connection
- Intelligent Multiple-string level failure detection for fast fault positioning



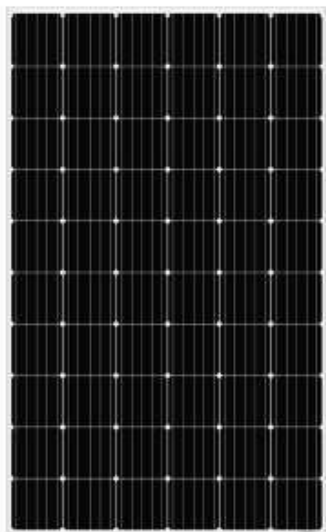
**Excellent Grid Compatibility**

- Advanced grid impedance algorithm to support parallel operation with multiple devices at large-scale power stations
- Real-time grid dispatching to meet grid-connection requirements
- Extremely low current harmonics without affecting grid quality

Fuente: Tomada de la ficha técnica del inversor solar SIRIO K

## AS-6M30

### MONOCRYSTALLINE MODULE



Passionately  
committed to  
delivering innovative  
energy solution

#### ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 19.67% through innovative five busbar cell technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 3600Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

#### CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), KS(South Korea), BIS(India), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2015: Quality management system
- ISO14001:2015: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

#### SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.

