



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL
EXTRAORDINARIA"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO
CON ENERGÍA SOLAR PARA LA
LOCALIDAD HISPON DISTRITO LA
MATANZA - MORROPON - PIURA"**

Presentado Por:

Bach. DE LA CRUZ DE LA CRUZ CARLOS IVAN

ASESOR:

Ing. JULCA OROZCO TEOBALDO EDGAR

LAMBAYEQUE - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL
EXTRAORDINARIA"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Presentado Por:

Bach. DE LA CRUZ DE LA CRUZ CARLOS IVAN

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. ING. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA.

SECRETARIO : M.Sc. ING. JORGE LUIS NOMBERRA TEMOCHE.

VOCAL : ING. PERCY EDUAR NIÑO VASQUEZ.

ASESOR : ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO.

LAMBAYEQUE - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA LOCALIDAD HISPON DISTRITO LA MATANZA - MORROPON - PIURA"

CONTENIDOS
CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II : MARCO TEORICO.
CAPITULO III : MARCO METODOLOGICO.
CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO V : ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
CAPITULO VII : REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.
CAPITULO VIII : ANEXOS, PLANOS Y OTROS.

AUTOR
Bach. DE LA CRUZ DE LA CRUZ CARLOS IVAN

Jurado Examinador

M.Sc. ING. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

PRESIDENTE

M.Sc. ING. JORGE LUIS NOMBERRA TEMOCHE

SECRETARIO

ING. PERCY EDUAR NIÑO VASQUEZ

VOCAL

ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO

ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a toda la juventud "FIME" que optan por ampliar sus conocimientos para solucionar los problemas de la sociedad, mediante el uso de nuevas alternativas energéticas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme iluminado durante toda mi vida y también quiero expresar mi agradecimiento a mis queridos padres, Angelita y Pedro, agradezco también a mi asesor el Ing. Julca Orozco Teobaldo, por brindarme su apoyo y sus enseñanzas para de esa manera poder realizar este trabajo; así mismo agradezco a cada uno de los actores que en este trabajo se mencionan que de alguna y otra manera han contribuido al desarrollo de este trabajo con sus aportes en la investigación y uso de las energías renovables.

INDICE

Capítulo I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1: problema de la investigación.....	01
1.1. Antecedentes.....	01
1.1.1. A nivel internacional.....	08
1.1.2. A nivel nacional.....	09
1.2. Realidad problemática.....	11
1.3. Formulación del problema.....	15
1.4. Zona de influencia del proyecto.....	15
1.5. Justificación de la investigación.....	16
1.6. Limitación de la investigación.....	18
1.7. Objetivos.....	19
1.7.1. Objetivo general.....	19
1.7.2. Objetivos específicos.....	19

Capítulo II

MARCO TEORICO

2. Marco teórico	21
2.1. Principio fotoeléctrico	21

2.2. Arquitectura del sistema.....	25
2.3. Bomba de agua sumergible	27
2.4. Base teoricas - cientificas	30
2.4.1. Teoria de la variables independientes.....	30
2.5. Ubicación de los elementos de un sistema de bombeo	32
2.6. Descripción del Sistema de Bombeo Fotovoltaico	34
2.6.1. Subsistema Motor Bomba.....	36
2.6.2. Subsistema de Acondicionamiento de Potencia.....	46
2.6.3. Subsistema de Acumulación.....	51
2.6.4. Otros Dispositivos.....	52
2.7. Configuraciones Típicas del Sistema de Bombeo con Accionamiento Fotovoltaico.....	53
2.8. Dimensionamiento de un Sistema de Bombeo con Accionamiento Fotovoltaico.....	55
2.8.1. Cálculo de las Necesidades Energeticas	56
2.8.1.1. Necesidades de Agua.....	56
2.8.1.2. Cálculo de la Altura Hidraulica de Bombeo.....	58
2.8.1.3. Cálculo de la energia solar disponible.....	60

2.8.1.4. Angulo optimo de inclinacion del generador fotovoltaico.....	61
2.8.1.5. Cálculo del mes Dimensionado.....	62
2.8.1.6. Dimensionado del Generador.....	62
2.8.1.7. Dimensionado de las Tuberias.....	66
2.8.1.8. Elección de la Bomba.....	66
2.9. Cálculo de Pérdidas Hidraulicas.....	68
2.9.1 Pérdidas de carga Friccionales.....	68
2.9.2 Pérdidas de Carga Singulares.....	69
2.10. Impacto Social.....	71
2.11. Impacto Ambiental.....	72
2.12. Materiales Peligrosos.....	72
2.13. Definicion de Términos para el Sistema de Bombeo con Accionamiento Fotovoltaico.....	73

Capítulo III

MARCO METODOLOGICO

3. Tipo y diseño de investigacion	80
3.1. Poblacion y muestra.....	80
3.1.1. Poblacion	80

3.1.2. Muestra	82
3.2. Hipotesis.	86
3.3. Variables operacionales.....	86
3.3.1. Nivel de radiacion solar en la localidad de hispon.....	86
3.4. Métodos y técnicas de investigación.....	95
3.4.1. Tecnicas de recoleccion de datos	95
3.5. Descripcion de los instrumentos utilizados.	95

Capítulo IV

PROPUESTA DE INVESTIGACION

4. Calculos y dimencionamiento.....	97
4.1. Calculos de las necesidades de agua.....	97
4.2. Calculo de la altura neta de bombeo.....	100
4.3. Calculo del consumo energetico.....	102
4.4 Dimencionamiento del panel fotovoltaico.....	103
4.5 Dimensionamiento de la bomba	108
4.6. Dimencionamiento del regulador.....	109
4.7. Dimensionamiento del cableado.....	110
4.8. Dimencionamiento de las protecciones.....	114

4.9. Dimensionamiento de la tubería.....	116
--	-----

Capítulo V

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

5. Planteamiento del esenario.....	117
------------------------------------	-----

5.1. Modelo planteado.....	117
----------------------------	-----

5.2. Determinacion de las necesidades de la poblacion	118
---	-----

5.2.1. Necesidades de agua de la poblacion de Hispon.....	118
---	-----

5.3. Propuesta tecnica	119
------------------------------	-----

5.3.1. Componestes del sistema.....	120
-------------------------------------	-----

5.3.2. Selección de los equipos.....	120
--------------------------------------	-----

5.4. Analisis economico	133
-------------------------------	-----

Capítulo VI

Conclusiones.....	142
-------------------	-----

Recomendaciones.....	143
----------------------	-----

Capítulo VII

Recomendaciones.....	145
----------------------	-----

Capítulo VIII

Anexos, planos.....	147
---------------------	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla.1.Valores de coeficiente k para tipos de accesorios en tubería.....	60
Tabla.2.:Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales.....	69
Tabla 3: Coeficientes de pérdida de carga K para singularidades.....	70
Tabla 4: Datos poblacionales de la localidad de Hispón.....	81
Tabla 5: Datos poblacionales de la localidad de Hispón.....	82
Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacionales de la localidad de Hispón.....	83
Tabla 7: Curva estimada de crecimiento poblacionales de la localidad de Hispón.	84
Tabla 8: población total proyectada de la localidad de Hispón.....	84
Tabla 9: Cuadro de la cantidad animales (ganado) de la localidad de Hispón.....	85
Tabla 10: Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.	87
Tabla 11: Irradiación promedio anual en el Perú según el SENAMHI.....	89
Tabla 12: Irradiación promedio mensual en la localidad de Hispon según el SENAMHI.....	90
Tabla 13: Curva de radiación del día más crítico del mes de Julio.....	94
Tabla14: Cuadro de detalle de necesidad de agua para persona.....	98
Tabla 15: Cuadro de detalle de necesidad de agua para los animales.....	99
Tabla 16: Demanda total diaria de agua.....	99

Tabla 17: Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.....	104
Tabla 18: Datos del panel de 245w.....	106
Tabla 19: Tramos y longitudes del conductor	114
Tabla 20: Sección del conductor seleccionado	115
Tabla 21: Sección del fusible	116
Tabla 22: Demanda de agua total proyectada	119
Tabla 23: Características técnicas del panel solar de 245 Wp.....	122
Tabla.24:. Sección de los conductores	126
Tabla 25: Características de los conductores	126
Tabla 26: Características de la llave de protección.....	127
Tabla 27: Presupuesto del sistema de bombeo fotovoltaico	134
Tabla 28: sistema de bombeo solar vs. Sistema grupo electrógeno	138
Tabla 29: sistema solar vs. Sistema eléctrico convencional.....	140

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 01	43
Ecuación 02	58
Ecuación 03	58
Ecuación 04	59
Ecuación 05	63
Ecuación 06	64
Ecuación 07	64
Ecuación 08	64
Ecuación 09	65
Ecuación 10	65
Ecuación 11	66
Ecuación 12	67
Ecuación 13	68
Ecuación 14	69
Ecuación 15	70

INDICE DE FIGURAS

Capítulo I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

Figura 1: proyectos de bombeo solar desarrollados en la región Piura.....7

Figura 2: poblador dirigiéndose a abastecerse de agua.....7

Figura 3: Configuración básica de un sistema fotovoltaico de bombeo para
consumo humano, animal y riego.....12

Figura 4: Pozo a tajo abierto y carretas esperando para abastecerse de agua.14

Figura 5: Extracción tradicional de agua con torno para consumo humano y
animal.....17

Capítulo II

MARCO TEORICO.

Figura 6: Paneles Solares Monocristalino, Policristalino y amorfo24

Figura 7: Prototipo Bombeo Solar25

Figura 8: Zonas de Trabajos de las Bombas Centrifugas y Helicoidal28

Figura 9: Bomba Centrifuga.29

Figura 10: Bomba Helicoidal29

Figura 11: Instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc31

Figura 12: instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 220Vca ..	31
Figura 13: Designación de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico.....	32
Figura 14: Soporte de Módulos Fotovoltaico.....	33
Figura 15: Regulador de carga	33
Figura 16: Ubicación de la Motobomba.....	34
Figura 17: curvas características de los dos tipos de bombas.....	42
Figura 18: Bombas Sumergibles.....	45
Figura 19: Bombas Superficiales	46
Figura 20: Diagrama de un Convertidor C.C/C.C.....	48
Figura 21: Colocación de las Sondas de Nivel en una Instalación de Bombeo Fotovoltaico	52
Figura 22: Kit Para Instalación de Bombeo Fotovoltaico.....	53

Capítulo III

MARCO METODOLÓGICO.

Figura 23: Curva de Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.....	88
Figura 24: Irradiación promedio mensual en la localidad de Hispon según el SENAMHI	91

Figura 25: curva comparativa de los datos del SENAMHI Vs NASA92

Figura 26: Curva de radiación del mes de Julio según los datos del
SENAMHI.....93

Capítulo V

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Figura 27: Limpieza de la noria Hispon..... 121

Figura 28: Modelo de estructura soporte de panel..... 123

Figura 29: Curva característica de la bomba. 124

Figura 30: Características técnicas del regulador de carga 125

Figura 31: Llave termomagnetica..... 127

Figura 32: Características de las tuberías de PVC 129

Figura 33: Contador de agua SENNER 130

Figura 34: Manómetro digital ECO1 KELLER 130

Figura 35: Tanque de almacenamiento de 25000 Lts..... 132

SIMBOLOGÍA

AC: Corriente alterna

CC: Corriente Directa

Cp.: Potencia de captación de un panel fotovoltaico (kWp)

FV: Fotovoltaico

HPS: Horas Pico Solares

η : Eficiencia

Np: Número de paneles

P: Potencia (W)

R: Rendimiento Global de la Instalación Fotovoltaica

Tipo N: Semiconductor con cargas mayoritariamente negativas

Tipo P: Semiconductor con cargas mayoritariamente positivas

V: Volts, unidad de medida de caída de tensión

Vdc: Volts de corriente directa

W: Watts, unidad de medida de potencia

Wh: Watts-hora

Wp: Watts Pico

m³: Metros cubico

m²: metro cuadrado

RESUMEN

El proyecto, consiste en evaluar el recurso energético solar para de tal manera diseñar un sistema de bombeo de agua, que permita el aprovechamiento del recurso solar que incide en la zona, permitiendo así mejorar el suministro de agua a las familias que actualmente demoran horas para extraer el agua para el consumo de los integrantes de la familia y de sus animales.

Las poblaciones están asentadas en territorio de bosque seco, donde no existen afluentes de río o manantiales cercanos, por lo que sólo dependen del suministro de agua de pozos o norias. Los pozos artesanales tienen una profundidad aproximada de 30 a 80 metros con una antigüedad de 25 años, cuyo rendimiento de agua no permite abastecer a todos, están revestido de concreto, del cual a través de rodillos y tracción animal extraen agua de las profundidades desde las 2 de la mañana haciendo largas colas para poder tener una dotación de la misma. Cada persona en zona rural consume aproximadamente 40 litros/día y a esto hay que sumar la dotación correspondiente al consumo de los animales.

Bajo este contexto se ha desarrollado en la Zona de la Matanza, diversos proyectos de implementación de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico, por ser este el sistema más económico y optimo a implementar en corto plazo. Dentro de estos proyectos se desarrolla el proyecto de implementación del pozo de agua de la localidad de Hispón, proyecto bajo el cual hemos basado el estudio del presente Trabajo.

SUMMARY

The project consists of evaluating the solar energy resource to design a water pumping system, which allows the use of the solar resource that exists in the area, which allows improving the water supply to the families that currently take hours to extract the water for the consumption of the members of the family and their animals.

The populations are settled in dry forest territory, where there are no tributaries of rivers or nearby springs, so they only depend on the water supply from wells or Ferris wheels. The artisan wells have an approximate depth of 30 to 80 meters with an antiquity of 25 years, whose water yield does not allow to supply all, they are covered with concrete, from which through rollers and animal traction they extract water from the depths from 2 of the morning making long queues to be able to have an endowment of it. Each person in a rural area consumes approximately 40 liters / day and to this we must add the amount corresponding to the consumption of the animals.

In this context, it has been developed in the area of la Matanza, several implementation projects of Photovoltaic Pumping Systems, this is the most economical and optimal system to implement in the short term.

Within these projects, the implementation project of the water well of the town of Hispón is developed, a project under which we have based the study of this Work.

PALABRAS CLAVE:

Sistema de Bombeo Solar, Panel Fotovoltaico, radiación solar, energías renovables.

INTRODUCCIÓN.

La extracción de agua de pozos para consumo y riegos de cultivos es una de las aplicaciones más rentables y novedosa de la energía solar fotovoltaica. Tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas energéticas.

Este proyecto comprende en primer lugar el Plan de Investigación, a su vez comprende el planteamiento del problema: La problemática y la identificación del problema. A su vez se plantea la hipótesis de investigación, se especifica la importancia y la justificación de la investigación. También, corresponde dar a conocer los objetivos generales y específicos, así como las variables y el marco legal correspondiente. En nuestra investigación se ha plasmado la descripción del proyecto; así como la ubicación geográfica, el usuario del proyecto, las condiciones ambientales de la zona y la topografía. A su vez se presenta la metodología de cálculo.

Las conclusiones a las que se llegó fueron las siguientes: El proyecto es técnica y económica viable. Por lo tanto, dependerá de los interesados de optar por este sistema de bombeo fotovoltaico y buscarle el financiamiento necesario, para poder ser llevados a la ejecución y así solucionar su problema de suministro de agua de manera sostenible.

El impacto potencial de los sistemas fotovoltaicos para extracción de agua mediante un sistema de bombeo, tanto para el consumo humano y la agricultura se debe a que a menudo son ya la solución más económica y amigable con el medio

ambiente, en las zonas alejadas que no cuentan con electrificación, como es el caso del caserío de “Hispon” del distrito de la Matanza, departamento de Piura.

CAPÍTULO I:
PLAN DE INVESTIGACIÓN

1. PLAN DE INVESTIGACIÓN.

1.1. ANTECEDENTES.

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por la humanidad desde tiempos remotos, en especial la energía solar, eólica e hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la energía del sol, son claros ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se fueron abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo; y se utilizaron cada vez más los motores térmicos y eléctricos. Esto ocurrió en una época en la cual el escaso consumo no hacía prever un agotamiento de las fuentes energéticas ni los problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década de 1970, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y por su proyección garantizada hacia el futuro; a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación, como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas.

En 1991 la FAO estableció un marco de la agricultura y desarrollo rural sostenible (ADRS) como parte de su mandato de mejorar las condiciones de

las poblaciones rurales y la productividad agrícola. Este documento se basa en la ordenación y la conservación de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de modo tal que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. El desarrollo viable de sectores agrícola, forestal y pesquero; la conservación de la tierra, el agua y los recursos vegetales y animales; el cuidado del medio ambiente; y la factibilidad técnica, económica y social son los pilares para el ADRS.

Dentro de este marco, el aprovechamiento de la energía solar es una de las alternativas más efectivas. Las instalaciones fotovoltaicas domésticas se han convertido en una de las fuentes de energía más atractivas en zonas rurales y han permitido el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Entre las actividades que se realizan en estas regiones se destacan el riego de agua para agricultura y ganadería, así como el aprovechamiento de agua para uso doméstico. De éste modo, una de las aplicaciones con mayor futuro en la actualidad es la implementación de sistemas de bombeo fotovoltaico. Dentro de las principales características de uno de éstos es su tamaño relativamente pequeño, su fiabilidad y el hecho de no requerir de combustibles para su funcionamiento.

Los sistemas solares de bombeo están diseñados para el suministro de agua y riego en áreas retiradas donde no se dispone de una fuente de energía convencional, o ésta no es fiable. El agua puede ser bombeada durante el día

y almacenada en tanques, con lo que estará disponible tanto durante la noche como con cielo nublado. La capacidad de almacenar el agua elimina la necesidad de baterías en el sistema. Esta configuración del sistema le da una característica más fiable y económica.

En el Perú existen pocas instituciones que ofertan dispositivos que funcionan a partir de la energía solar. La gente que se podría beneficiar de su aplicación no cae en cuenta de que el gasto inicial en un sistema, como el de bombeo fotovoltaico, es el más oneroso ya que no se requiere de mayor mantenimiento ni de insumos extras luego de su instalación. Otro factor que impide un mayor interés en la implementación de tales sistemas es el bajo costo de combustibles y de energía eléctrica, los cuales son subsidiados por el Gobierno.

Dentro de las empresas que trabajan en el país y que ofertan equipos para aprovechar energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, se destacan:

- ISOEQUINOCCIAL (Isototón)
- ENERSUR
- ENERQUÍMICA
- INGENIERÍA SOLAR
- SINELEC E.I.R.L.
- ADINELSA

El presente proyecto se sustenta en proyectos ejecutados en distintos lugares de la región Piura y en otras regiones del Perú, ejecutados por la

empresa SINELEC E.I.R.L. empresa dedica al suministro, ejecución y elaboración de proyectos fotovoltaicos.

- Noviembre del 2008, proyecto de Instalación de un Sistemas de bombeo de agua, activado mediante Energía solar en la meseta Andina, del distrito de Frías – Ayabaca. el proyecto fue financiado por la Municipalidad distrital de Frías y la ONG Yachachik – Solcodes. Este proyecto fue instalado con una potencia total de 1.4 KW, para bombear agua a un estanque donde se almacena y se potabiliza para su consumo humano, inicialmente los pobladores traían agua a sus viviendas en depósitos desde la parte baja no había manera de llevar el agua en tuberías por la diferencia de alturas, esto implicaba emplear bombas de combustión lo cual era muy costoso. Por ello la municipalidad de Frías elaboro un proyecto alternativo ya que no se contaba con energía convencional, optando así por un sistema fotovoltaico, posteriormente en conjunto con la ONG Yachachik – Solcodes, llevaron a cabo este proyecto el cual viene funcionando correctamente, aunque con algunas fallas. Las fallas implican que actualmente no abastece de agua a toda la población, el error se debe a que no se hizo un adecuado estudio del crecimiento poblacional, errores que nos sirven de experiencia para tomar en cuenta cuando se desea diseñar estos sistemas.
- Marzo del 2009, Proyecto de Instalación de 02 sistemas de bombeo de agua, Activado con Energía Solar para las localidades de Charancito, Charán Grande, El Naranjo y El Alumbre, caserío ubicados en el distrito de Lancones - Sullana; en el marco del Proyecto “Fortalecimiento de las

condiciones de Saneamiento básico, del tejido macroeconómico y calidad educativa de las poblaciones de Lancones y Suyo, Departamento de Piura – Perú”. Proyecto financiado por la Asociación para el desarrollo Universitario (ADEU) y ejecutadas por la Universidad de Piura. Con una potencia Instalada de 3.6 KW. El Proyecto actualmente viene funcionando correctamente sin ninguna dificultad, además cuenta con un plan de mantenimiento periódico el cual garantiza su óptimo funcionamiento.

- Julio del 2009, Proyecto de Suministro e Instalación de 18 Sistemas de Energía solar para Iluminación, Refrigeración y Equipos de radiocomunicación; en 9 Puestos de salud de la Red de Salud - Morropon – Chulucanas; Dpto. de Piura; Proyecto financiado por la Asociación Española: Energía sin Fronteras y ejecutado por la ONG Mirhas Perú; En este proyecto se instaló una potencia total de 5.4 KW.; estos sistemas una vez instalados son los que han tenido más éxito en estos lugares aislados facilitando la comunicación entre estos poblados, este proyecto es el que le ha brindado a tener más confianza a la población por el éxito que se ha logrado y de que se puede llevar acabo otros proyectos como para bombear agua para el consumo diario.
- Marzo del 2012, proyecto “Mejora de abastecimiento de agua para consumo humano y ganado en 04 pozos en el distrito de la Matanza”. Instalación de 04 sistemas de bombeo de agua, activado con Energía Solar para las localidades de Ternique, Colpas, km 83, San Jacinto, caseríos ubicados en el distrito de la Matanza Provincia Morropon – Chulucanas Proyecto financiado por la ONG Energía sin Fronteras, Fundación Endesa, Comunidad de Madrid y ejecutado por la ONG

MIRHAS PERÚ. Con una potencia total instalada de 6.4 KW. Estos sistemas actualmente vienen logrando sus objetivos para los cuales han sido diseñados, de tal manera que contribuyen de manera relevante en la calidad de vida de los k han sido beneficiados de este proyecto.

- Mayo del 2012, proyecto sistemas de bombeo de agua, activado con Energía Solar en la comunidad nativa Alto Kasha en el distrito de Santa Maria de Nieva Provincia de Condorcanqui, en el departamento de Amazonas Financiado por la Empresa petrolera Maurel Et Prom. Con una potencia total instalada de 0.75 KW. Debido al éxito que los sistemas fotovoltaicos han tenido en la región Piura, con varios sistemas instalados, la empresa SINELEC E.I.R.L ha ido promoviendo estas alternativas energéticas en otras regiones como es el caso de la comunidad nativa Alto Kasha en el distrito de Santa Maria de Nieva ,Este proyecto ha mejorado de manera trascendental el estilo de vida de esta comunidad ya que en el lugar no se contaba con ningún servicio básico, anteriormente los pobladores de esta comunidad se suministraban agua de los riachuelos, lo cual afectaba directamente a la salud especialmente a los niños que sufrían enfermedades parasitarias y diarreicas.

Figura 01 proyectos de bombeo solar desarrollados en la región Piura



Fuente: Sistemas de bombeo Ternique – La Matanza.

Figura 02. Poblador dirigiéndose a abastecerse de agua.



Fuente: Sistemas de bombeo Ternique – La Matanza.

Debido a su éxito que estos proyectos fotovoltaicos han logrado, en los lugares aislados donde se ejecutaron, he decidido hacer el siguiente trabajo, tomando en cuenta los resultados positivos que estos han logrado y de algunas fallas que estos han presentado a lo largo de su funcionamiento.

A nivel internacional.

Los primeros lugares donde se realizaron instalaciones fotovoltaicas fueron zonas aisladas de la red eléctrica, como en 1978 cuando se instala un sistema fotovoltaico de 3.5-kWp en una reserva india, utilizado para bombear agua y abastecer 15 casas. Después se hicieron instalaciones de todo tipo, como señalizaciones marítimas y ferroviarias, o antenas de comunicaciones. En 1983 la producción mundial de energía fotovoltaica supera los 21,3 mw, y las ventas superan crecen considerablemente. En los 90, se hicieron todo tipo de pruebas como la construcción de Ícaro, un avión alimentado por 3000 células fotovoltaicas que sobrevuela Alemania.

Los países líderes en fotovoltaica a nivel mundial son Alemania y España con gran diferencia, aunque cada vez más países como Francia, Grecia, Italia, Estados Unidos y otros están lanzándose a la subvención de energía solar fotovoltaica.

Gillot Clément (Barcelona, España; 2009): Realizó un trabajo de investigación que tiene por título: “Sistema de Bombeo de Agua Subterránea mediante Energía Solar”, el cual fue publicado en España, en la ciudad de Barcelona, y tiene por objetivo ofrecer a poblaciones aisladas la posibilidad de obtener agua proveniente de pozos, de manera simple, a través del bombeo empleando energía solar.

Esta investigación dejó como aporte para el presente trabajo, que es viable, técnicamente y en ciertos casos económicamente (al compararlo con la instalación de una red eléctrica convencional), la implementación de un sistema fotovoltaico; además, se verifica la importancia que tiene la aplicación de

simuladores en este tipo de sistemas, los cuales pueden modificarse hasta obtener los resultados más apropiados. Según (Clément, 2009, pág. 13)

Ricardo Santiago Utreras (Sangolquí, Ecuador; 2009): Realizó un proyecto de tesis de grado que tiene por título “Diseño y Construcción de un Sistema de Bombeo de Agua con Energía Solar Fotovoltaica para el Laboratorio de Energías Renovables del Decem” este proyecto consiste en un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para el Laboratorio de Energías Renovables con un panel 43 Wp de potencia, capaz de trabajar a un caudal de 7 l/min en promedio a una altura de bombeo de 2m. Es posible mencionar la factibilidad técnica de esta aplicación debido a las características geográficas y climáticas de la zona. También se debe mencionar que la implementación de un sistema fotovoltaico es una inversión alta con créditos a largo plazo, por lo que su factibilidad económica no es tan evidente. Según (Berrú & Santiago, 2009)

A nivel nacional.

En el Perú, comparada con otros países, existen todavía pocos sistemas fotovoltaicos, SFV: Hasta 2005, en el Perú hay alrededor de 10 000 SFV instalados, con una potencia total de 1,5 MWp. (1) 65 % de esta potencia corresponde a SFV para telecomunicaciones, 29 % para iluminación interna a casas, incluyendo postas de salud, salas comunales, etc., y el resto para otros usos refrigeración, bombeo de agua, etc. Según (Horn, 2006).

Samaca es un fundo ecológico en el desierto al sur de Ica, cuya red de electricidad más cercana está a más de 20km. La producción agrícola es muy

difícil debido a lo complicado que es conseguir unas condiciones adecuadas para el cultivo, cubrir los costes y hacer rentable la explotación.

Delta Volt SAC (Delta Volt), empresa con una dilatada experiencia en instalaciones solares fotovoltaicas y renovables en general, propuso un proyecto consistente en reemplazar parte de los generadores de diésel existentes, para reducir mantenimiento y reparaciones, ahorrar en gastos de combustible, expandir el área bajo riego y crear un sistema flexible y expandible que permitiera proteger el medio ambiente y poder ofrecer productos ecológicos certificados.

La explotación cuenta con tres pozos y un reservorio, lo que permitía adaptar el bombeo a la irradiación. Tras considerar soluciones con bombas solares DC de alimentación directa o bien alimentadas por una red AC, se optó finalmente por un sistema trifásico con una red de distribución local de 4.16kV y una potencia de 96kWp que aseguren 50kW para bombas durante 5 horas promedio, también en invierno. Este sistema permite reducir las pérdidas por distancia y controlar el sistema por frecuencia.

La instalación cuenta de 320 módulos de 300W de Canadian Solar, mientras los inversores de SMA son 6 equipos Sunny Island 8.0H con una Multiclustor Box 12.3, y 5 inversores STP17000TL-10, más una Sunny Webbox y una Sensorbox.

La solución opta por las bombas trifásicas, con una gran variedad disponible en el mercado local, fáciles de mantener y reparar, y ampliables en el futuro para cualquier uso. Las bombas son reguladas con variadores de frecuencia que permiten un ajuste continuo. El sistema también permite la conexión directa a una red sin perder la inversión, y en caso de emergencia, se puede conectar fácilmente un generador de apoyo en un solo punto central.

Los resultados proyectados son una producción fotovoltaica anual de más de 170,000kWh. El plazo de amortización del sistema fotovoltaico es de unos 5 años (comparado con generadores de diésel) y permite un ahorro de 21,000US\$ anual (comparado con precios actuales de la electricidad de la red pública), de 30.416 litros de diésel por año y de 82.13 toneladas de CO2 por año.

Fuente original: <http://www.sma-iberica.com>

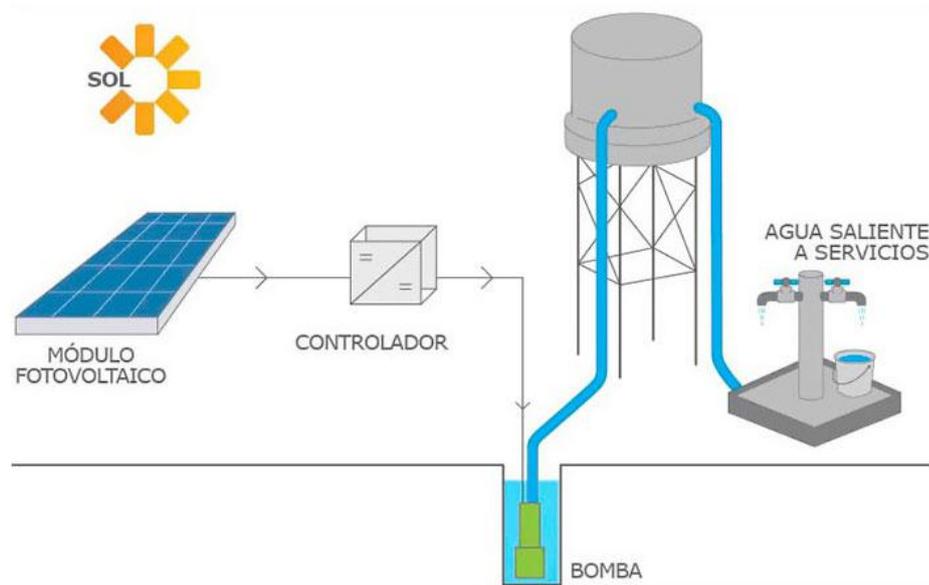
1.2. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

A nivel internacional.

El uso de sistemas fotovoltaicos de bombeo ha alcanzado con el paso de los años la madurez suficiente para ser considerada una tecnología confiable para el suministro de agua en zonas rurales. Hasta el año 2002 fueron instalados solo en el Brasil cerca de 3255 sistemas fotovoltaicos de bombeo, totalizando una potencia de 1,5 MWp según (Fedrizzi, 2003).

A pesar de existir una gran variedad de componentes y configuraciones, el sistema fotovoltaico de bombeo se compone de un generador fotovoltaico, un mecanismo de acondicionamiento de potencia (convertor CC - CC, booster o inversor CC - CA), grupo motobomba (CA o CC) y el depósito de agua.

Figura 3: Configuración básica de un sistema fotovoltaico de bombeo para consumo humano, animal y riego.



A nivel nacional.

Desde el punto de vista de la disponibilidad de agua potable y regadío, el Perú es un país de contradicciones; por un lado, posee el 5% de agua mundial; por otro, la costa es un desierto, que solo se cultiva en los valles que se irrigan con el agua de los ríos que se originan en los Andes.

El buen uso del agua pasa por una tecnificación para su distribución de las fuentes a los distintos lugares urbanos donde se concentran grandes poblaciones humanas, pero, la tecnificación de la distribución pasa por el empleo de equipos y estos son caros, contaminan el ambiente; por lo que hay que buscar alternativas que pongan al alcance de las pequeñas y poblaciones aisladas, equipos, técnicas a su alcance y que no deterioren el medio ambiente y una alternativa viable es el uso de energía fotovoltaica, la energía solar.

Los estudios y experiencias sobre bombeo fotovoltaico en el Perú, están relacionadas sobre el requerimiento de agua para consumo humano; asimismo se han realizado pruebas sobre el comportamiento técnico de bombas solares.

La escasa información en el país sobre el uso de este tipo de bombeo en sistemas de suministro de agua para consumo ha hecho que no exista una interrelación entre los pobladores de zonas aisladas e instituciones que fomentan el aprovechamiento de la energía solar.

Esta falta de información ha generado una suerte de desconfianza de estos habitantes en la utilización de este tipo de bombeo.

El sistema de bombeo con uso de energía fotovoltaica permite mejorar el uso eficiente del agua, elemento de importancia para la subsistencia, este sistema debe estar incorporado a un sistema de uso responsable por parte de quienes los usan.

A nivel local.

El potencial hídrico subterráneo en los valles de la región Piura, se ha estimado en 1,714 MMC, de los cuales se ha utilizado hasta el año 2015 sólo 13.5% del total; constituyendo una fuente utilizable para consumo humano y riego agrícola. Los resultados del muestreo realizado por la Dirección Ejecutiva del Proyecto de irrigación del Alto Piura, indican que las aguas subterráneas de estos valles - son de buena calidad para el riego y el consumo humano con excepción de algunos puntos en la zona baja del valle. Considerando una superficie media de 1,742.3 Km². y una profundidad promedio de 100 m., el volumen total del acuífero del valle Piurano es de 142,540 MMC, que afectado por el 2% (valor promedio del coeficiente de almacenamiento para el valle), daría 2,730 MMC, que constituye las reservas totales del acuífero.

Por ello el siguiente estudio consiste en analizar los recursos energéticos en estas zonas para la dotación de sistemas de energía para el bombeo y suministro de agua a la población rural del caserío de Hispon (Km. 66) del distrito de la Matanza – Morropón - Piura

Actualmente el suministro de agua de las familias y animales de este caserío del Distrito de la Matanza es a través de sistemas de bombeo manuales que tienen ya una antigüedad de 25 años, cuyo rendimiento de agua no permite abastecer a toda la población y a la crianza de animales que es la actividad principal de generación de ingresos.

Figura 4: Pozo a tajo abierto y carretas esperando para abastecerse de agua



Fuente: Elaboración propia.

El proyecto pretende disminuir el tiempo y mejorar la calidad de suministro de agua a las familias de la zona rural del Caserío de Hispon en el Distrito de la Matanza, con sistemas de bombas sumergibles que tengan suministro de energía con paneles solares, para poder almacenar agua en tanques donde se potabilizara para su apto consumo humano.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Es posible utilizar la energía solar, para diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico en la localidad de Hispon en el distrito la Matanza y así dejar de utilizar el sistema tradicional de extracción de agua (sistema manual mediante torno)?

1.4. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

Ubicación.

El Caserío de Hispón se encuentra ubicado en el Km. 66 de la antigua panamericana norte (Piura a Lambayeque) - Distrito de la Matanza, Provincia de Morropon – Dpto. de Piura.

Ubicación geográfica:

País: Perú.

Departamento: Piura.

Provincia: Morropon.

Distrito: La Matanza.

Localidad: Hispon.

Coordenadas:

Latitud: -5,211

longitud: -80,088

Altitud: 166 m.s.n.m.

Límites:

Por el Norte: Con Chulucanas.

Por el Este: Con Morropón, Buenos Aires y Salitral.

Por el Oeste: Con Piura.

Por el Sur: Con Lambayeque.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

El proyecto consiste en la dotación de un sistema de energía para el bombeo y suministro de agua a la población rural del caserío de Hispon (Km. 66) del distrito de la Matanza – Morropón – Piura.

Inicialmente el suministro de agua de las familias y animales de este caserío del Distrito de la Matanza era a través de sistemas de bombeo manuales que tenían ya una antigüedad de 25 años, cuyo rendimiento de agua no permite abastecer a toda la población y a la crianza de animales que es la actividad principal de generación de ingresos.

El proyecto pretende disminuir el tiempo y mejorar la calidad de suministro de agua a las familias de la zona rural del Caserío de Hispon en el Distrito de la Matanza con sistemas de bombas sumergibles que tengan suministro de energía con paneles solares, para poder almacenar agua en tanques donde se

clorificara de tal manera que mejore el suministro de agua a estos pobladores y así prevenir enfermedades diarreicas que principalmente afectan a los niños.

Figura 5: extracción tradicional de agua con torno para consumo humano y animal



Fuente: Elaboración propia.

JUSTIFICACION EN LOS DISTINTOS ASPECTOS

Social.

El sistema de bombeo fotovoltaico, permitirá tener una mejor disponibilidad de agua. Permitiendo la extracción fácil y rápida desde el fondo del pozo.

Ambiental.

El uso de la energía renovable para el sistema de bombeo, en esta zona evitará el uso de motores diésel los cuales causan daño al medio ambiente.

Usando un sistema de bombeo fotovoltaico se reducirá la contaminación los cuales causan los diferentes daños a las personas y al medio ambiente:

- **Monóxido de Carbono (CO).**

Respirar cantidades menores de este gas produce vértigo, fatiga y cefalea y en cantidades mayores evita el transporte de oxígeno a la sangre y puede producir la muerte. Daño de la capa de ozonó, produciendo el efecto invernadero.

- **Óxidos de Nitrógeno (NOx)**

Se ha encontrado que el dióxido de nitrógeno causa lesiones y cambios destructivos en los pulmones. Se produce edema pulmonar agudo o inflamación aguda de las vías respiratorias. Daño de la capa de ozonó, produciendo el efecto invernadero.

Económico.

Al no contar con energía eléctrica convencional, el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico, es una de las mejores alternativas que permitirá el abastecimiento de agua permanente. El costo del sistema es muy elevado al inicio, pero los resultados de recuperación son a largo plazo y el sistema tiene una duración de 20 años.

1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Las limitaciones de este proyecto de investigación son muchas, mencionaremos los más relevantes:

- No tener equipos propios para la medición de la radiación solar, ya que estos son muy costosos.

- Los equipos de medición utilizados fueron alquilados, lo que hace un poco costoso hacer un estudio amplio de la radiación solar para hacer un diseño más óptimo.
- Por otro lado, es no contar con la economía necesaria para la ejecución del proyecto.

1.7. OBJETIVOS.

1.7.1. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un Sistema de Bombeo con energía solar, para dotar de agua limpia y segura a las familias campesinas del caserío de Hispon, distrito La Matanza, provincia de Morropón - Piura”

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Los objetivos específicos a alcanzar son:

- Calcular la demanda de agua potable para la localidad de Hispon.
- Analizar los datos de radiación solar en esta zona para poder aprovecharlo.
- Dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico.
- Seleccionar los accesorios fotovoltaicos, eléctricos e hidráulicos.
- Presupuestar el proyecto de bombeo solar con accionamiento fotovoltaico.

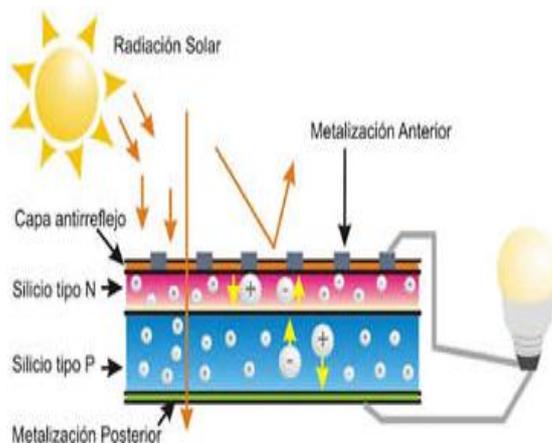
- Estimar la factibilidad económica del sistema y compararlos con otras alternativas energéticas (sistema convencional y de combustión).

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. PRINCIPIO FOTOELÉCTRICO

La base sobre la cual se fundamenta los actuales sistemas fotovoltaicos comerciales es el denominado principio fotoeléctrico, mediante el cual las radiaciones de la luz solar se pueden transformar en energía eléctrica.



Este efecto tiene lugar en las llamadas células fotoeléctricas, unidad básica que componen los módulos o paneles fotovoltaicos.

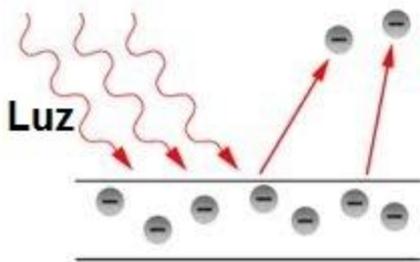
Dichos módulos o paneles fotovoltaicos estarán formados por la interconexión de estas células solares, que quedarán dispuestas en serie y/o en paralelo de manera que la tensión y corriente que finalmente proporcione el panel se ajuste al valor que se requiera.

Por otro lado, y para entender el fundamento de las células solares, decir que toda radiación de luz solar está compuesta por partículas elementales, llamadas fotones.

Estas partículas llevan asociada un valor de energía (E), que depende de la longitud de onda (λ) de la radiación, y cuyo valor cuantitativo viene expresado de la forma siguiente:

$$E = h \cdot c / \lambda$$

Cuando un módulo fotovoltaico recibe radiación solar, los fotones que componen dicha radiación inciden sobre las células fotovoltaicas del panel. Éstos pueden ser reflejados, absorbidos o pasar a través del panel, y sólo los fotones que quedan absorbidos por la célula fotovoltaica son los que, finalmente, van a generar electricidad.



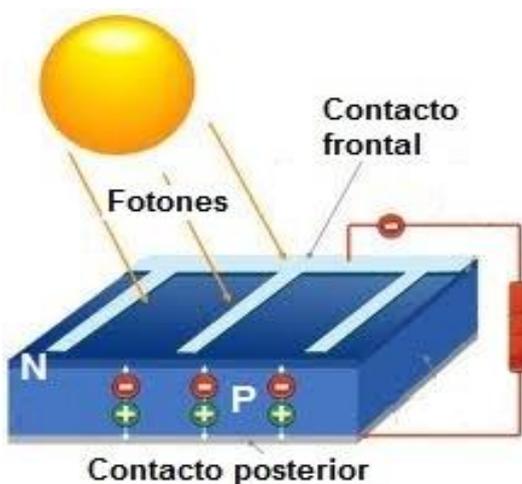
En efecto, cuando el fotón es absorbido por la célula, la energía que porta el fotón es transferida a los átomos que componen el material de la célula fotovoltaica.

Con esta nueva energía transferida, los electrones que están situados en las capas más alejadas son capaces de saltar y desprenderse de su posición normal asociada al átomo y entrar a formar parte de un circuito eléctrico que se genera.

Por lo tanto, un factor crucial para que pueda generarse el efecto fotovoltaico es que las células de los paneles solares estén compuestas por un tipo determinado de material, tales que sus átomos sean capaces de liberar electrones para crear una corriente eléctrica al recibir energía.

Los átomos de los materiales llamados semiconductores ofrecen esta propiedad, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura

y como conductores, al desprenderse de sus electrones, cuando se aumenta la energía que incide sobre ellos.



Además, para mejorar sus prestaciones estos materiales semiconductores son tratados de forma que se crean dos capas diferentes dopadas (tipo P y tipo N), con el objetivo de formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra, de

manera que cuando la luz solar incide sobre la célula para liberar electrones, éstos puedan ser atrapados por el campo eléctrico, y formar así una corriente eléctrica.

En la actualidad, la mayoría de las células solares están construidas utilizando con material semiconductor el silicio, en sus formas mono o poli cristalina.

Las células solares de silicio mono cristalino se fabrican a partir de secciones cortadas o extraídas de una barra de silicio perfectamente cristalizado de una sola pieza, y que permiten alcanzar rendimientos del 24% en ensayos de laboratorio y del 16% para células de paneles comercializados.

Por el contrario, para obtener células solares de silicio puro del tipo policristalino el proceso de cristalización del silicio es diferente. En este caso se parte de secciones cortadas de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son más baratas de fabricar y se reconocen visualmente por presentar su superficie un aspecto granulado. Sin embargo, los rendimientos obtenidos son inferiores, alcanzándose del orden del 20% en ensayos de laboratorio y del 14% en módulos comerciales.

En consecuencia, los módulos solares fotovoltaicos fabricados con células de silicio monocristalino ofrecen una mayor potencia nominal que los hechos a base de células de silicio policristalino, debido principalmente a las mejores propiedades que ofrece el silicio monocristalino, un material muy uniforme, frente a la falta de uniformidad que presentan los límites de grano del silicio policristalino.

Figura 6: Paneles Solares Monocristalino, Policristalino y amorfo.

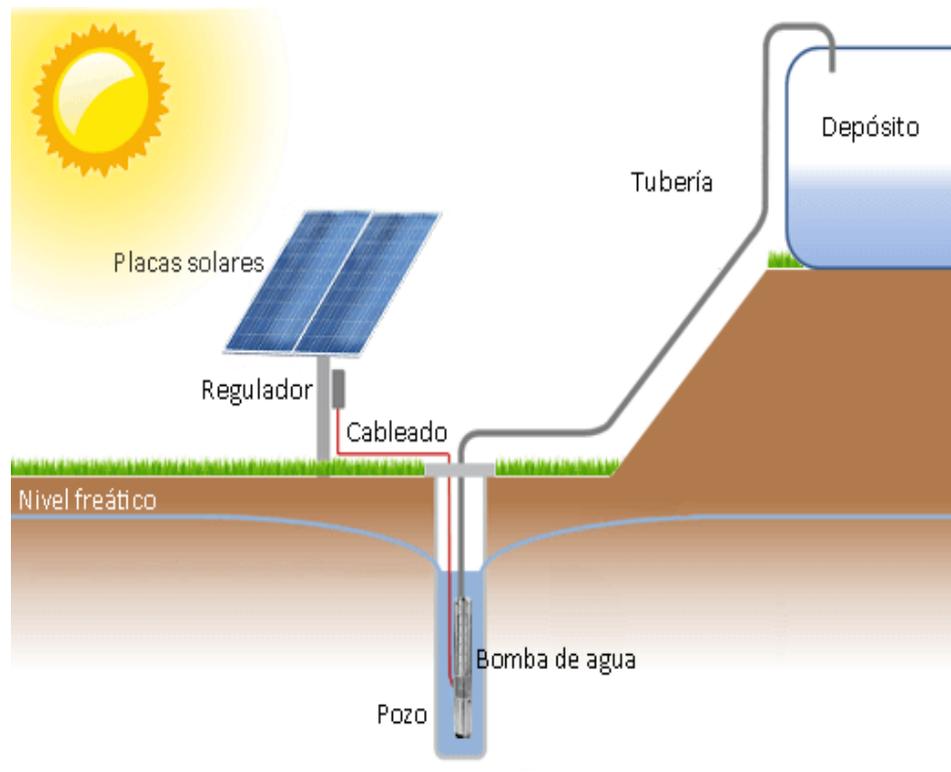


Además, otro aspecto importante a favor de los módulos monocristalinos es la textura final en su superficie que presentan las células monocristalinas, de mayor calidad y con mejores propiedades antirreflexivas, que permiten mejorar las prestaciones del módulo.

2.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.

Una instalación solar fotovoltaica para bombeo directo de agua está destinada a satisfacer las necesidades de consumo propio de electricidad para el accionamiento de la bomba, y consta de un esquema de instalación cuyos componentes principales se muestran en la figura adjunta.

Figura 7: Prototipo Bombeo Solar.



Paneles o módulos solares: son los encargados de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente continua (CC), también llamada corriente directa (DC) que alimenta a la bomba. El número de paneles quedará determinado por la potencia que se necesita suministrar a la bomba, de acuerdo al caudal de agua a bombear y presión de suministro.

Asimismo, la disposición y forma del conexionado de los paneles (en serie o en paralelo), será en función de la tensión nominal y la intensidad de corriente necesaria para el accionamiento del motor eléctrico de la bomba.

Los paneles solares se situarán sobre un rack o estructura metálica a cierta altura para evitar que se proyecten sombras sobre la superficie de los paneles debida a la presencia de árboles o de cualquier otro obstáculo cercano.

Regulador o controlador de carga: dispositivo electrónico encargado de controlar el funcionamiento óptimo de la bomba de agua. El controlador ayuda a maximizar el rendimiento energético de los paneles solares, permitiendo que la bomba de agua funcione también durante periodos de menor irradiación solar.

El controlador además regula el funcionamiento de la bomba, desconectándola cuando el depósito donde se bombea el agua haya llegado a su capacidad máxima o bien, porque el nivel del agua en el pozo haya bajado por debajo de un límite de seguridad establecido, con el fin de evitar que se quede descubierta la boca de aspiración de la bomba.

Asimismo, el regulador de carga dispone de un sistema de control con conectores "Plug&Play" de posición única, que permite el encendido o apagado del sistema (en invierno, por ejemplo, como es época de lluvias se desconecta, situando el interruptor en posición "Off").

2.3. BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE.

Conectada al regulador o controlador de carga quedará sumergida en el pozo. El valor de la inmersión mínima, expresado en metros, que deberá tener la bomba será aproximadamente de: $NPSH \text{ bomba (m)} - 10 \text{ (m)}$. Las bombas solares funcionan en corriente continua y suelen estar fabricadas en acero inoxidable para soportar mejor la agresividad de las aguas subterráneas.

ESTADO ACTUAL DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES DE DC Y AC

Recientemente se han creado nuevas y revolucionarias familias de bombas sumergibles que integran el variador de frecuencia con la bomba, con lo que el precio de inversión inicial total del sistema se ha reducido sensiblemente en comparación con todos los sistemas anteriores y hoy son competitivos hasta con los molinos de viento.

El corazón de los nuevos sistemas son familias de nuevas bombas sumergibles. Hay bombas centrífugas y bombas de rotor helicoidal o de desplazamiento positivo.

Las bombas centrífugas son adecuadas para cargas desde 9 hasta 28 m, y flujos de 68 a 270 litros por minuto, en dependencia de la bomba. Las

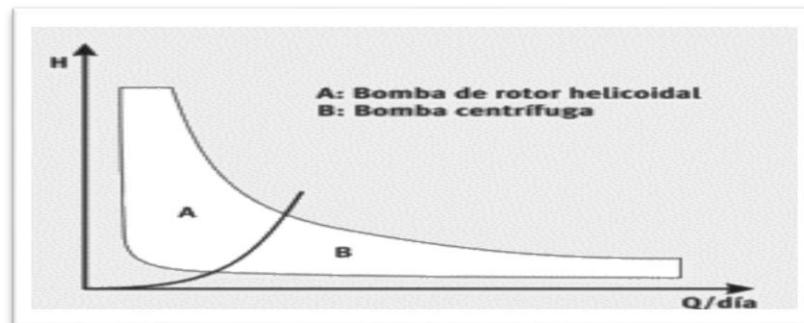
bombas de rotor helicoidal son adecuadas para cargas desde 90 a 120 m y flujos de 8 a 42 litros por minuto, lo que depende de la bomba. Las bombas usan el mismo ensamble de motor-variador.

El motor actualizado emplea un estator segmentado recientemente desarrollado que incrementa la eficiencia y el torque en comparación con los motores normales (aproximadamente 10 % mejor que los motores estándar).

Tienen potencia de admisión máxima de 900 W y una velocidad de operación de 500 a 3 000 rpm, en dependencia de la potencia de admisión y de la carga.

El ensamble motor-bomba utiliza un sistema de rodamientos de carbón y cerámica que aseguran una máxima confiabilidad. Las curvas de la figura muestran la actuación de la bomba para las dos tecnologías de bombeo.

Figura 8: Zonas de Trabajos de las Bombas Centrifugas y Helicoidal



Fuente: (www.cubasolar.cu)

El motor está diseñado para aceptar un amplio intervalo de voltajes entre 30 y 300 VDC, o entre 90 y 240 VAC. Esto permite una amplia selección de fuentes de potencia que van desde energía solar, energía eólica o corriente alterna (como un generador). Cuando se conecta a una fuente de potencia DC el regulador proporciona un Rastreo de Punto de Máxima Potencia

(MPPT), obteniendo así la máxima energía posible de la fuente de potencia DC. Estas bombas tienen un «arranque suave» que elimina las sobrecargas durante el encendido.

Figura 9: Bomba Centrífuga.



Figura 10: Bomba Helicoidal.



Fuente:

([www.http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccin_21_generalidades_de_bombas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccin_21_generalidades_de_bombas.html))

2.4. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICAS.

2.4.1. TEORÍAS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES.

Proceso de funcionamiento de un sistema fotovoltaico:

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos (ver Figura 9: instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc).

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 V.

Figura 11: Instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc)



Figura 12: instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 220Vca



Fuente: <http://www.gstriatum.com>

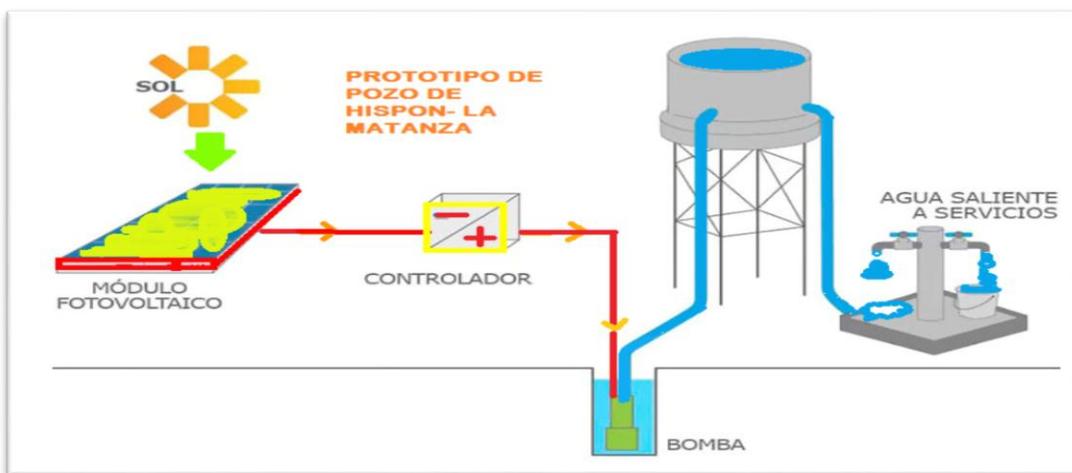
Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc (primer esquema) o bien transformar la corriente continua en alterna de 220 V a través de un inversor (segundo esquema).

2.5. UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO BASES.

EL MÓDULO.

Localice un sitio despejado que esté libre de objetos o árboles que puedan provocar sombras, lo más cerca al lugar donde desean instalar su sistema puede ser sobre un poste metálico o de madera o sobre el techo de la casa, si éste lo permite.

Figura 13: Designación de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico.



Fuente: Elaboración propia.

SOPORTE DE MÓDULOS.

Su función es la de sujetar al módulo, colocando el módulo orientado hacia el Norte, esto permite que los rayos del sol choquen sobre la superficie del módulo la mayor parte del día, y se obtiene así la mayor generación de energía del módulo fotovoltaico.

Figura 14: Soporte de Módulos Fotovoltaico.



Fuente: www.atersa.com/datosproductos.asp?param=42

EL CONTROLADOR.

El controlador debe estar colocado en un lugar protegido de la intemperie (de preferencia dentro de la casa), procure que la distancia entre éste y el módulo sea menor de 5 metros y la distancia entre el controlador y el acumulador sea menor de 1.5m (para el tendido del cable), de esta forma se minimizara las pérdidas de energía en el cable haciendo más confiable y eficiente su sistema.

Figura 15: Regulador de carga.

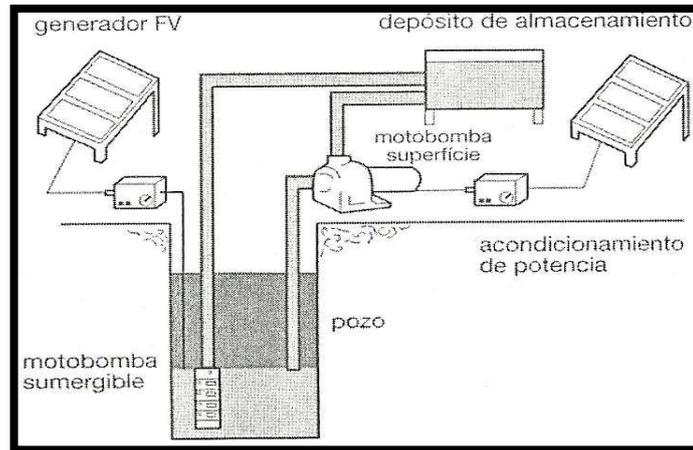


Fuente: <https://solarhm.en.made-in-china.com/product/PsnxrDBuJgWc/China-12V24V-10A-Solar-Charge-Controller-for-Solar-Module.html>

MOTOBOMBA.

La ubicación de la motobomba en el sistema de bombeo fotovoltaico puede ser superficial al lado del pozo o sumergible flotando en el agua del pozo.

Figura 16: Ubicación de la Motobomba



Fuente: (Ing. Daniel MARCELO [Ph.D.] pdf: pág. 9)

2.6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.

Los principales factores que determinan cuál será la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico son:

- Las características hidráulicas:
 - Profundidad del nivel del agua en el pozo bajo la superficie.
 - Altura estática de elevación del agua por encima de la superficie hasta el depósito de almacenamiento.
 - Pérdidas de presión en tuberías y accesorios (altura dinámica).

- La radiación solar incidente en la zona de ubicación de la instalación de bombeo fotovoltaico, ya que junto a las condiciones climáticas de la época

del año que corresponda incurrirán en la energía generada por nuestro campo fotovoltaico de bombeo.

Dependiendo de los factores anteriores utilizaremos el tipo de bomba específica u otra, estas pueden ser: sumergibles, con boya flotante, centrifugas o de desplazamiento positivo, con motor de C.C o C.A, etc.

Los componentes esenciales de una instalación solar fotovoltaica son:

- Subsistema de generación (grupo de módulos conectados en serie y/o paralelo).
- Subsistema motor-bomba.
- Subsistema de acondicionamiento de potencia.
- Subsistema de acumulación y distribución.

Los principales factores que determinan la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico son:

- Profundidad del nivel de agua.
- Altura de elevación del agua por encima de la superficie hasta el almacenamiento.
- Pérdidas de presión en accesorios y tuberías.
- Energía suministrada por el generador fotovoltaico a lo largo del día o lo que es lo mismo, la radiación solar recibida.

2.6.1. SUBSISTEMA MOTOR - BOMBA.

Desde el punto de vista operacional, el requisito más importante es evitar la Operación de una bomba en seco debido a que el motor se sobrecalentará y se quemará.

El agua es necesaria para la lubricación y disipación de calor. En el caso de las bombas centrífugas superficiales, es necesario comprobar que no existan fugas en la tubería de succión o en la válvula check si la bomba necesita cebado. Del mismo modo, el operador nunca debe permitir que la bomba trabaje contra una descarga obstruida, lo cual puede provocar un sobrecalentamiento en el motor, y excesiva tensión mecánica.

Las bombas centrífugas (superficiales o sumergibles) requieren de poco mantenimiento.

La mayoría de los problemas que se presentan son debidos al exceso de arena, agua corrosiva y con alto contenido de mineral. Estos agentes atacan los impulsores o la cubierta de la bomba. Puede darse el caso que la bomba no falle completamente, pero su rendimiento sí puede disminuir bastante. Algunas bombas pueden ser reconstruidas al remplazar los impulsores y los sellos de agua; no obstante, el remplazo de la bomba completa puede ser más económico. El monitoreo adecuado de la producción de agua permite al propietario determinar cuándo se debe reemplazar la bomba. Algas y otra materia orgánica pueden obstruir la entrada de la bomba. Las bombas sumergibles son de acero inoxidable y deben durar operando más tiempo. Las bombas de desplazamiento positivo usan más componentes sujetos a desgaste. Por esta razón, se le debe proporcionar más mantenimiento que a otras clases de bombas.

Bajo condiciones apropiadas de operación, los diafragmas necesitan ser reemplazados cada 2 a 3 años (más frecuente en aguas arenosas). Los sellos de las bombas de pistón pueden durar entre 3 y 5 años. Los diafragmas y sellos fallan prematuramente cuando hay exceso de arena lo cual desgasta más rápido los componentes y cuando trabajan a presiones más altas. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo pueden ser reconstruidas varias veces en el campo antes de desecharlas.

Los motores ac y dc sin escobillas no requieren de mantenimiento en el campo y pueden durar entre 10 y 20 años bajo condiciones ideales de operación. Los motores con escobillas requieren reemplazo periódico de las escobillas. Esta es una operación muy sencilla en la mayoría de los diseños. Las escobillas deben ser reemplazadas con componentes abastecidos por el fabricante para garantizar el buen desempeño del equipo. Los motores pequeños con escobillas pueden durar entre 4 y 8 años dependiendo del uso.

MOTORES

Un motor es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores pequeños de alto rendimiento (< 5kW) son los utilizados para sistemas de bombeo fotovoltaico.

Según el tipo de alimentación eléctrica, los motores se pueden clasificar en:

- Motores de C.C de imán permanente (con o sin escobillas), serie, shunt, etc.

- Motores de corriente alterna (monofásicos o trifásicos, síncronos o asíncronos).

MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA (C.C)

Las partes fundamentales de un motor de corriente continua son: el inductor o estator (parte fija de la máquina), el inducido o rotor (parte giratoria), el colector que está montado sobre el eje del rotor, girando simultáneamente con este y las escobillas, que son unos contactos a presión que rozan sobre el colector y cuya misión es la entrada y salida de la corriente del rotor.

Las placas de características de los motores de corriente continua recogen las siguientes características del mismo:

- Voltaje de utilización.
- Potencia, en proporción al par de arranque y a su velocidad.
- Velocidad nominal que varía en función del voltaje del motor, de la intensidad de funcionamiento y del flujo magnético generado.
- Par de arranque, proporcional al flujo en el inductor y a la intensidad de carga.

La potencia nominal de un motor es la potencia mecánica disponible en el eje del motor y se suele expresar en vatios (W) o kilovatios (kw).

Entre las principales ventajas de estos motores para sistemas fotovoltaicos se encuentran:

- Altos rendimientos.
- No necesitan inversor.

- En general se pueden acoplar directamente al generador fotovoltaico.

El principal inconveniente de los motores C.C es el desgaste de las escobillas con el funcionamiento, por lo que es necesario sustituirlas cada cierto tiempo. Aumentando el número de escobillas (de dos a cuatro) podemos aumentar considerablemente su tiempo de vida y solucionar este problema.

Actualmente se están desarrollando motores de C.C sin escobillas, con imanes permanentes en el rotor y que conmutan el estator con la ayuda de un circuito electrónico. La principal ventaja de estos, frente a los que tienen escobillas, es que pueden operar sumergidos, ya que al no tener que reemplazarlas se reduce su mantenimiento.

Por último, los motores que tienen escobillas no se deben utilizar en bombas sumergibles, ya que requieren un mantenimiento regular y son más caros que los motores A.C.

MOTORES C.A

El motor de corriente alterna se componen fundamentalmente de dos partes: un rotor y un estator, y se caracterizan por su voltaje y potencia nominales, por su velocidad de giro (que depende de la frecuencia de la tensión de alimentación) y por el par de arranque.

Estos motores tienen un factor de potencia ($\cos\phi$) que limita el aprovechamiento de la corriente suministrada, lo que da lugar a pérdidas adicionales.

El par de arranque de un motor es el par mínimo medido que desarrolla el motor alimentado con la tensión y la frecuencia nominal cuando su rotor se mantiene bloqueado (en distintas posiciones para tener en cuenta la influencia de la posición relativa de las ranuras de estator y del rotor).

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por el motor ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Actualmente se dispone de una gran variedad de motores C.A debido al gran número de aplicaciones para los que se han estado utilizando durante los últimos años.

El rendimiento de estos motores depende de la carga que tengan conectada a él. Si esta es diferente de la carga nominal, el rendimiento suele decaer bruscamente.

Su utilización en un sistema de energía solar fotovoltaica trae consigo un aumento del coste económico de la instalación, ya que es necesario utilizar un inversor C.C / C.A., pues los paneles fotovoltaicos producen intensidad en corriente continua. Además, también son necesarios dispositivos electrónicos auxiliares que proporcionan las altas corrientes de arranque necesarias para este tipo de motores.

Como ventaja principal de los motores A.C frente a los C.C es que en general son más eficientes y baratos.

La corriente de arranque, medida en estado o régimen estacionario, es el valor de corriente eficaz que absorbe el motor cuando el rotor permanece aún bloqueado (tensión y frecuencia nominales).

Los dos tipos de motores A.C son motores de inducción asíncronos y motores síncronos.

Los motores de inducción se caracterizan porque poseen un par de arranque muy bajo, siendo adecuados para bombas de bajo par de arranque, como las bombas centrífugas.

BOMBAS

Una bomba es una máquina que transforma la energía mecánica en hidráulica.

Las bombas se pueden clasificar en dos tipos básicos:

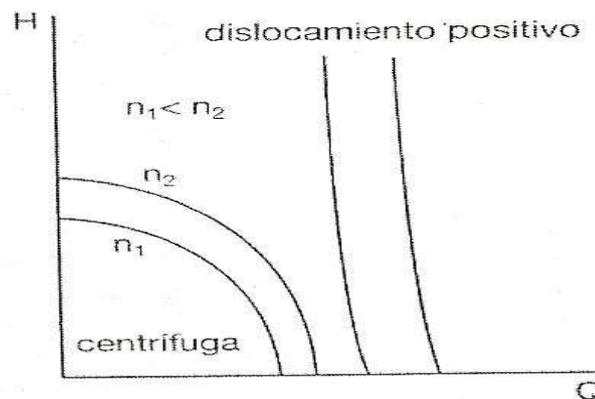
- Bombas de desplazamientos positivos o volumétricos, que tienen un contorno móvil que obliga al fluido a avanzar a través de ellas por cambios de volumen. Se abre una cavidad en la cual penetra el fluido a través de una toma, cerrándose posteriormente y expulsando el fluido por la abertura de salida.
- Bombas dinámicas o de intercambio de cantidad de movimiento que añaden cantidad de movimiento al fluido por medio de paletas o álabes giratorios.

En bombeo fotovoltaico se utilizan bombas de pistón (volumétrica) y bombas centrífugas (dinámica).

Las bombas centrífugas se diseñan para una altura manométrica casi fija, y proporcionan en general un caudal mayor que las de desplazamiento positivo.

Las bombas de desplazamiento positivo son apropiadas para incrementos de presión altos y caudales bajos. Por el contrario, las centrífugas proporcionan caudales elevados con bajas alturas manométricas no siendo recomendables, pues, para profundidades de aspiración mayores de 5 o 6 metros, y pueden tener varios estados según sea la altura de bombeo necesaria.

Figura 17: curvas características de los dos tipos de bombas



Fuente: (Ing. Daniel MARCELO [Ph.D.] pdf: pág. 23)

Figura de comparación entre las curvas características de los dos tipos de bombas. De la figura se observa que las de desplazamiento positivo proporcionan un caudal aproximadamente constante, directamente proporcional a la velocidad e independiente de la altura, mientras que las centrífugas tienen una curva caudal – altura variable.

Las curvas características de una bomba permiten relacionar el caudal con la altura generada, la potencia absorbida y el rendimiento.

Las curvas características se obtienen con la bomba operando a una velocidad constante. Para velocidades diferentes se pueden aplicar las leyes de semejanza de Newton, que se puede expresar en la forma:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}; \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \dots \dots \dots \text{Ecuación 01}$$

Siendo Q el caudal (m³/s), n la velocidad (m/s) y P la potencia absorbida (w) por la bomba.

Las bombas centrífugas tienen rendimientos elevados, pero estos decaen rápidamente a medida que disminuye la velocidad de giro.

Para alturas relativamente bajas, menores de 25 metros, se alcanzan rendimientos elevados. En caso de que queramos rendimientos altos con alturas altas utilizaremos bombas multiestado formadas por varias cavidades adyacentes que impulsan el agua en serie.

Las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas son utilizadas para bombear agua desde grandes profundidades, el caudal conseguido es pequeño. Una de las utilizadas acopladas a la instalación fotovoltaica son las de pistón.

Este tipo de bombas no son adecuadas para su conexión directa a un generador fotovoltaico, esto se debe a que funcionan con un par constante, por lo que necesitan de una corriente eléctrica de suministro

constante, que no pueden ser realizados por un campo fotovoltaico, ya que proporcionan corrientes variables dependientes de la radiación solar. En estos casos la bomba puede dejar de operarse la intensidad radiante del Sol no es suficiente. Esto ocurrirá cuando se llegue a un nivel crítico de corriente donde la bomba ya no sea capaz de bombear un caudal de agua.

La solución para este problema es elegir una corriente crítica por debajo de la corriente máxima generada por los paneles fotovoltaicos.

Esto implica sistemas de menores rendimientos, pero permiten un funcionamiento óptimo del acoplamiento motor-bomba-generación, es decir, la bomba se mantendrá en funcionamiento durante más tiempo.

Otro de los problemas de utilizar estas bombas directamente conectadas al generador fotovoltaico es el elevado par de arranque que necesitan para comenzar a bombear.

En las bombas de desplazamiento positivo, la bomba dejará de bombear cuando la corriente generada descienda a un nivel crítico.

Por el contrario, como principales ventajas podemos citar sus altos rendimientos para alturas mayores de 20 metros, su insensibilidad a las variaciones de altura y que son autos aspirantes.

En función de la colocación de las bombas en la instalación, estas se pueden clasificar como:

- Sumergibles: que suelen emplearse en pozos profundos de pequeño diámetro.
 - Flotantes: que disponen de un flotador que permite su instalación en ríos, lagos, o pozos de gran diámetro, flotando en su superficie.
- Este tipo de bombas proporciona generalmente mucho caudal, pero a poca altura manométrica.

Figura 18: Bombas Sumergibles.



Fuente: (www.lorentz.com)

Figura 19: Bombas Superficiales



Fuente: (www.lorentz.com)

2.6.2. SUBSISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA

La característica i-V de un generador fotovoltaico depende de la temperatura y del nivel de intensidad radiante.

Para que la energía transferida sea máxima, la característica i-V de la carga debe interceptar a la del generador fotovoltaico lo más cerca posible del punto de máxima potencia. El papel del subsistema de acondicionamiento de potencia es proporcionar al motor-bomba la combinación más adecuada de voltaje / corriente, asegurando que el generador opera en su punto de máxima potencia.

Los dispositivos de acondicionamiento de potencia pueden ser:

- Dispositivos de acoplo de impedancia o convertidores C.C / C.C.

➤ Inversores C.C / C.A.

La función de los dispositivos de acondicionamiento de potencia es seguir el punto de máxima potencia del generador para transferir la máxima energía posible al motor.

Los dispositivos de acondicionamiento de potencia se colocan entre el generador y la motobomba y son imprescindibles en el caso de utilizar bombas accionadas mediante motores AC.

El utilizar estos equipos en el sistema trae consigo unas pérdidas de potencia por autoconsumo del 4% al 7%, un coste adicional de la instalación y una fuente potencial de posibles fallos; por lo tanto, su utilización solo se justifica en el caso de que el aumento en la energía hidráulica sea considerablemente mayor que en el caso en que no estuvieran. Como ventaja fundamental está el hecho de que aumentan el rendimiento total del sistema.

CONVERTIDORES C.C / C.C

Son seguidores del punto de máxima potencia (MPTT) manteniendo al generador y a la carga en su respectivo punto del trabajo óptimo.

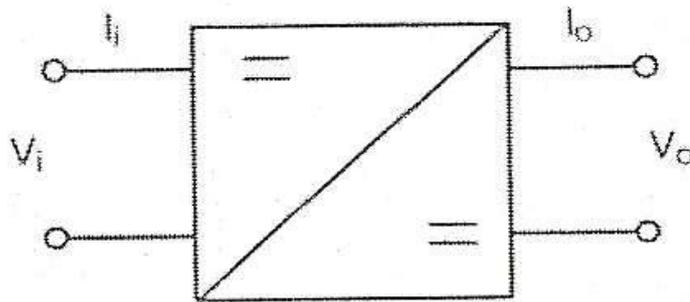
Sus cometidos en el sistema son:

- Suministrar las elevadas corrientes de arranque del motor para que este pueda funcionar a bajos niveles de irradiación.

- Maximizar la potencia que entrega el generador fotovoltaico.

Un convertidor C.C / C.C convierte una potencia de entrada $P_i = V_i \cdot I_i$ en una potencia de salida $P_o = V_o \cdot I_o$ con mayor rendimiento posible $\eta = P_o / P_i$.

Figura 20: Diagrama de un Convertidor C.C/C.C.



Fuente: (gallery.proficad.com)

Estos dispositivos pueden aumentar el voltaje de salida ($V_o > V_i$), disminuyendo por tanto la corriente ($I_o < I_i$) o reducir el voltaje ($V_o < V_i$), aumentando la corriente ($I_o > I_i$).

INVERSORES C.C /C.A.

Su función principal es transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna para que puedan utilizarse motores C.A.

Los inversores que se utilizan en bombeo fotovoltaico producen una salida monofásica (para motores C.A monofásicos) o trifásica (para motores C.A trifásicos) con voltaje y frecuencia variables.

El variar la frecuencia de salida permite a los motores operar a velocidades distintas de la nominal correspondiente a la frecuencia de 50 Hz, y así disminuir el umbral de irradiación solar para el arranque de la bomba. Estos inversores también suelen incorporar un seguidor del punto de máxima potencia. Estas dos características permiten aumentar el rendimiento global del sistema.

ACOPLO GENERADOR – MOTOR - BOMBA.

Cuando conectamos el generador fotovoltaico al grupo motor-bomba se ha de verificar que la potencia de entrada al motor sea igual a la de salida del generador, al igual que el voltaje y la corriente, siendo el punto de operación o trabajo resultante de la conexión del generador y el subsistema motor-bomba el de corte de las curvas características i-V de cada uno de ellos.

El rendimiento diario de un sistema de bombeo depende en gran medida de los cambios de la radiación solar a lo largo del día. Las variaciones de radiación están determinadas por el ciclo diario de puesta y salida del Sol y por la climatología.

Para maximizar la transferencia de potencia eléctrica del generador al grupo motor-bomba debemos elegirlos de tal manera que sus curvas características i-V se intercepten lo más cerca posible del punto de máxima potencia del generador. Las bombas centrífugas se aproximan bastante bien al punto de máxima potencia cuando operan en condiciones normales de diseño.

En cambio, las de desplazamiento positivo no siguen bien el punto de máxima potencia y el rendimiento del sistema es bajo.

Utilizando dispositivos electrónicos que adapten la impedancia de entrada del motor, permitiendo seguir el punto de máxima potencia del generador, aumentamos el rendimiento global de la instalación.

El rendimiento del acoplamiento motor-bomba repercutirá en la superficie de paneles fotovoltaicos necesarios, ya que será necesaria una cantidad de energía u otra.

La presencia de nubes ocultando el sol produce variaciones en la intensidad radiante, que se traducen en descensos de la potencia de salida del generador.

Los subsistemas motor-bomba necesitan una potencia mínima de arranque para comenzar a funcionar. Las bombas centrífugas pueden girar con niveles de intensidad radiante muy bajos pero no bombean agua hasta que la potencia sea tal que permita vencer la altura manométrica de la instalación, luego hay unos umbrales de irradiación por debajo de los cuales no se bombea agua y que se encuentran en torno a los 200-400 W/m².

En días nublados, o parcialmente nublados, se pueden producir momentos en los que la intensidad radiante descienda por debajo del umbral de funcionamiento de la bomba, y por tanto, esta no suministrará agua.

En un día completamente despejado, una vez que se alcanza el umbral de irradiación, por la mañana, se bombea agua hasta que por la tarde se descienda por debajo de este.

Al disminuirla intensidad radiante, la corriente generada por el generador disminuye en la misma proporción, mientras el voltaje permanece aproximadamente constante, pero en el motor-bomba, si la corriente disminuye, el voltaje también disminuye. Como consecuencia, si no hay un circuito de acondicionamiento de potencia, cuando disminuya la intensidad radiante, el sistema operará cada vez más lejos del punto de máxima potencia y el rendimiento disminuirá.

2.6.3. SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN.

En los sistemas de bombeo fotovoltaico solo se suministra agua durante las horas de sol en las que se supera la radiación umbral a no ser que se utilice un sistema de almacenamiento de energía.

Mediante el uso de depósitos de almacenamiento de agua se puede proporcionar el déficit de agua en aquellos momentos en que el caudal bombeado no sea suficiente para el consumo demandado.

Además, incluyendo en la instalación un depósito de almacenamiento se puede disminuir la potencia pico del generador.

En las aplicaciones de riego agrícola se distinguen dos tipos de almacenamiento de agua:

- Almacenamiento a largo plazo. El agua se almacena de un mes para otro, por lo que se necesitan depósitos de gran volumen, no siendo aconsejables a no ser que ya estuvieran disponibles anteriormente.
- Almacenamiento a corto plazo. Permite almacenar agua de un día para otro, evitando, pues, la falta de agua en días de baja radiación solar.

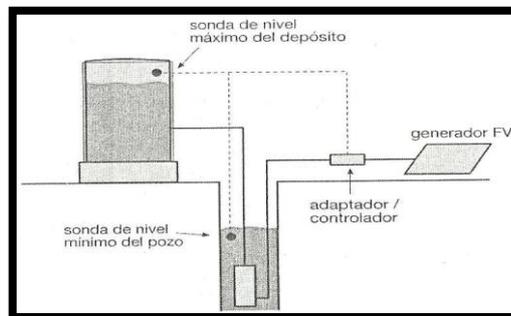
La acumulación es importante para garantizar el servicio de agua en periodos de baja radiación.

2.6.4. OTROS DISPOSITIVOS.

Las instalaciones de bombeo fotovoltaico incluyen también otros dispositivos intermedios como:

- Sondeas de nivel para evitar el desbordamiento en caso de llenado de depósitos o impedir el funcionamiento en vacío de la instalación.
- Interruptores y programadores horarios o diarios.
- Protecciones eléctricas.

Figura 21: Colocación de las Sondeas de Nivel en una Instalación de Bombeo Fotovoltaico

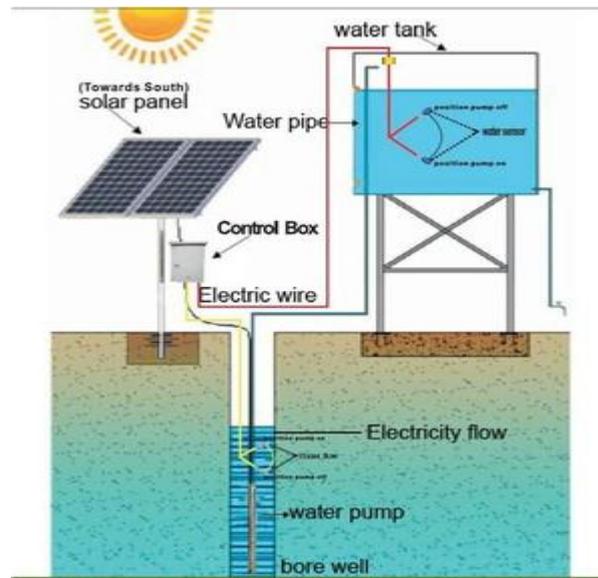


Fuente: (Bombeo solar fotovoltaico Parte 1.Pág. 45, pdf)

2.7. CONFIGURACIONES TÍPICAS DEL SISTEMAS DE BOMBEO CON ACCIONAMIENTO FOTOVOLTAICO.

Según la tecnología de los productos que tengamos en el mercado y las necesidades y especificaciones concretas para cada aplicación, podemos encontrarnos con diferentes configuraciones a la hora de acoplar cada uno de los componentes de un sistema de energía solar fotovoltaica.

Figura 22: Kit Para Instalación de Bombeo Fotovoltaico.



Las cuatro configuraciones más utilizadas en la actualidad son:

1. Grupo motor-bomba sumergible: el motor puede ser C.A o C.C y la bomba es centrífuga multiestado, siendo el número de estados en función de la altura de bombeo requerida.
2. Grupo motor-bomba sumergible: la bomba es de desplazamiento positivo.
3. Grupo motor-bomba flotante con motor C.C y bomba centrífuga.

4. Grupo motor-bomba instalado en la superficie: la bomba podrá ser centrífuga o de desplazamiento positivo.

Cuando el bombeo se realice con motores A.C, se necesita incluir un inversor. Si utilizamos bombas de desplazamiento positivo con motores C.C necesitamos utilizar un convertidor C.C/C.C para acoplarlas al generador, mientras que con bombas centrífugas no es necesario este componente.

BOMBEO CON MOTORES C.C.

Las componentes principales del sistema en este caso serán:

- Generador fotovoltaico.
- Convertidor C.C / C.C. Este componente es opcional.
- Motor de corriente continua.
- Bomba.
- Depósito de almacenamiento. Al igual que el convertidor C.C/C.C también es opcional.

Actualmente solo se utilizan motores C.C en instalaciones de superficie, ya que de esta forma se facilita el manteniendo, puesto que las escobillas del motor deben cambiarse cada 2.000 – 4.000horas de funcionamiento debido al desgaste que sufren.

Si quisiéramos utilizar motores C.C en pozos, necesitaríamos emplear motores sin escobillas o aumentar su número.

BOMBEO CON MOTORES A.C.

Los componentes básicos de este sistema son:

- Generador fotovoltaico.
- Inversor C.C / A.C
- Motor A.C
- Bomba.
- Depósito de almacenamiento. Este componente es opcional.

El generador proporciona la corriente continua que luego es transformada por el inversor, C.C / A.C en alterna para poder alimentar el motor.

El motor de corriente alterna puede ser utilizado sin ningún problema en pozos. Además, son más simples, robustos, y necesitan menos mantenimiento que los de corriente continua.

2.8. DIMENSIONADO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON ACCIONAMIENTO FOTOVOLTAICO.

Los pasos necesarios para el correcto dimensionado de una instalación de bombeo por energía solar fotovoltaica son tres:

1. Evaluar cuáles son las necesidades de energía hidráulica.
2. Evaluar cuál es la energía solar disponible.
3. Elegir el grupo de motor-bomba necesario.

El método de dimensionado empleado se basa en asegurar la demanda en el peor mes, que es aquel en el cual la relación entre la energía hidráulica

necesaria y la energía solar disponible es máxima. Si aseguramos que la instalación funciona para este mes, lo hará sin problemas el resto del año.

2.8.1. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS.

La demanda energética estará constituida por la demanda hídrica y la demanda de presión. Habrá de calcularse, por tanto, teniendo en cuenta que la energía hidráulica puesta en juego es el producto del caudal másico de agua (densidad por caudal volumétrico) por la presión (alturas estática y dinámica).

2.8.1.1. NECESIDADES DE AGUA.

Lo primero que tenemos que conocer es el volumen diario medio mensual de agua que necesitamos para satisfacer una determinada demanda. La demanda de agua puede ser para consumo humano, para consumo de animales domésticos, para riego de cultivos, o una mezcla de estas.

Habrá que conocer el caudal máximo de bombeo que se pueda extraer de la fuente de agua (pozo, depósito, lago, etc.), teniendo en cuenta que esta capacidad decrecerá considerablemente en los meses estivales, es decir, existirán variaciones estacionales en el nivel hídrico de la fuente.

Esto puede provocar que llegado el caso, la bomba no impulse agua, y que trabaje en vacío o con un caudal inferior al esperado,

para solucionar esto se colocan interruptores de flotación en el pozo o fuente de agua, que cortaran la corriente eléctrica de alimentación del motor de la bomba cuando el nivel hídrico del pozo descienda por debajo de la aspiración de la bomba.

Esta capacidad se determinará una vez estimadas las necesidades diarias, multiplicando estas por el número de días de reserva.

En nuestro caso que se nos puede presentar es que el consumo sea estacional, como, por ejemplo, los sistemas de riego. En este caso las necesidades de agua se encuentran habitualmente localizadas en los meses de verano y suelen coincidir con los periodos de máxima radiación solar. Necesitaremos conocer las necesidades máximas diarias de agua del cultivo que queremos regar. Debemos tener en cuenta la lluvia, ya que el nivel medio de agua de la lluvia de cada mes deberá restarse de las necesidades de agua inicialmente calculadas.

El agua utilizada en las granjas, además de dedicarse un gran volumen para la cría de animales y agrícola, necesita agua para la limpieza de utensilios agrícolas y de las instalaciones, esta agua también se deberá tener en cuenta en el cálculo de demanda hídrica.

Tras determinar la demanda hídrica para cada mes del año se podrá determinar la energía hidráulica mensual necesaria, para ello nos ayudaremos para el cálculo con la siguiente ecuación:

$$E_h = \rho \cdot g \cdot V \cdot H \dots \dots \dots \text{Ecuación 02}$$

Donde E_h es la energía hidráulica en julios (j), ρ es la densidad del agua igual a 1.000 kg/m^3 , g es la aceleración de la gravedad igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, V es el volumen de agua m^3 y H es la altura total en metros.

2.8.1.2. CÁLCULO DE LA ALTURA HIDRÁULICA DE BOMBEO.

La altura hidráulica de bombeo es por definición la presión que debe vencer la bomba. Se calculará definiendo una altura total, H (m), que será la suma de la altura estática más la altura dinámica.

$$H = H_d + H_g \dots \dots \dots \text{Ecuación 03}$$

Donde la altura estática, H_g (m) es la distancia desde el nivel del agua del pozo o de la superficie hasta el punto más elevado hasta el que debe bombearse el agua y la altura dinámica, H_d (m) se calcula teniendo en cuenta la caída de presión del agua por el interior de la tubería.

Existen muchas fórmulas, nomogramas y ábacos para la determinación de estas pérdidas. A modo de ejemplo, la altura dinámica puede estimarse mediante la expresión:

$$H_d = f \frac{Lv^2}{d2g} \dots \dots \dots \text{Ecuación 04}$$

Dónde:

H_d : Altura dinámica en (m).

f : Coeficiente de fricción.

L : Longitud de la tubería en (m).

v : Velocidad media del fluido en (m/s).

d : Diámetro hidráulico de la tubería en (m).

g : Aceleración de la gravedad en (m/s²)

En caso de que en el sistema de tuberías existan otro tipo de accesorios (válvulas, codos, tés, reducciones, etc.) se puede calcularla pérdida de carga en cada elemento adicional como:

$$H_d = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots \text{Ecuación 04}$$

Donde K es un coeficiente dimensional que depende del tipo de accesorios.

Tabla 1: valores de coeficiente k para tipos de accesorios en tuberías.

Accesorio	Coeficiente k
Unión de depósito a tubería. Conexión a ras de pared	0,5
Unión de depósito a tubería. Tubería rasante	1
Unión de depósito a tubería. Conexión abocinada	0,005
De tubería a depósito	1

Codo 45°	0,35 ÷ 0,45
Codo90°	0,5 ÷ 0,75
Tés	1,5 ÷ 2

Fuente:

https://www.academia.edu/5440138/P%C3%89RDIDAS_POR_FRICCI%C3%93N_EN_TUBER%C3%8DAS_Y_ACCESORIOS

2.8.1.3. CÁLCULO DE LA ENERGÍA SOLAR DISPONIBLE.

Como la potencia que suministra el generador fotovoltaico depende de la intensidad de la radiación, variará para cada lugar y para cada día del año, debido a los cambios de estación y a las condiciones climáticas y geográficas de cada lugar específico.

Necesitamos, pues, datos medios mensuales de radiación solar del lugar donde se vayan a montar la instalación y, en caso de no disponer de valores para la población en concreto donde se instale, tomaremos los de la población más cercana de la que se dispongan estos.

Partiremos de los datos de radiación media diaria de cada mes expresados en $\text{mJ/m}^2/\text{día}$ sobre superficie horizontal, y a partir de estos, con la ayuda de las tablas, podremos calcular la irradiación incidente sobre superficie inclinada.

2.8.1.4. ÁNGULO ÓPTIMO DE INCLINACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.

La cantidad de energía solar incidente dependerá de su orientación relativa al Norte y del ángulo que formen los rayos del Sol con esta. Será necesario, por lo tanto, determinar cuál será la orientación y el ángulo de inclinación que optimicen la relación entre la energía incidente y la energía hidráulica demandada.

La orientación de los paneles fotovoltaicos será hacia el Norte geográfico y en cuanto al ángulo de inclinación, este dependerá de cuál sea el perfil de la demanda del siguiente modo:

- Si existe una demanda durante todo el año, más o menos constante (consumo doméstico o ganadero), el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos será igual a la latitud + 10°.
- Si la demanda de agua se concentra en los meses de verano, como es el caso de las aplicaciones de riego, el ángulo de inclinación se tomará como la latitud -20°.

2.8.1.5. CÁLCULO DEL MES DIMENSIONADO.

El mes de dimensionado será aquel en el cual el cociente entre la energía hidráulica necesaria, y la energía solar disponible, sea máximo. Por lo tanto, será el mes más deficitario energéticamente para satisfacer la demanda de agua.

Para obtener este mes se calcularán los cocientes entre las energías hidráulicas y las radiaciones de cada mes, eligiendo el mes cuyo cociente sea máximo. Los datos energéticos de este mes se utilizarán como base para dimensionar los componentes de la instalación.

2.8.1.6. DIMENSIONADO DEL GENERADOR.

Consiste en determinar la potencia pico del campo de paneles necesaria para satisfacer la demanda de agua a lo largo de todo el año. A la hora de calcular esto supondremos que los módulos operan en sus condiciones estándar (25 °C y 1.000 W/m²) y que están suministrado su potencia máxima durante todo el día.

En la realidad, la potencia de salida de los módulos será inferior a la pico, debido a factores tales como que la irradiación a lo largo del día toma valores inferiores a 1.000 W/m², debido a la influencia de la temperatura de operación de los módulos, a las pérdidas por conexionado de estos, etc.

Para calcular la potencia pico del generador se procederá siguiendo los pasos detallados a continuación.

En primer lugar se calculará la energía eléctrica diaria, E_e expresada en kwh como:

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 05}$$

Donde η_{mb} es el rendimiento medio diario mensual del subsistemamotor –bomba y cuyo valor se estima en:

- 0.3 para unidades de succión superficial, o unidades flotantes de succión sumergida que utilizan motores de imán permanente C.C con o sin escobillas y bombas centrífugas.
- 0.4 para unidades flotantes de C.C con bomba sumergida o unidades de bomba sumergida con motor en la superficie o con motor de C.C con o sin escobillas y bomba centrífuga multiestado.
- 0.42 para bombas centrífugas multiestado sumergibles de C.C o C.A y bombas de desplazamiento positivo sumergidas en motor de C.C en la superficie.

Está claro que la demanda de energía mecánica se va a corresponder con un consumo de energía eléctrica que vendrá determinado por las características y prestaciones del grupo motor-bomba. El parámetro descriptivo en este caso es el rendimiento electromecánico, que se define como el porcentaje de la energía eléctrica que es capaz de transformarse en energía mecánica en un sistema de impulsión de agua.

Una vez obtenida E_e , se calculará el área de generador necesaria para suministrar dicha energía:

$$A = \frac{E_e}{\eta_{fv} \times G_{dm}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 06}$$

G_{dm} , es la energía media diaria mensual incidente sobre el generador fotovoltaico para el peor mes, expresada en kWh/m²/día y que se calculará a partir del dato que tenemos en las tablas de la energía media diaria mensual incidente sobre superficie horizontal (habrá que pasar los Mj a kWh) y aplicando el factor de corrección, k, por inclinación de paneles.

$$1\text{MJ} = \frac{1}{3.6} \text{kwh} \dots \dots \dots \text{Ecuación 07}$$

El factor de corrección k por inclinación de paneles se obtendrá a partir de la tabla 9 del anexo de tablas.

η_{fv} , es el rendimiento medio diario del generador, que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\eta_{fv} = F_m \cdot F_t \cdot \eta_g \dots \dots \dots \text{Ecuación 08}$$

- F_m , es el factor de acoplo medio y se define como el cociente entre la energía eléctrica que se genera en condiciones reales de operación, y la que se generaría si el generador trabajase en el punto de máxima potencia. Tiene pues en cuenta el hecho de que el generador no trabaja siempre en condiciones estándar. Si no conocemos su valor tomaremos 0.95 si se dispone de un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, 0.9 para bombas centrífugas y 0.8 para las de desplazamiento positivo.

- F_t , es un término que tiene en cuenta el efecto de la temperatura sobre los módulos fotovoltaicos y se estima en 0.8 para climas cálidos y 0.9 para climas fríos.

- η_g , es el rendimiento del generador a la temperatura de referencia, 25°C.

La potencia eléctrica de salida de un generador fotovoltaico a 25 °C y 1.000 W/m² es:

$$P_p = \eta_g \cdot A \cdot 1000 \dots \dots \dots \text{Ecuación 09}$$

Sustituyendo η_g y A por sus valores, tendremos:

$$P_p = \frac{E_h \cdot 1000}{\eta_g \cdot F_m \cdot F_t \cdot G_{dm}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 10}$$

2.8.1.7. DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS.

El diámetro de las tuberías y accesorios se calculará de manera que sea superior a un valor tal que las pérdidas hidráulicas no superen el 10 % de la potencia hidráulica de bombeo.

La potencia hidráulica de bombeo viene dada por la ecuación:

$$P_h = \rho g Q H \dots \dots \dots \text{Ecuación 11}$$

En donde ρ es la densidad del agua en Kg/m^3 , Q es el caudal en m^3/s , g es la aceleración de la gravedad en m/s^2 y H es la presión en metros de columna de agua. La potencia hidráulica se expresará en vatios.

Para unas pérdidas admisibles determinadas y una longitud total L de tuberías (incluidos los accesorios del circuito) el diámetro de las tuberías se estimará empleando las fórmulas, nomogramas o ábacos que se vieron en el apartado de cálculo de la altura hidráulica de bombeo.

2.8.1.8. ELECCIÓN DE LA BOMBA.

La potencia eléctrica de entrada del motor de la bomba será, como mínimo, igual a la del generador fotovoltaico calculado anteriormente.

Si la potencia demandada por el motor es inferior a la potencia pico del generador fotovoltaico, se producen menores pérdidas por desacoplo, pero el motor soporta sobretensiones de operación, con lo que puede disminuir su tiempo de vida.

Para calcular la configuración del generador fotovoltaico, es decir, el número de paneles fotovoltaicos conectados en serie y paralelo, aplicaremos las siguientes ecuaciones:

Número de módulos en serie = Voltaje nominal del motor / voltaje nominal de un panel.

Número de módulos en paralelo = Potencia pico del campo generador fotovoltaico / (n° de paneles en serie x potencia pico de un panel).

De entre las distintas bombas comerciales disponibles, elegiremos aquella cuya curva característica responda a las demandas en presión, H (m), y caudal, Q (m³/s).

El caudal Q que debe suministrar la bomba puede estimarse a partir de las horas de sol pico mediante la expresión.

$$Q=V/HSP \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Para el caudal medio que debe suministrar se recomienda tomar siempre un tiempo efectivo de funcionamiento igual al número de horas de sol pico del lugar, aunque se sepa que el tiempo real de funcionamiento sea mayor.

Recuerda que todos los cálculos se hacen en base al mes más deficitario para satisfacer la demanda de agua o el peor mes.

2.9. CÁLCULO DE PÉRDIDAS HIDRÁULICAS.

2.9.1. PÉRDIDAS DE CARGA FRICCIÓNALES.

Al circular el agua por una tubería, dado que lleva una cierta velocidad, al rozar con las paredes de las tuberías pierde parte de la velocidad por la fricción que se produce entre el material líquido contra el sólido de las paredes. En tanto mayor es la velocidad mayor será el roce.

La pérdida por fricción se define como la pérdida de energía producto de la resistencia que la cañería opone al paso del agua. La fórmula general tiene la siguiente expresión:

$$J_f = J \times L \dots\dots\dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:

J_f = Pérdida de energía o carga producto de la fricción (m)

J = Pérdidas de carga por cada metro lineal de tubería (m/m)

L = Longitud de la cañería de conducción (m)

Las pérdidas por carga pueden calcularse utilizando la ecuación de Hazen y Williams, la cual es más ampliamente utilizada.

$$J = \frac{Q^{1.85}}{(0.28 \times C)^{1.85} \times D^{4.86}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 14}$$

Donde:

Q = Caudal a transportar (m^3/s).

D = Diámetro interior de la tubería (m).

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams.

Tabla 2: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales.

Material	C
PVC	150
Acero	140
Asbesto Cemento	135
Hormigón Vibrado	130
Plástico Corrugado	125
Polietileno	120

2.9.2. PÉRDIDAS DE CARGA SINGULARES.

Las pérdidas de energía o cargas menores se producen cuando la tubería induce el agua a cambiar de dirección, o se cambia la sección misma de la tubería. Estas pérdidas se pueden producir por codos, reducciones de diámetro, válvulas o llaves, o cualquier obstrucción que encuentre el agua que le impida seguir circulando en línea recta normalmente.

La ecuación para calcular estas pérdidas está dada por:

$$h_s = \sum \left[\frac{K \times V^2}{2 \times g} \right] \dots \dots \dots \text{Ecuación 15}$$

Donde:

h_s = Pérdidas singulares o menores (m).

V = Velocidad de circulación del agua (m/s).

g = Aceleración de gravedad (9.8 m/S²).

K = Constante adimensional de coeficiente de resistencia que depende de los accesorios que se contemplan en el diseño.

Tabla 3: Coeficientes de pérdida de carga K para singularidades.

Accesorio	Coeficiente K
Codo90°	0.9
Válvula de pie	2.5
Llavedecompuertaabierta25%	24
Llavedecompuertaabierta50%	5.6
Llavedecompuertaabierta75%	1.15
Llavedecompuertaabierta100%	0.19
Válvula de globo abierta	10
Válvula de no retorno	2.5
Contracción brusca: f entrada/f salida=0.25	0.42
f entrada/f salida=0.5	0.32
f entrada/f salida=0.75	0.19
Expansión brusca: f entrada/f salida=0.25	0.92
f entrada/f salida=0.5	0.56
f entrada/f salida=0.75	0.19
Tee	1.8
Codo45°	0.42
Codo cuadrado	1.8

2.10. IMPACTO SOCIAL.

Ante el crecimiento precio del petróleo y de los demás combustibles fósiles el precio de la energía sube cada vez en nuestro país Perú, y cada día dependemos más de la energía eléctrica sin ella no encenderíamos un televisor, una computadora, un foco, un elevador, etc. Nuestro consumo energético está en aumento cada día más y los combustibles fósiles, además de contaminar y destruir el medio ambiente, no podrán sostener por mucho tiempo la demanda de energía de nuestro país.

La energía fotovoltaica nos ayudara a satisfacer la demanda de agua en la localidad de Hispon, y nos acostumbraremos a ella y más aún crearemos un uso racional de la energía solar, planificando nuestros consumos de electricidad.

2.11. IMPACTO AMBIENTAL.

Energía solar suele mencionarse como una buena alternativa para reducir la utilización de los combustibles fósiles. Después de todos los paneles solares generan energía limpia sin producir contaminantes, debido a que nuestro país tiene abundancia luz solar (radiación), este tipo de energía podría volverse viable en el uso de succión de agua.

A pesar de que la energía solar es muy limpia que la de los combustibles fósiles, la fabricación de los paneles solares es muy costosa, también puede tener un alto impacto negativo en el medio ambiente en forma mínima.

PRODUCCIÓN:

La producción de paneles solares puede producir gases de efecto invernadero. La gravedad del impacto ambiental depende de cómo son “manufacturados, instalados y desechados”. Se requiere una gran cantidad de energía para fabricar paneles solares, pero en comparación de cómo podrán limitar el uso de combustibles fósiles es muy considerable, es así que el uso de dichas energías renovables disminuirá los gases de efecto invernadero que son emitidos hacia la atmósfera.

MATERIALES PELIGROSOS:

Los paneles solares están hechos con muchos materiales peligrosos, incluyendo muchos que son cancerígenos. La fabricación de paneles solares requiere de arsénico y cadmio, de acuerdo con Unión of Concerned Scientists. Pero estos daños no son muy considerables con la contaminación que producen los combustibles fósiles.

TERRITORIO:

Los paneles solares tendrían que cubrir una gran parte del paisaje para generar energía suficiente como para satisfacer nuestras necesidades

energéticas. Se necesita de un kilómetro cuadrado de paneles solares para producir de 20 a 60 mega watts de electricidad.

CONSIDERACIONES:

A pesar de esto, la energía solar no deja de ser considerablemente más limpia que los combustibles fósiles. La fabricación de paneles solares puede requerir energía proveniente de combustibles fósiles, pero la energía empleada para su producción es mucho menor que la cantidad de energía limpia que los paneles fotovoltaicos producirán.

2.13. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO CON ACCIONAMIENTO FOTOVOLTAICO.

Es importante hacer definiciones y explicar conceptos básicos empleados en el campo del diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico, los cuales servirán para interpretar la literatura o información técnica escrita sobre el tema.

Energías renovables:

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables.

Energía solar:

Es la energía producida por el sol y que es convertida a energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo o producir electricidad.

Bombeo fotovoltaico:

Es un sistema que a través de paneles fotovoltaicos tiene como objetivo bombear agua en aquellas zonas donde no se dispone de suministro de electricidad de la red convencional.

Radiación directa:

Radiación que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias.

Albedo:

Radiación reflejada por el terreno o por espejos de agua o por otras superficies horizontales.

Superficie reflectante:

Superficie que no absorbe la radiación, sino que la refleja y cambia su dirección en el espacio.

Fluido:

Es una sustancia que fluye porque las partículas que lo componen no se encuentran unidas de forma rígida.

Flujo laminar:

Régimen de flujo en el cual el fluido se mueve de forma uniforme y regular.

Flujo turbulento:

Régimen de flujo que se caracteriza por el movimiento irregular de las partículas del fluido.

Pérdidas:

Es una medida de la disminución de la cabeza total de energía de un fluido en un sistema.

Bomba:

Dispositivo que cumple la función de generar el movimiento de los fluidos desde un punto a otro del proceso.

Células fotovoltaicas:

Dispositivos de estado sólido que convierten la luz solar en electricidad. Carecen de partes móviles o fluidos a presión o temperatura. Son altamente confiables y razonablemente eficientes.

Controlador de carga:

Dispositivo eléctrico-mecánico o electrónico cuya función principal es proteger a la batería de eventuales sobrecargas o descargas más allá de los límites sugeridos por el fabricante.

Generador fotovoltaico:

Conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos interconectados en serie o en paralelo, de acuerdo a las características de la corriente eléctrica requerida por las cargas a satisfacer.

Irradiación difusa:

Radiación proveniente de otras direcciones (distintas a las del disco solar) debido a la reflexión y dispersión que producen en la radiación solar, atmósfera y las nubes.

Irradiación global:

Es aquella radiación procedente del sol que incide sobre la superficie terrestre (directa y difusa).

Sistema fotovoltaico (SFV):

Es el conjunto de elementos y accesorios que permiten la transformación de la energía solar en energía eléctrica, el almacenamiento y utilización posterior de la energía eléctrica. Los elementos principales de un sistema fotovoltaico son los módulos fotovoltaicos, el controlador, la batería, opcionalmente un inversor de corriente continua en corriente alterna y en muchos casos lámparas fluorescentes compactas.

Módulo fotovoltaico o panel fotovoltaico:

Conjunto de células fotovoltaicas conectadas entre sí en serie o en paralelo con el fin de generar cantidades de corriente y voltaje requeridos por una carga determinada.

Piranómetro:

Son instrumentos que miden la irradiación solar global (directa y difusa) en un plano horizontal. El elemento receptor debe estar horizontal y libremente expuesto al hemisferio celeste, pero debe estar protegido de la irradiación que regresa del suelo y los alrededores.

Protección externa:

Dispositivo o dispositivos incorporados eventualmente al SFV con la finalidad de proteger a este y sus componentes de los efectos destructores, directos o inducidos, de descargas eléctricas atmosféricas. Su eventual incorporación dependerá de las condiciones climáticas del lugar asociado al uso del SFV y del análisis técnico-económico involucrado en el diseño del SFV.

Requerimiento de carga:

Magnitud de energía eléctrica diaria requerida por los distintos equipos de uso final, expresada en Ah-V y tipo de corriente: continúa o alterna.

Tablero:

Dispositivo electromecánico concebido para facilitar la interconexión eléctrica; controlador-circuitos de carga; proteger al controlador de sobrecargas por cortocircuito en el uso; administrar mejor el uso de la energía; facilitar modificaciones en los circuitos de suministro eléctrico a las cargas.

Hora solar:

El tiempo solar es una medida del tiempo fundamentada en el movimiento aparente del Sol sobre el horizonte del lugar. Toma como origen el instante

en el cual el Sol pasa por el Meridiano, que es su punto más alto en el cielo, denominado medio día, al cual se le asigna el valor de 12.

Energía:

La energía es una magnitud física que se presenta en diversas formas, y está involucrada en los procesos de cambio de estado (mecánicos o no). Asimismo, es una función de estado que se transforma o se transmite.

Características de una bomba:

La condición de trabajo de una bomba está definida principalmente por tres características: gastos de bombeo, altura de bombeo y velocidad de rotación. Estas características originan para cada situación una eficiencia y una potencia requerida (Viejo y Álvarez, Op. Cit).

Clasificación de las bombas:

Antes de conocer los fundamentos de operación de las bombas aseguran Viejo y Álvarez (Op. Cit) que existe una diversidad de clasificación de bombas que ocasionalmente puede causar confusión al intentar ubicarlas dentro de un cierto tipo, clave u otra distinción. Esta clasificación toma en cuenta la forma cómo el fluido se desplaza dentro de los elementos de la bomba, así para aquellos en los que el fluido se desplaza a presión dentro de una carcasa cerrada, como resultados del movimiento suavizada de un pistón o embolo, se le denomina bombas de desplazamiento positivo, mientras que las bombas en las cuales el fluido es desplazado por el movimiento circular de uno o varios impulsores provistos de alabe, se les denomina bombas de desplazamiento no positivo.

Diseño del sistema:

El punto de partida del diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico es el estudio técnico y socioeconómico del lugar. Esto incluye:

Necesidades de abastecimiento de agua y fuentes existentes.

Usos y prioridades que se les da al agua.

El método de diseño técnico está basado en calcular el sistema para el peor mes, es decir aquel para el cual la relación entre la demanda de bombeo de agua es la mayor y la irradiación solar es la menor. El cálculo sin embargo se va hacer en función de la potencia, es decir, se calcula la potencia eléctrica que hay que suministrar al motor y bomba para satisfacer las necesidades de bombeo de agua, y el número de paneles capaces de entregar dicha potencia. La potencia eléctrica que necesita el motor viene determinada por: a) eficiencia en convertir potencia eléctrica en potencia hidráulica, b) caudal de agua que se quiere extraer, y c) la altura a la que se quiere elevar. (Chávez, s/f).

CAPÍTULO III:
MARCO METODOLÓGICO

3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación en este trabajo de suficiencia profesional fue Aplicada, porque se emplearon las teorías establecidas en el entendimiento de situaciones problemáticas o planteamiento de soluciones en problemas específicos y también es una investigación de tipo descriptivo ya que se describirán distintos elementos de la situación del problema que se pretende solucionar.

En esta investigación el diseño de investigación es no experimental, que consiste en que no se manipularon en forma intencional las variables que se están estudiando si no que se observaron los elementos ya existentes en la problemática del diseño y suministro de agua a través del uso de energía eléctrica con energías renovables en este caso fotovoltaica, y también es propositivo porque se realiza una propuesta a la problemática existente que establece un diseño de un sistema de bombeo de agua con el uso de energía fotovoltaica, para suministrar agua a los pobladores del caserío de HISPON, de la provincia de Morropon, distrito La Matanza – Piura, es una zona geográficamente aislada de las grandes ciudades y por esos motivos no son beneficiados con proyectos que mejoren su calidad de vida.

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.1.1. POBLACIÓN.

La población objeto de estudio se encuentra conformado por los pobladores del caserío de Hispon del distrito de La Matanza, provincia de Morropon, departamento de Piura.

La población de Hispon está conformada por 192 habitantes agrupados en 58 familias, y comprende el caserío de Hispon con el anexo La Ancajima, según la siguiente relación.

Organización social de la comunidad:

Se cuenta con autoridades que son elegidas e nivel comunal como son:

- Agente Municipal que es el representante del Alcalde.
- Teniente Gobernador que es el representante del estado. (Presidente de la Republica)

Además, están las organizaciones comunales campesinas:

- Rondas Campesinas, que es una organización de carácter social y de autodefensa.
- Productores Pecuarios, organización de carácter productivo (crianzas de caprinos, ovinos y vacunos).
- Vasos de leche y club de madres, los que reciben ayuda por parte del estado para el suministro de alimentos a niños.

Tabla 4.- Datos poblacionales de la localidad de Hispón.

Caserío	Coordenadas UTM		Número de familias	Hombres	Mujeres	Número de habitantes
	N	E				
LA ANCAJIMA	9417308	597258	8	31	12	43
HISPON	9420370	593587	50	87	62	149
TOTALES			58	118	74	192

Fuente: Elaboración propia.

Los datos en el cuadro anterior son brindados por las autoridades la misma localidad que nos muestra un total de 192 habitantes conformados en 58 familias.

3.1.2. MUESTRA.

La muestra considerada para el presente trabajo de suficiencia profesional está conformada por toda la población, que es el objeto de estudio, se encuentra conformado por todos los habitantes de la localidad de Hispon y el sector Ancajima, perteneciente al distrito de La Matanza, para lo cual se cuenta con 58 viviendas con un total de 192 habitantes según las autoridades locales y que esto ha sido verificado según los censos realizados por el INEI y que estima también una tasa de crecimiento poblacional de 1.4% proyectada al 2030.

- **Muestra 01**

La primera muestra está conformada por toda la población de personas del caserío la de Hispon del distrito la Matanza.

Tabla 5.- Datos poblacionales de la localidad de Hispón.

Caserío	Coordenadas UTM		Número de familias	Hombres	Mujeres	Número de habitantes
	N	E				
LA ANCAJIMA	9417308	597258	8	31	12	43
HISPON	9420370	593587	50	87	62	149
TOTALES			58	118	74	192

Fuente: Elaboración propia.

la localidad de Hispon, perteneciente al distrito de La Matanza, está conformado con 58 viviendas con un total de 192 habitantes, de los cuales 74 son mujeres y 118 son varones.

A continuación, estimaremos la cantidad proyectada de pobladores que tendría la localidad de Hispon en el 2030, para lo cual nos ayudaremos de los censos poblacionales que ha desarrollado el INEI.

Poblacional proyectado de la localidad de Hispon.

En el siguiente cuadro mostramos la tasa de crecimiento poblacional según los censos realizados por el INEI.

Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacional de la localidad de Hispón.

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL SEGÚN INEI								
AÑO	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ESTIMADO (%)	2,8	2,8	2,6	2,1	1,5	1,1	1,3	1,4

Fuente: INEI.

Curva estadística del crecimiento poblacional.

Tabla 7: Curva estimada de crecimiento poblacionales de la localidad de Hispón.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro poblacional proyectado de la localidad de Hispon.

Considerando la curva anterior estimaremos la cantidad pobladores que tendría la localidad de Hispon en el 2030.

Tabla 8.- población total proyectada de la localidad de Hispón.

Caserío	Coordenadas UTM		Número de familias	Hombres	Mujeres	Número de habitantes	Tasa de crecimiento (%)	POBLACION PROYECTADA AL 2030
	N	E						
LA ANCAJIMA	9417308	597258	8	31	12	43	1,4	60,2
HISPON	9420370	593587	50	87	62	149	1,4	208,6
TOTALES			87	118	74	192		269

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la población total proyectada de la localidad de **Hispón** sería **269**, lo cual nos servirá para estimar la demanda total de agua diaria.

- **Muestra 02.**

La segunda muestra estará conformada por todos los animales que crían los pobladores de Hispon.

La localidad de Hispon, cuenta con una población dedicada a la agricultura y a la crianza de animales domésticos siendo, estos la principal fuente de ingresos para las familias y así cubrir los gastos de la canasta familiar, para estimar la cantidad total de animales (ganado), que existen en la zona aremos un inventario de las mismos y en base a ello estimaremos una cantidad aproximada con una tasa de crecimiento proyectado de 1.5%, este dato es estimado según informes que maneja el SENASSA, institución que viene asesorando a estos pobladores.

Tabla 9: Cuadro de la cantidad animales (ganado) de la localidad de Hispón.

CUADRO DE CANTIDAD DE ANIMALES (GANADO) EN LA LOCALIDAD DE HISPON					
Caserío	Ganado vacuno	Ganado caprino	Aves de corral	Caballos y asnos	TOTAL
LA ANCAJIMA	3	22	59	3	87
HISPON	11	62	91	11	175
TOTAL	14	84	150	14	262
TASA DE CRECIMIENTO (%)	1,5	1,5	1,5	1,5	
CANTIDAD PROYECTADA	21	126	225	21	393

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se muestra el detalle de la cantidad de animales que existen y de que se podría tener en un futuro, dicha

estimación nos ayudara a obtener una cantidad más adecuada de la demanda de agua para estos animales.

3.2. HIPÓTESIS.

Se plantea diseñar un sistema de bombeo, mediante la dotación de energía eléctrica con tecnología fotovoltaica, para un desarrollo socio económico y mejor estilo de vida, ya que es una alternativa ante la ausencia de fluido eléctrico convencional.

3.3. VARIABLES – OPERACIONALES.

Variable Independiente.

Nivel de radiación solar en la localidad de Hispon Distrito La Matanza.

Variable Dependiente.

Potencia y Energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico.

3.3.1. nivel de radiación solar en la localidad de Hispon.

- **Datos de la NASA**

Tomando como referencia la información que maneja la NASA, entramos a su página web, ingresaremos las coordenadas geográficas de la localidad de hispon:

✓ Latitud: -5,211 Sur.

✓ Longitud: -80.088 Oeste.

Tabla 10: Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.



**ATMOSPHERIC
SCIENCE
DATA CENTER**

**NASA meteorología de superficie y
la energía solar - Tablas disponibles**



Latitud -5,211 / longitud -80.088 fue elegido.

Información de la geometría



Elevación: 527 metros
tomadas de la
NASA GEOS-4
Modelo de Elevación

Límite norte
-5

Límite occidental Centro de latitud -5.5 Límite oriental
-81 Longitud -80.5 -80

Límite sur
-6



Parámetros para el Dimensionamiento y el señalar de los paneles solares y para aplicaciones de energía solar térmica:

La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (kWh / m² / día)

Latitud -5,211 Lon -80.088	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual media
Promedio de 22 años	6.11	6.11	6.26	5.96	5.32	4.76	4.63	4.99	5.68	5.90	6.02	6.19	5.65

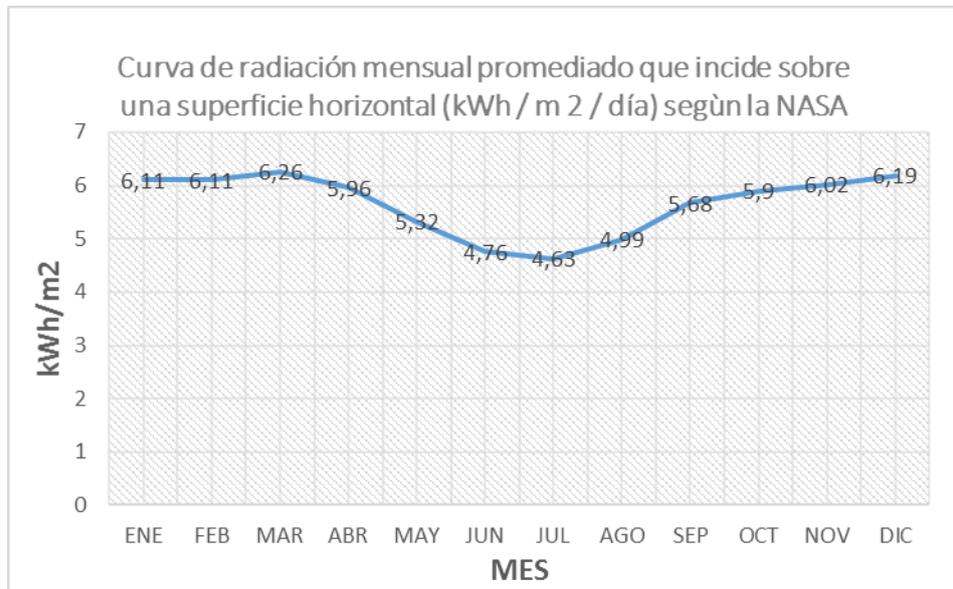
Diferencia mínima y máxima de mensual promediado insolación (%)

Latitud -5,211 Lon -80.088	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínimo	-dieciséis	-13	-12	-13	-18	-18	-15	-8	-8	-7	-10	-9
Máximo	8	11	11	10	11	15	22	8	9	15	10	dieciséis

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Considerando los datos de la tabla anterior haremos la curva siguiente y así identificar el mes más crítico para poder diseñar un sistema fotovoltaico.

Figura 23: Curva de Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.



Fuente: Elaboración propia.

Analizando los valores de la tabla podemos comprobar que el mes más desfavorable dentro de nuestro rango de evaluación es el mes de Julio, con una irradiación solar media de 4.63 kWh/m²/día.

- **Datos del SENAMHI.**

Para tener un valor más favorable de la radiación en la localidad de Hispon, compararemos los datos de la página web de la NASA, con los datos del SENAMHI. Para de tal manera tener una referencia

más aceptable, en la siguiente tabla mostraremos los datos del SENAMHI.

Tabla 11: Irradiación promedio anual en el Perú según el SENAMHI.

TABLA DE RADIACION SOLAR EN EL PERU (Promedio Diario Anual)				
				
Departamento	Ubicación Estratégica Meteorológica	Altitud (m)	Rad. Solar (KWh/m ²) - día	Grado de Inclinación del Colector Solar (Recomendado)
Tumbes	Zorritos	5	4.93	14
Piura	Tablazo	147	5.82	15
Cajamarca	Cajamarca	2750	6.58	17
La Libertad	Cartavio	51	4.86	17
Ancash	Huaraz	3207	5.79	18
Huánuco	Huánuco	1800	5.15	20
Cerro de Pasco	Atacocha	4023	5.45	21
Junín	Huancayo	3350	6.78	22
Lima	La Molina	251	4.09	22
Huancavelica	Tunel Cerro	4600	5.87	22
Cuzco	Kayra	3219	5.28	23
Apurímac	Abancay	2398	5.21	25
Ica	Ica	398	5.28	25
Ayacucho	Cachapampa	2450	6.62	25
Puno	Puno	3825	6.80	26
Arequipa	Characato	2461	7.09	27
Moquegua	Moquegua	1420	6.14	27
Tacna	Calana	590	5.43	25

Fuente: senamhi

En el cuadro anterior se muestra la radiación promedio anual de distintas regiones del Perú.

Tabla 12: Irradiación promedio mensual en la localidad de Hispon según el SENAMHI.

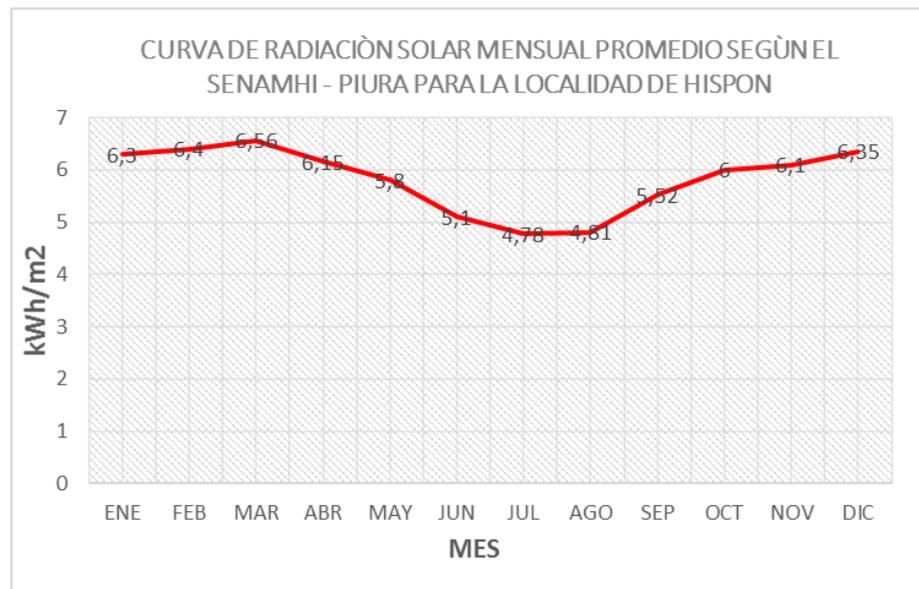
TABLA DE RADIACIÓN SOLAR EN LA LOCALIDAD DE HISPON - LA MATANZA - PIURA 						
Mes	Nº días	Hd (m)	abatimiento (m)	Eh	Rad. Solar (KWh/m ²) - día	Eh/EHSP
Febrero	28	4,65	1,5	1,57	6,4	0,34
Marzo	31	4,65	1,5	1,57	6,56	0,29
Abril	30	4,65	1,5	1,40	6,15	0,34
Mayo	31	4,65	1,5	1,40	5,8	0,36
Junio	30	4,65	1,5	1,40	5,1	0,41
Julio	31	4,65	1,5	1,40	4,78	0,40
Agosto	31	4,65	1,5	1,40	4,81	0,39
Setiembre	30	4,65	1,5	1,40	5,52	0,36
Octubre	31	4,65	1,5	1,40	6	0,36
Noviembre	30	4,65	1,5	1,57	6,1	0,39
Diciembre	31	4,65	1,5	1,57	6,35	0,36

Fuente: senamhi

Como se puede observar en la tabla de datos de radiación que incide en una superficie plana en la localidad Hispon según el SENAMHI, en cual muestra al mes de julio como el más deficiente

energéticamente el cual es de 4,78 Kwh/m², dichos datos lo mostraremos en una curva en Kw vs meses.

Figura 24: Irradiación promedio mensual en la localidad de Hispon según el SENAMHI.



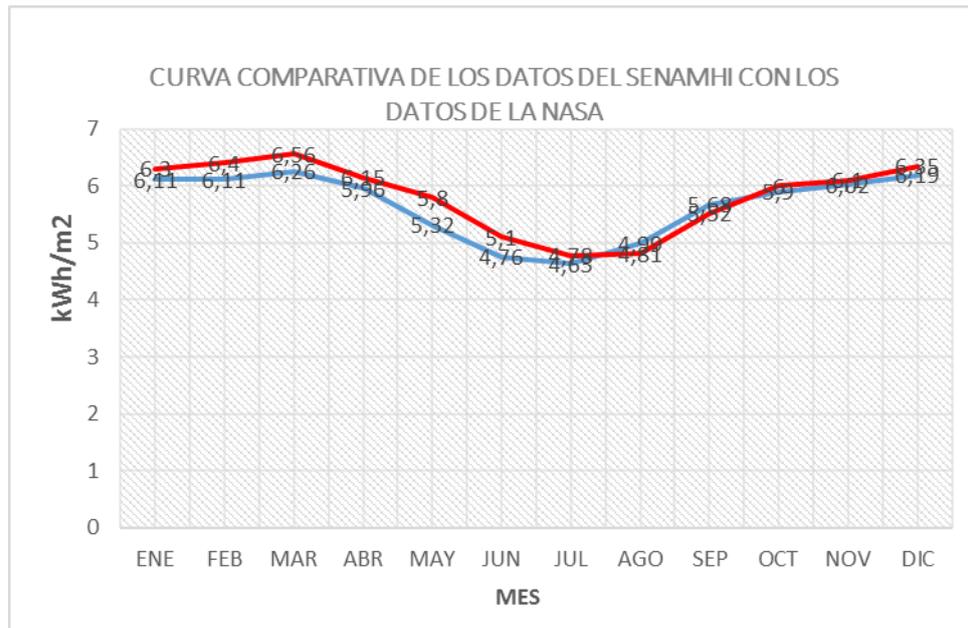
Fuente: elaboración propia.

Analizando los valores de la tabla podemos comprobar que el mes más desfavorable dentro de nuestro rango de evaluación es el mes de Julio, al igual que lo indica los valores de la NASA con una diferencia mínima el cual debe darse debido a la precisión de los equipos utilizados, los datos nos muestran una irradiación solar media de 4.78 kWh/m². Siendo este el mes más crítico del año.

- **Compararemos las curvas de ambas fuentes.**

A continuación, aremos una comparación de ambas fuentes tanto de la NASA como los valores del SENAMHI. El cual lo mostraremos en el siguiente cuadro.

Figura 25: curva comparativa de los datos del SENAMHI Vs NASA.



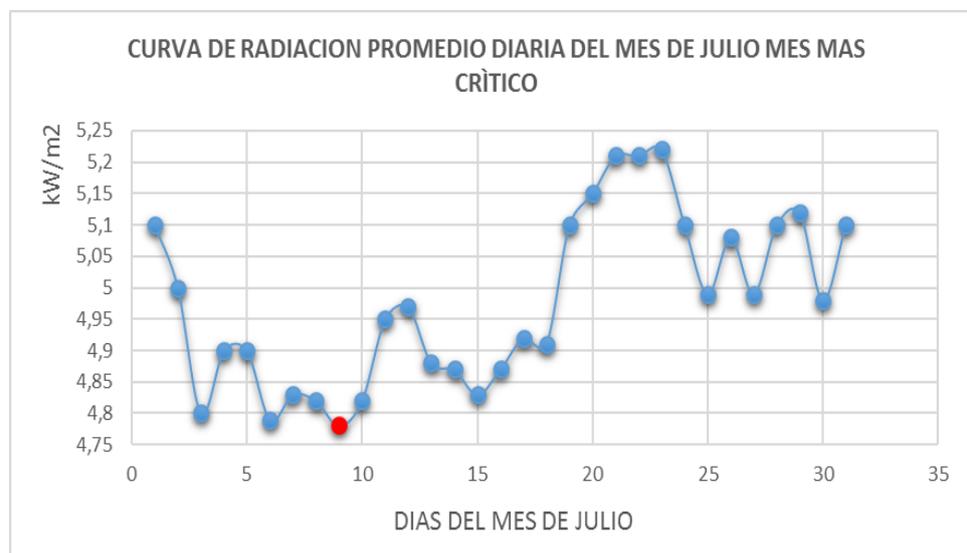
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el grafico anterior, la variación es mínima ambas curvas son casi similares apenas se presenta una leve desviación, la curva de color azul son los datos sacados de la web de la NASA y la de color rojo son los datos del SENAMHI.

- Evaluando el mes de julio.

Debido a los datos de ambas fuentes tanto del SENAMHI, así como los de la NASA, nos dan como mes con más deficiencia energética al mes de julio, por lo que evaluaremos a este mes para tener una mayor apreciación de la radiación en este mes.

Figura 26: Curva de radiación del mes de Julio según los datos del SENAMHI.



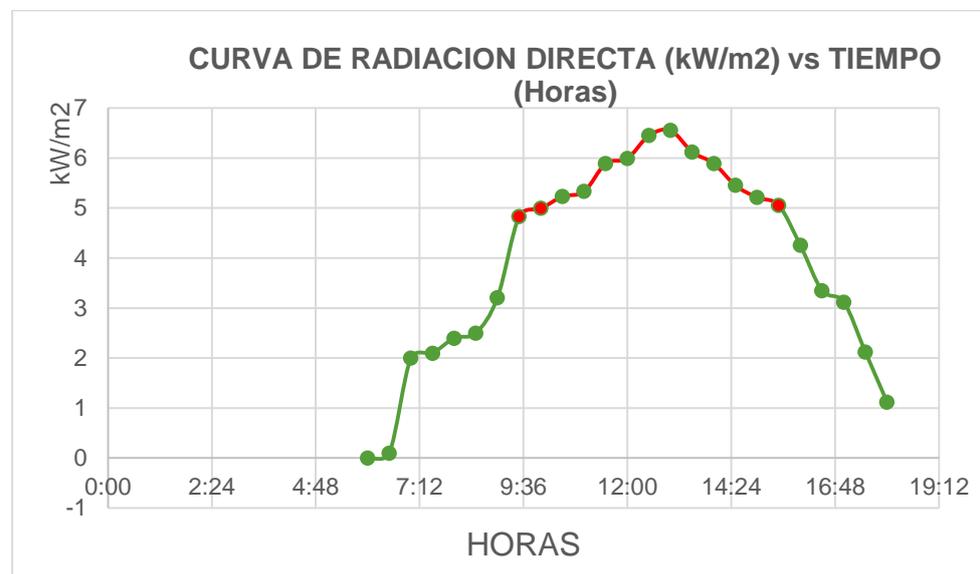
Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en el esquema anterior que concierne al mes de julio, (se evalúa este mes por presentar una baja radiación solar). El grafico nos muestra el rango de radiación mínima y máxima registrado en todo el mes de julio teniendo como valor máximo 5,22 kWh/m² y como valor mínimo de 4,78 kWh/m², el valor mínimo pertenece al promedio de la radiación emitida en el día con más baja radiación solar, como se puede observar en la curva anterior ese día está comprendido del día 6 al 10 del mes de julio.

- **Día de radiación más baja del mes.**

A continuación, evaluaremos los valores tomados en campo por un radiómetro manual, para ello hemos elegido un día del mes de julio en que la radiación promedio es más bajo, aremos este análisis para tener una mejor apreciación de la radiación en los días más críticos.

Tabla 13: Curva de radiación del día más crítico del mes de Julio.



Fuente: elaboración propia.

Según los datos que se muestra en la curva anterior, se puede apreciar la radiación que incide en un plano horizontal que fue medido por un radiómetro portátil en la misma localidad donde se pretende instalar un sistema de bombeo fotovoltaico, los valores tomados muestran las horas con mayor radiación durante todo un día desde las 6 horas hasta las 18 horas del mismo día, se observa también que la mayor radiación que incide, está comprendida entre

las 10.30 horas y las 15:00 horas, con un total de 4.5 horas con mayor radiación.

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

3.4.1. Técnicas de recolección de datos:

Las técnicas y métodos de recolección que se utilizaron en esta investigación son:

- a. Observación: Se utilizó esta técnica para poder conocer la zona geográfica del caserío de Hispon, de una manera física, reconociendo la ubicación exacta de los componentes para poder obtener un listado de criticidad para lo cual se podrá tener una idea más clara de la problemática existente.
- b. Revisión Documental: Esta técnica nos ayudó a obtener información relacionada con el tema de la investigación, todo esto gracias a libros, tesis de licenciatura, tesis de maestría, publicaciones en el internet, etc.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

Una red de radiación comprende la medición de la radiación solar global que, es la irradiancia de onda corta que incide en forma horizontal en la superficie terrestre.

Sin embargo, como los componentes de la radiación solar no son independientes se pueden realizar otras mediciones y así obtener una componente requerida. Todas estas cantidades pueden ser medidas por radiómetros relativamente simples, como piranómetros, pirheliómetros, pirgeómetros, y pirradiómetros. Ellos también pueden ser y son estimados de mediciones de satélites y de observaciones meteorológicas.

La red de medición de irradiación solar del SENAMHI utilizada en el Atlas de energía solar del Perú está compuesta de estaciones con piranómetros, instrumentos de precisión que registran directamente la irradiación solar; actinógrafos, que son instrumentos registradores no tan precisos pero que brindan un valor aproximado de irradiación solar; y con heliógrafos, instrumentos con los que se estima de forma indirecta la irradiación solar a través de las horas de duración del brillo solar.

Se cuenta también con estaciones meteorológicas automáticas, las cuales son parte del programa sostenido de mediciones de irradiación solar cuyos datos están siendo utilizados para la validación de los datos históricos existentes, así como para el levantamiento de datos en lugares críticos sin información histórica.

También se tomaron datos de la radiación solar existente en nuestra zona de proyecto mediante la página web de la NASA.

CAPÍTULO IV.

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

4. CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO.

El presente estudio se ha realizado con el fin de instalar un sistema de bombeo con paneles solares para poder abastecer la demanda de agua de la localidad de Hispon del distrito la Matanza – Piura.

4.1. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA.

El primer paso a la hora de realizar un dimensionamiento de una instalación de una estación de bombeo alimentada por paneles solares es estimar el caudal necesario de agua, para satisfacer las necesidades hídricas de toda la población de Hispon y de sus animales. Para ello empezaremos evaluando las necesidades tanto de las personas como de los animales.

Cuando el consumo es continuo, necesitaremos calcular las necesidades diarias por persona y por cada animal que haya, así como la capacidad del depósito de almacenamiento que suministrará agua durante la noche y en días nublados.

Esta capacidad se determinará una vez estimadas las necesidades diarias, multiplicando estas por el número de días de reserva. Las necesidades humanas y de animales se estimarán multiplicando el consumo diario individual por la población total. Generalmente se acepta que el consumo medio diario por persona es de 40 l/persona/día, aunque en general estas necesidades dependen del modo de vida de la población en la que se implanta el sistema, y algunas otras veces para

cubrir la necesidad mínima de sobrevivencia estimado por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Para el consumo medio diario de agua en el caso de animales domésticos, puede ser estimado a partir del número de animales y la demanda por animal.

Por ello para determinar la demanda total de agua se debe conocer la población, por ello analizaremos la cantidad de pobladores en la localidad de Hispon.

Tabla 14: Cuadro de detalle de necesidad de agua para personas.

DEMANDA DE AGUA DIARIA DE PERSONAS				
LOCALIDAD	N° DE PERSONAS PROYECTADO AL 2030	DOTACION DE AGUA DIARIA POR PERSONA (Lts/día)	NECESIDAD DE AGUA (Lts/día)	TOTAL, NECESIDAD DE AGUA (m3/día)
LA ANCAJIMA	60	40	2400	2,4
HISPON	208	40	8320	8,32
NECESIDAD TOTAL DE AGUA PARA LAS PERSONAS DE HISPON			10720	10,72

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro anterior se aprecia la necesidad diaria de agua en m3/día para todas las personas de la localidad de Hispon.

Tabla 15: Cuadro de detalle de necesidad de agua para los animales.

DEMANDA DE AGUA DIARIA DE LOS ANIMALES DE HISPON				
GANADO POR TIPO	N° DE ANIMALES PROYECTADO	DOTACION DE AGUA DIARIA POR ANIMAL (Lts/día)	NECESIDAD DE AGUA (Lts/día)	TOTAL, NECESIDAD DE AGUA (m3/día)
Ganado vacuno	21	50	1050	1,05
Ganado caprino	126	5	630	0,63
Aves de corral	225	0,2	45	0,045
Caballos y asnos	21	40	840	0,84
NECESIDAD TOTAL DE AGUA PARA LOS ANIMALES DE HISPON			2565	2,56

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro se aprecia la necesidad diaria de agua en m3/día para los animales de la localidad de Hispon.

Necesidad total de agua para la localidad de Hispon.

La necesidad total de agua para la localidad de Hispon estará definida por la suma de las necesidades de las personas y de los animales el cual se detalla en el siguiente cuadro expresado en m3/día.

Tabla 16: Demanda total diaria de agua.

DEMANDA DE AGUA DIARIA TOTAL DE LA LOCALIDAD DE HISPON			
LOCALIDAD	Necesidad total de agua de personas (m3/día)	Necesidad total de agua de animales (m3/día)	NECESIDAD TOTAL DE AGUA (m3/día)
HISPON	10,72	2,56	13,28
NECESIDAD TOTAL DE AGUA			13,28

Fuente: elaboración propia.

La necesidad total de agua para la localidad de Hispon sería de 13,28m³/día, por lo tanto:

$$Q_{diario} = 13,28 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dicho caudal se requiere extraer del pozo durante 4 horas del día para asegurarse así la extracción en días nublados o de invierno donde el sol aparece pocas horas al día, o las posibles sombras que se forman en la trayectoria del sol a lo largo del día, con lo que el caudal en (m³/h) es de:

$$Q_{promedio} = \frac{13,28}{4} = 3.32 \text{ m}^3/\text{hora}$$

4.2. CÁLCULO DE LA ALTURA NETA DE BOMBEO.

Altura de la altura equivalente de bombeo.

Como se ha descrito en el marco teórico, la altura equivalente de bombeo o altura hidráulica de bombeo, es la presión efectiva que debe vencer la bomba para su correcto funcionamiento.

$$Hg = Hb + Hp$$

Dónde:

Hg = altura equivalente de columna de agua.

Hb = Altura bruta. Es la diferencia entre el máximo nivel en el tanque de almacenamiento y el mínimo nivel en la noria.

H_p = Perdidas de fricción en la tubería de impulsión. Se asume inicialmente una pérdida equivalente de 2.5 % de la altura bruta. Como referencia se sabe que un valor máximo aceptable en instalación de bombeo solar es 5%.

Para la determinación de la altura bruta, partimos de los siguientes datos tomados de la evaluación del pozo.

Cota mínimo del nivel de agua en el tanque de almacenamiento, a tanque lleno.

Con estos datos calculamos:

$$H_b = H_n + H_t$$

H_n = Profundidad de la Noria = 24 m.

H_t = Altura del nivel superior de la Noria (Nivel de terreno, hasta punto máx de bombeo en el tanque de almacenamiento (Altura de Plataforma de tanque + Altura de Tanque).

$$H_t = 2 + 3.45 = 5.45m$$

$$H_b = 24 + 5.45 = 29.45m$$

$$H_p = 5\% H_b = 1.47m$$

$$H_{EB} = 30.9m = 31m$$

- ✓ El nivel de agua del pozo hasta el punto más elevado hasta el que debe bombearse el agua es de 31 m.

- ✓ Para el cálculo de la altura total, la altura dinámica se estima en un 15% de la altura estática.

4.3. CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO ESTIMADO.

Consumo energético.

El cálculo del consumo energético estimado nos muestra la demanda que tendrá nuestra instalación. Dentro del consumo de energía se debe tener en cuenta el autoconsumo que realizan los aparatos electrónicos como el regulador de carga en caso de usar baterías. No obstante, el autoconsumo que realizan estos equipos suelen ser del valor del 1% del total de la energía consumida.

Por consiguiente, realizaremos un primer cálculo de la energía requerida para tener un valor muy aproximado de lo real:

$$E_{REQUERIDA} = \frac{N(Q)(H_{EB})}{367(\eta_{bomba})}$$

Donde:

N : Número de horas de funcionamiento del sistema de bombeo

Q : Caudal requerido.

H_{EB} : Altura equivalente de bombeo.

η_{bomba} : Eficiencia de la bomba en el punto de trabajo (50%).

Reemplazando los valores tenemos:

$$E_{CONSUMIDA} = \frac{4(3.32)(31)}{367(0.50)}$$

$$E_{CONSUMIDA} = \frac{411.68}{183.5}$$

$$E_{CONSUMIDA} = 2.24344877384 \text{ kWh/dia}$$

$$E_{CONSUMIDA} = 2243.44877384 \text{ Wh/dia}$$

4.4. DIMENSIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO.

Tomando como referencia la información que maneja la NASA, por mostrar valores más aceptables y que muestra datos estimados desde hace 20 años, debido a que en muchos proyectos toman como referencia los datos de esta fuente por ser muy confiables, por ello entramos a su página web, considerando las coordenadas geográficas de la localidad de Hispon:

Latitud: -5.211 Sur

Longitud: -80.088 Oeste

Procesamos la información y seleccionamos el mes más crítico del año en función a los datos encontrados de radiación solar.

Tabla 17: Irradiación promedio anual para la localidad de Hispon según la NASA.

Cuadro de radiación mensual promediado que incide sobre una superficie horizontal (kWh / m² / día) según LA NASA														
LATITUD LON -80,088	-5,211	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
PROMEDIO MENSUAL DE 22 AÑOS SEGÚN LA NASA		6,11	6,11	6,26	5,96	5,32	4,76	4,63	4,99	5,68	5,9	6,02	6,19	5,65

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los valores de la tabla podemos comprobar que el mes más desfavorable dentro de nuestro rango de evaluación es el mes de JULIO, con una irradiación solar media de 4.63 kWh/m²/día.

Con respecto al ángulo de inclinación óptimo, trabajaremos con 15° con orientación NORTE, aunque la Norma Técnica de Edificación en Instalaciones con Energía Solar (EM-080). Nos recomienda un Angulo de 22°, Dicho ángulo nos indica hacia donde debemos orientar nuestros paneles fotovoltaicos para conseguir la mayor captación de radiación solar posible en un día cualquiera del año, incluyendo los días nublados y los días de invierno.

Ahora calculamos la potencia pico de la instalación:

$$P_p = \frac{E_{consumida}}{\eta_{bomba}} \cdot \frac{G_o}{F_m [1 - \delta(T_c - 25)] \cdot G_{md}}$$

Donde:

Expresión en la formula		Datos
G_o	Radiación Solar a CEM	1000 W/m ²
F_m	Factor de acoplo	0.85
δ	Coeficiente de variación de la potencia con las temperaturas	0.0045
T_c	Temperatura media del módulo	45°C
G_{md}	Radiación solar media diaria	4.63 kWh/m ² /día

Reemplazando dichos valores tenemos:

$$P_p = \frac{2.2434}{0.50} \cdot \frac{1000}{0.85[1 - 0.0045(45 - 25)]} \cdot 4.63 = 1165.007491 W_p$$

$$P_p = 1.165kW_p$$

Por lo tanto, elegiremos un panel solar con una potencia pico de 245 Watts que conectados en serie sumaran un valor aproximado a la potencia pico que se requiere, el panel elegido será un panel mono cristalino de la marca SOLAR WORLD, cuyas características básicas son:

Tabla 18: Datos del panel de 245w

Características Eléctricas en Condiciones Estándares de Medición del Módulo		
Potencia Eléctrica Máxima (Pmax)	245	Wp
Corriente en el Punto Máxima Potencia (Impp)	7.96	A
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmpp)	30.8	V
Corriente de Cortocircuito (Icc)	8.49	A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37.5	V

Fuente: solar world.

Numero de paneles a instalar.

Para calcular el número de paneles tenemos que fijarnos en la potencia pico que necesita aportar el panel y luego calculamos la cantidad de módulos fotovoltaicos a necesitar.

La configuración establecida serie-paralelo debe avalar una potencia superior a la potencia pico calculado anteriormente. El módulo fotovoltaico que he elegido para realizar la función de generador en esta instalación es de 245 Wp de la marca "SOLAR WORLD" de 30.8 Voltios en su máxima potencia.

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{P_{\text{Calculada}}}{P_{\text{Nominal}}} = \frac{1165}{245} = 4.755 \approx 5_{\text{Paneles}}$$

Como se puede observar se necesitan 5 panel solares de 245w.

Conexión de los módulos fotovoltaicos.

Para establecer la conexión entre módulos, si en serie o en paralelo, tendremos en cuenta que el módulo seleccionado, tipo Monocristalino SW 245w, del fabricante SolarWorld, tiene una tensión en el punto de máxima potencia (VMP) de 30.8V, resulta que el número de paneles necesarios que habrá que colocar en serie para alcanzar la tensión nominal de trabajo del motor eléctrico de la bomba, que es 150 V

$$N^{\circ}_{SERIE} = \frac{V_{nominal\ bomba}}{V_{Maximo\ panel}}$$

$$N^{\circ}_{SERIE} = \frac{150}{V_{mp}}$$

$$N^{\circ}_{SERIE} = \frac{150}{30.8} = 4.8701 \approx 5_{paneles\ en\ serie}$$

Mientras que el número de paneles a colocar en paralelo será calculado mediante la expresión siguiente:

$$N^{\circ}_{PARALELO} = \frac{N^{\circ}_{Modulo\ total}}{N^{\circ}_{Modulo\ Serie}}$$

$$N^{\circ}_{PARALELO} = \frac{5}{5} = 1_{paralelo}$$

Potencia instalada.

Ahora calculamos la potencia instalada.

$$P_{Instalada} = N^{\circ}_{Paneles} \times P_{Nominal}$$

$$P_{Instalada} = 5 \times 245 = \mathbf{1225w}$$

4.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA.

Para poder seleccionar la bomba apropiada hay que considerar, el caudal necesario según las horas de bombeo (horas pico de radiación solar del mes crítico).

$$Q = \frac{V}{HSP}$$

$$HSP = FI \times G_{dm}$$

$$Q = \frac{13.28}{4} = 3.32 \frac{m^3}{h} \cong 4 m^3/h$$

Considerando los resultados obtenidos previamente, elegiremos una bomba que trabaje a una potencia pico de $P_p = 1.165kW_p$ Y que bombee un caudal de agua de $3.32 m^3/h$ como mínimo y bombee agua a una altura "H" comprendida entre $31m < H \leq 35m$.

4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR DE CARGA.

Para la selección del regulador de carga es necesario calcular cual será la máxima corriente que deberá soportar, tanto en la entrada como a la salida del propio regulador.

Para el cálculo de la máxima corriente de entrada al regulador (I_{Re}), que proviene directamente de los módulos fotovoltaicos, se empleará la siguiente expresión: 1,20 es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador.

$$I_{Re} = 1.20 * I_{CC} * N_{\text{paneles en paralelo}}$$

$$I_{Re} = 1.20 * 8.49 * 1$$

$$I_{Re} = 10.008 \text{ Amperios}$$

I_{CC} : Intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico seleccionado
SW de 245w, de valor $I_{CC} = 8.49 \text{ A}$

Por otro lado, para el cálculo de la máxima corriente esperada a la salida del regulador (I_{Rs}), es decir, del lado de la instalación que alimenta a la bomba de agua, se empleará la siguiente expresión:

$$I_{Rs} = \frac{1.20 * P_{dc}}{V_b}$$

Siendo:

- Pdc: la potencia de las cargas en continua (o corriente directa) que haya que alimentar, que en este caso es la potencia nominal de la bomba, de valor 1.100 kW.
- Vb: la tensión nominal de la bomba, de valor = 150VDC
- 1,20 es un factor de seguridad para tener en cuenta los picos de corriente que puedan producirse en el arranque de la bomba.

Que, sustituyendo en la anterior expresión, la corriente máxima de salida del regulador (IRs) resultará:

$$Irs = \frac{1.20 * 1100}{150}$$

$$Irs = 8.8 \text{ Amperios}$$

Por lo tanto, el regulador que se seleccione deberá soportar al menos una corriente de 10 amperios en la entrada y 9 amperios a la salida.

4.7. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO.

El cableado eléctrico que forma parte de la instalación eléctrica de este proyecto se compone de dos tramos principales:

Tramo 1: desde la caja de conexión de los módulos solares hasta el controlador de carga.

Tramo 2: que comprende desde la salida del controlador hasta la conexión a los bornes del motor eléctrico de la bomba sumergible.

Para lo cual utilizaremos la siguiente expresión para dimensionar el conductor:

$$S = \frac{2(L)I}{\nabla V(K)}$$

En ambos casos, el análisis es por capacidad de corriente y por caída de tensión; además los tramos serán en corriente continua (DC) y estará conformado de dos conductores activos, uno positivo y el otro negativo, que serán de igual sección a lo que resulte del cálculo, más el cable de protección:

Tramo 1: desde la caja de conexión del módulo solar hasta el regulador de carga.

Cálculo de la intensidad máxima permitida en ese tramo:

$$I_{Maxima} = I_{CC}$$

$$I_{Maxima} = 8.49 \text{ Amperios}$$

Cálculo de la caída de tensión máxima permitido en este tramo (1%):

$$\Delta V \leq 1\% \times V_{max}$$

$$\Delta V \leq 1\% \times 150 \text{ V}$$

$$\Delta V \leq 1.5 \text{ Voltios}$$

Cálculo de la sección del conductor:

$$S = \frac{2(L)I}{\nabla V(K)}$$

$$S = \frac{2(12)8.49}{1.5(56)}$$

$$S = 2.43 \text{ mm}^2$$

Donde:

Expresión en la formula		Datos
L	Longitud que recorre el cable desde la caja de conexión del panel solar hasta el regulador de carga	12 metros
K	Conductividad del cobre	56 m/Ω.mm2

Por lo tanto, la sección del conductor para el tramo 1 deberá ser igual o mayor a 2.43 mm^2 ; de tablas (anexo de conductores) seleccionamos el conductor THW N° 12 AWG cuya sección es 3.3 mm^2 .

Tramo 2: desde la salida del regulador hasta los bornes del motor de la bomba.

Cálculo de la intensidad máxima permitida (igual a la corriente de salida del regulador):

$$I_{Maxima} = I_{RS} = 8.8 \text{ Amperios}$$

Cálculo de la caída de tensión máxima permitido en este tramo es (3%):

$$\Delta V \leq 3\% \times V_{nominal}$$

$$\Delta V \leq 3\% \times 150V$$

$$\Delta V \leq 4.5 \text{ Voltios}$$

Cálculo de la sección del conductor:

$$S = \frac{2(L)I}{\nabla V(K)}$$

$$S = \frac{2(40)8.8}{4.5(56)}$$

$$S = 2.79 \text{ mm}^2$$

Donde:

Expresión en la formula		Datos
L	Longitud que recorre el cable desde el regulador de carga hasta la bomba	40 metros
K	Conductividad del cobre	56 m/Ω.mm ²

Por lo tanto, la sección del conductor para el tramo 2 deberá ser igual o mayor a 2.79 mm²; de tablas (anexo de conductores) seleccionamos el conductor THW N° 12 AWG cuya sección es 3.3 mm²

Finalmente, tenemos:

Tabla 19: Tramos y longitudes del conductor

TRAMO	Longitud del tramo	Corriente del tramo	Sección mínima del conductor	Sección del conductor seleccionado
Panel -Regulador	10 m	8.49 A	2.43 mm ²	3.3 mm ²
Regulador-Bomba	40 m	8.8 A	2.79 mm ²	3.3 mm ²

Fuente: Elaboración propia.

4.8. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES.

Cable de protección:

Para la protección y seguridad de la instalación, habrá que instalar un cable adicional que servirá para conectar las masas metálicas de la instalación con el sistema de tierra, con el objetivo de evitar que aparezcan voltajes peligrosos y/o permitir al mismo tiempo enviar a tierra las corrientes originadas por las descargas de origen atmosférico. De acuerdo a la norma del CNE, cuando la sección del conductor activo es menor o igual a 16 mm², el cable a tierra deberá ser de la misma sección del conductor, por lo tanto.

Tabla 20: Sección del conductor seleccionado

TRAMO	Sección mínima del conductor	Sección del conductor seleccionado	Sección del conductor de protección
Panel -Regulador	2.43 mm ²	3.3 mm ²	3.3 mm ²
Regulador-Bomba	2.97 mm ²	3.3 mm ²	3.3 mm ²

Fuente: Elaboración propia.

Fusibles:

Para la protección contra sobre intensidades originadas por sobrecargas o cortocircuitos se usa fusibles. Para el presente caso se usará cartuchos de fusible tipo cuchilla gPV 1000V DC de uso específico para instalaciones fotovoltaicas de la marca DF Electric. Este tipo de fusibles proporciona una adecuada protección contra sobrecargas y cortocircuitos de acuerdo a la norma IEC 60269-6, con una corriente mínima de fusión de $1.35 \cdot I_N$ capaz de interrumpir el paso de todas las corrientes que vayan desde su valor de intensidad nominal hasta su poder de corte asignado. Por lo tanto, la corriente para seleccionar el fusible será:

Tabla 21: Sección del fusible.

TRAMO	corriente del tramo	Selección del fusible	Poder de corte
Panel -Regulador	8.49 <i>Amp.</i>	10 <i>Amp.</i>	30 <i>kA</i>
Regulador-Bomba	8.8 <i>Amp.</i>	10 <i>Amp.</i>	30 <i>kA</i>

Fuente: Elaboración propia.

4.9. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA.

Considerando el caudal promedio de la bomba que estamos seleccionando $4 \text{ mm}^3/h$ que es la el caudal y una velocidad media del agua de 4.6 m/s, podemos calcular el diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{354(Q)}{Vel.}}$$

$$D = \sqrt{\frac{354(4)}{4.6}}$$

$$D = 17.53 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro deberá ser mayor a 17.53 mm, para nuestro caso trabajaremos con tubería de 25.4 mm (1 pulgada) para evitar las caídas de presión.

CAPÍTULO V.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

5. PLANTEAMIENTO DEL ESCENARIO.

El presente estudio se ha realizado con el fin de diseñar un sistema de bombeo con paneles solares para poder abastecer la demanda de agua de la localidad de Hispon del distrito la Matanza – Piura.

Por ello se plantea la siguiente propuesta técnica, que sería una solución al problema de suministro de agua que se estima en $13.28 \text{ m}^3/\text{dia}$ para un total de 58 familias de la localidad de Hispon y así mismo para el suministro de agua para sus animales (ganado), considerando el potencial energético de la radiación solar que existe en esta zona, ya que en dicho lugar no existe el fluido eléctrico convencional.

5.1. MODELO PLANTEADO.

El cálculo de la energía que se necesita consumir es uno de los elementos donde se hacen necesaria una reflexión profunda de los hábitos y costumbres del usuario final. Por lo tanto, en este punto se elaboró un modelo que permita luego al realizar el diseño, poner de relieve las condicionantes de uso del sistema para su correcto funcionamiento.

5.2. DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE LA POBLACIÓN.

Un papel importante en una instalación de bombeo es determinar las necesidades de la población, en este caso determinar la cantidad de agua que estos necesitan para continuar con su vida sin alterar su ritmo de vida, sino al contrario lograr que esta sea de mejor calidad y así lograr las expectativas, de consumo del poblador.

Pero en este punto hay un delicado equilibrio entre economía y sobredimensionamiento de la instalación.

Para facilitar este desconocimiento de los receptores, se realizó un esfuerzo adicional de conocimiento mutuo de acercamiento a la población receptora (mediante entrevistas, encuestas) para de este modo evitar errores.

5.2.1. Necesidad de agua de la localidad de Hispon.

De la visita de campo se ha constatado que serán 58 las familias beneficiadas. Estos actualmente utilizan mecanismos tradicionales (tornos manuales), para extraer agua desde el fondo del pozo (noria).

El presente trabajo pretende elaborar un diseño de bombeo mediante sistemas fotovoltaicos ya que, en el lugar, por estar aislado no cuenta con redes convencionales de energía eléctrica.

En el siguiente cuadro se muestra los datos recolectados en campo el cual ha sido evaluado, para determinar una aproximación de la

demanda de agua proyectada hasta un determinado tiempo estimado.

Tabla 22: Demanda de agua total proyectada.

DEMANDA DE AGUA DIARIA TOTAL DE LA LOCALIDAD DE HISPON			
LOCALIDAD	Necesidad total de agua de personas (m³/día)	Necesidad total de agua de animales (m³/día)	NECESIDAD TOTAL DE AGUA (m³/día)
HISPON	10,72	2,56	13,28
NECESIDAD TOTAL DE AGUA			13,28

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el cuadro, tendríamos una demanda de agua proyectada de $13.28m^3/dia$ para lo cual tendríamos que elegir los equipos Adecuados para bombear la cantidad requerida.

5.3. PROPUESTA TÉCNICA.

La propuesta técnica tiene su planteamiento en la implementación de un sistema de bombeo con suministro de energía mediante Sistema fotovoltaico

5.3.1. Componentes del sistema.

Una vez hecho los calculados en el capítulo anterior ya podemos elegir todos los aparatos que configurarán nuestro sistema de bombeo fotovoltaico. Los principales elementos que la conforman son.

- ✓ Noria.
- ✓ Modulo Fotovoltaico.
- ✓ Bomba.
- ✓ Regulador de carga.
- ✓ conductores.
- ✓ Protecciones.
- ✓ Tuberías.
- ✓ Depósito de agua.
- ✓ Obras civiles (caseta y plataforma para depósito de agua).

5.3.2. Selección de los equipos.

a. Noria.

El agua del sistema se bombea desde una noria construida hace más de 20 años y que tiene una profundidad aproximada de unos 25 m. y un diámetro de 1.3 m.

Previo a la instalación del Sistema de bombeo, se han realizado pruebas hidráulicas, que han permitido concluir que la Noria tiene un rendimiento mayor a la que se consumirá cada día, con el fin de prevenir los problemas que se puedan presentar por un desequilibrio entre la tasa instantánea de bombeo y la tasa de recarga de la noria.

Figura 27: Limpieza de la noria Hispon.



Fuente: elaboración propia.

b. Modulo fotovoltaico.

Para seleccionar estos módulos tenemos que fijarnos en la potencia pico que necesita aportar el panel y luego calculamos la cantidad de módulos fotovoltaicos a necesitar. La configuración establecida serie-paralelo debe avalar una potencia superior a la potencia pico calculado anteriormente, también depende de las características eléctricas de cada panel y de los requerimientos de alimentación eléctrica de la bomba; calculados en el Capítulo anterior.

Por ello se ha determinado que para los requerimientos de bombeo del proyecto el generador fotovoltaico debe tener una potencia aproximada de 1165 Wp.

Por lo tanto, el módulo fotovoltaico que he elegido para realizar la función de generador en esta instalación es de 245Wp de la marca "SOLAR WORLD" de 30.8 Voltios. Cuyos detalles se detallan en anexo adjunto.

Cálculo del número de Paneles:

$$N^{\circ}_{PANELES} = \frac{P_{Calculada}}{P_{Nominal\ del\ panel}}$$

$$N^{\circ}_{PANELES} = \frac{1165}{245} = 4.755 \cong 5_{paneles}$$

Como se puede observar se necesitan 5 paneles solares de 245 Wp.

ahora calculamos la potencia instalada:

$$P_{instalada} = N^{\circ}_{PANELES} \times P_{Nominal\ del\ panel}$$

$$P_{instalada} = 5 \times 245\ Wp = 1225\ Wp$$

Tabla 23: Características técnicas del panel solar de 245 Wp.

I_{cc}	Corriente de cortocircuito.	8.49 A
I_{oc}	Tensión de cortocircuito.	37.5 V
I_{max}	Corriente de máxima potencia.	7.96 A
V_{max}	Tensión de máxima potencia.	30.8 V

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación del Generador Fotovoltaico

El lugar donde se ubicará el Generador Fotovoltaico está relativamente cerca de la Noria y del poblado de Hispón.

Hay que considerar también la estructura donde estará apoyado el modulo una vez que se instale, por lo que se recomienda un perfil angular de acero galvanizado o aluminio, con 1 pulgada de lado, fijado a una base tubular, de acuerdo al siguiente modelo, cuyos detalles de muestran en los planos adjuntos.

Figura 28: modelo de estructura soporte de panel.



Fuente: Sistema de bombeo Ternique –La Matanza.

c. Bomba.

La bomba elegida en el presente trabajo es del tipo solar y debe suministrar un caudal diario de aproximadamente $14 \text{ m}^3/\text{dia}$ a una altura dinámica promedio de 35 m.

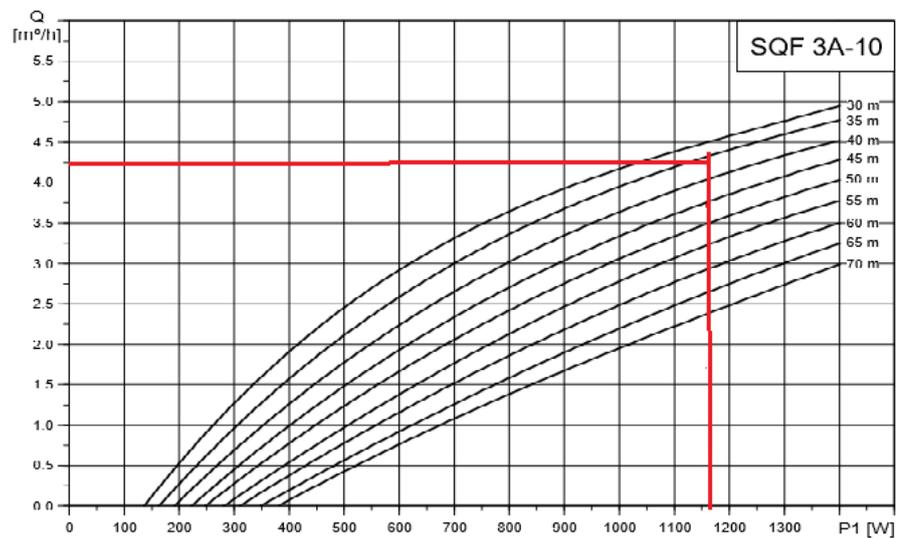
con los datos de altura y caudal calculado en la sección anterior, selecciono el modelo que más se ajusta a mi necesidad.

En este caso la que más se ajusta a nuestras necesidades es un electro bomba de tipo sumergible marca GRUNDFOS de la serie SQ

Flex 3A-10, de tipo centrifuga multietapica con impulsores radiales, directamente acoplada a un motor eléctrico sumergible, el cuerpo de la bomba y del motor están contruidos en su totalidad de acero inoxidable, la bomba tiene cojinetes de caucho lubricados por agua, su cámara de descarga tiene rosca hembra y tiene incorporada una válvula anti retorno, cuyos datos se detallan en los anexos adjuntos.

Figura 29: curva característica de la bomba.

SQF 3A-10



Fuente: Grundfos.

d. Regulador de carga.

Considerando que este dispositivo trabaja directamente con la bomba, se recomienda que dicho equipo sea proveído por el mismo

fabricante de la bomba, en nuestro caso GRUNDFOS. Por lo tanto, el regulador deberá tener las siguientes características.

El Controlador de la bomba tiene funciones adicionales de protección contra sobrecalentamiento, baja carga o sobre carga, intensidades transitorias, alto voltaje, fallo de tierra, cortocircuitos y marcha en seco.

Figura 30: Características técnicas del regulador de carga

Unidad de control CU 200 SQFlex	
Tensión	30-300 VDC, 8,4 A. 90-240 VAC, 8,4 A.
Consumo de potencia	5 W.
Consumo de corriente	Máximo 130 mA.
Cable de la bomba	Longitud máxima entre la CU 200 y la bomba: 300 m. Longitud máxima entre la CU 200 y el interruptor de nivel: 500 m.
Fusible de reserva	Máximo 10 A.
Ruido radioeléctrico	La CU 200 cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. De conformidad con las normas EN 55014 y EN 55014-2.
Humedad relativa del aire	95 %.
Grado de protección	IP55.
Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE. Acti Ve a
Peso	2 kg.

Datos técnicos	Caja de conexiones IO 100 SQFlex	
	Tensión	Máximo 300 VDC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
	Grado de protección	IP55.
	Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE.	

Datos técnicos	Caja de conexiones IO 101 SQFlex	
	Tensión	230 VAC - 15 %/+ 10 %, 50/60 Hz (relé interno). Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
	Grado de protección	IP55.
	Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE. A V	

Fuente: catálogo de Grundfos.

e. Conductores.

Buscamos la situación más desfavorable para dimensionar el conductor y asegurarnos un correcto funcionamiento en las peores situaciones. Con los datos obtenidos en los cálculos del capítulo anterior, se selecciona dos tipos de conductores THW N° 12. Pero como el uso es para trabajar a la intemperie se recomienda un conductor del tipo vulcanizado (NPT) de mínimo 2 x 10 AWG. (4.0 mm².) para el caso del panel regulador.

Tabla 24: Sección de los conductores

TRAMO	Sección del conductor seleccionado	Tipo de cable NPT recomendado
Panel-Regulador	3.3 mm ²	4.0 mm ²
Regulador-Bomba	3.3 mm ²	4.0 mm ²

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, los conductores deberán tener las siguientes características:

Tabla 25: Características de los conductores.

Tipo	THW
Voltaje máximo	600 V
Marca	INDECO (o similar)
calibre	N° 12

Fuente: Elaboración propia.

f. Protecciones.

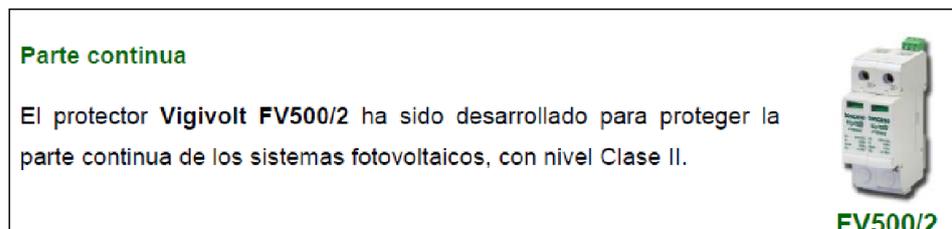
Para la protección de la bomba y el regulador, optamos por una llave termo magnética como protección para que proteja la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas que pueden producirse.

Tabla 26: Características de la llave de protección.

Tipo	Llave termomagnética
Corriente	10 A
Marca	Vigivolt (o similar)
Nivel	Clase II

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Llave termomagnética.



Fuente: Catálogo Vigivolt.

Para las protecciones del sistema conectaremos todas las masas metálicas a una puesta a tierra. Dado que la potencia del generador solar instalado es relativamente alta (mayor a 1 KW), para proteger de todas corrientes que se podrían fugar del sistema.

g. Tuberías.

La elección de las tuberías que transportarán el agua desde el punto de extracción hasta el depósito acumulador debe tener en cuenta dos datos principales. El caudal a extraer y la altura de extracción. Nuestro caudal aproximado de extracción diario es de 4 m³/h con una altura dinámica promedio de 35 metros, también se debe tener en cuenta el diámetro máximo que permite la bomba, en nuestro caso según cálculos el diámetro será de 1 pulgada.

En este proyecto se ha optado por tuberías de PVC, ya que:

- Es un material resistente a la mayor parte de los agentes químicos y presenta un comportamiento óptimo a frente a impactos.
- Reducen las pérdidas de carga en las tuberías frente a las convencionales.
- No forman incrustaciones.
- Son fáciles de instalar por la facilidad de ensamblar, cortar y su reducido peso, lo que las hace ideales para instalaciones enterradas.
- Son inalterables frente a la acción de terrenos agresivos.
- No son inflamables y son autoextingibles.

Dentro de las necesidades anteriormente descritas y teniendo en cuenta el caudal, altura y diámetro máximo de la bomba. Elegimos

la configuración de 25.4 mm de diámetro (1 pulgada), el cuál presenta las siguientes características:

Figura 32: Características de las tuberías de PVC

Características mecánicas		
Características	Requisitos	Método de ensayo
Resistencia al impacto a 0°C (Método de la esfera de reloj)	TIR<10%	UNE EN 744 Método de ensayo de resistencia a choques externos por el método de la esfera de reloj.
Resistencia a la presión interna 20°C 1 hora (Esfuerzo circunferencial: 42 Mpa)	Sin fallo	UNE EN ISO 1167 Determinación de la resistencia a la presión interna
Resistencia a la presión interna 20°C 100 horas (Esfuerzo circunferencial 35 Mpa)	Sin fallo	UNE EN ISO 1167 Determinación de la resistencia a la presión interna
Resistencia a la presión interna 60°C 1000 horas (Esfuerzo circunferencial 12.5 Mpa)	Sin fallo	UNE EN ISO 1167 Determinación de la resistencia a la presión interna
Resistencia a corto plazo para los tubos con embocadura integrada (Dn≥90 mm Presión (bar)=4.2[Pn], Dn<90mm Presión (bar)= 3.36[Pn], 20°C 1 hora)	Sin fallo	UNE EN ISO 1167 Determinación de la resistencia a la presión interna
Características físicas		
Características	Requisitos	Método de ensayo
Temperatura de reblandecimiento Vicat	≥80°C	UNE EN 727 Determinación de la temperatura de reblandecimiento vicat.
Retracción longitudinal en caliente	≤ 5%	UNE EN 743 Retracción longitudinal. Métodos de ensayo y parámetros.
Resistencia al diclorometano	Sin ataque	UNE EN 580 Método de ensayo para la resistencia al diclorometano a una temperatura especificada (DCMT).
Características químicas		
Características	Requisitos	Método de ensayo
Características químicas	≤ 1ppm	UNE EN ISO 6401 Materiales plásticos. Determinación del cloruro de vinilo
Requisitos funcionales		
Características	Requisitos	Método de ensayo
Estanqueidad a presión hidrostática interna a corto plazo	Sin fugas	UNE EN 13845 Método de ensayo de estanqueidad a presión interna y con desviación angular.
Estanqueidad a presión negativa de aire a corto plazo	≤0.05 bar	UNE EN 13844 Método de ensayo de estanqueidad a presión negativa.
Estanqueidad a presión hidrostática interna a largo plazo	Sin fugas	UNE EN 13846 Método de ensayo de estanqueidad a largo plazo con presión hidráulica interior.

Fuente: Catálogo de tuberías PVC.

- **Contador de agua.**

Es necesario tener un contador de agua para saber en todo momento que el proceso funciona bien y que la bomba está extrayendo el agua al volumen establecido, para este proyecto se va a instalar un contador de agua ZENNER, modelo ETK-N-C, tipo doméstico

Figura 33: Contador de agua SENNER.



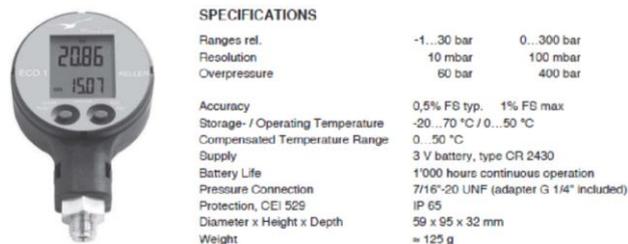
Fuente: Catálogo de SENNER.

- **Manómetro.**

El manómetro se encargará de medir de manera continua la presión que existe dentro de las tuberías al realizarse la extracción de agua desde el pozo al depósito acumulador mediante la bomba. Gracias a la colocación de un manómetro podremos hacer un seguimiento de la presión para evitar cualquier posible avería correspondiente con la bomba o cualquier fuga procedente de las tuberías.

El manómetro recomendado es un manómetro digital ECO1 (o similar) tipo doméstico, este manómetro mide la presión dos veces por segundo. En su pantalla digital aparece la presión instantánea, así como el valor máximo o mínimo global.

Figura 34: Manómetro digital ECO1 KELLER.



Fuente: Catálogo de ECO1 KELLER.

h. Tanque de almacenamiento.

En Sistemas de bombeo solar, siempre es recomendable la utilización de un reservorio para almacenar agua, ya que por el tipo de sistema (generación eléctrica variable) el bombeo no es constante y se da a lo largo del día.

El tamaño del reservorio o tanque de almacenamiento se da en función de la cantidad de agua estimada que se va a bombear y consumir en forma diaria, siempre es recomendable dar un margen de un 25 a 50 % adicional al requerimiento de agua estimado.

El tanque de almacenamiento puede ser fabricado en concreto o utilizar tanque de PVC, que actualmente se fabrica en tamaños de grandes volúmenes (hasta: 25,000 lts.)

La altura a la que se instalara el tanque, está en función del diseño; lo recomendable es que esta altura sea tal de cubrir los puntos más lejanos a donde se distribuirá el agua, de tal manera que esta distribución sea solo por caída a gravedad.

En nuestro caso, se ha acondicionado un tanque de 25,000 lts. El que será montado sobre una plataforma de concreto de 2 m. de altura, ya que los usuarios llenaran sus depósitos en el mismo lugar y así llevarlos a sus domicilios.

Figura 35: Tanque de almacenamiento de 25000 Lts.



Fuente: Proyectos de sistemas de bombeo- Ternique la Matanza.

i. Obreras civiles.

La obra civil estará compuesta por:

La caseta de control.

O caseta de fuerza o caseta de mando, es una obra civil sugerida, pues en ella se montarán los tableros que contienen el controlador u otros equipos de mando del sistema.

La caseta, puede ser de concreto o de otro material como madera, triplay o draywol, en nuestro caso se propone una caseta de concreto, ya que sobre ella se montarán los paneles.

Es factible también no construir esta caseta y acondicionar el tablero de control sobre la estructura de los paneles solares.

Plataforma.

Esta estructura será construida con el fin de elevar, el tanque de almacenamiento de agua, 2 m por encima del nivel de del suelo, para de esta manera utilizarlo (llenar los depósitos) por gravedad.

Esta estructura debe estar construido por concreto armado y fierros corrugados de tal manera que soporte la carga del tanque de almacenamiento.

5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

PRESUPUESTO:

El presupuesto adjunto se dará en función de precios actuales según el mercado peruano; es de indicar que dado que la tecnología fotovoltaica, es una tecnología, de reciente aplicación, no hay fábricas de producción nacional y la totalidad de productos principales (Paneles solares, controladores y bombas) son importados, por lo que normalmente estos costos se dan en dólares.

COSTOS DE EQUIPOS PARA SISTEMAS DE BOMBEO SOLAR

Tabla 27: Presupuesto del sistema de bombeo fotovoltaico.

CANT.	DESCRIPCION	P. UNITARIO	P. TOTAL U.S. \$
--------------	--------------------	------------------------	-----------------------------

		U.S. \$	
I	EQUIPO DE GENERACION ELECTRICA		3,200.00
	a. Generador fotovoltaico de 1225 Wp . Conformado por 05 módulos solares marca ISOFOTON de 245 Wp – 30.8 V DC; potencia suficiente para obtener una capacidad de bombeo de 14 m3/día y a una altura de 35 m. (a irradiación mínima mensual en la zona de la Matanza, Piura.	2,450.00	
	b. Juego de estructuras metálicas, fabricada en Fierro Galvanizado, para soporte del Generador Solar, incluye sistema preventivo antirrobo, soldado y anclaje en concreto.	750.00	
II	EQUIPO HIDRÁULICO:		3,600.00
	a. Sistema de Bomba centrífuga, sumergible multietápica, Marca Grundfos de la serie SQ Flex, modelo SQF 3 A –10. capaz de trabajar con: Paneles solares y Grupo electrógeno	2,900.00	
	b. Sistema electrónico de acondicionamiento de potencia, Sistema controlador de bomba, Grundfos modelo IO 101 SQFlex, que permiten el conexionado para activar la bomba, ya sea con Paneles solares y/o Grupo electrógeno.	700.00	
III	ACCESORIOS DEL SISTEMA		3,600.00
	a. Accesorios eléctricos: cables (TENDIDO de hasta 50 m. De cable vulcanizado 3 X 10 AWG), Tablero de control para uso en intemperie tipo NPT; Interruptores termo magnéticos de 10 A, conectores e Interruptores térmicos para accionado del equipo de bombeo, etc.	1,500.00	
	b. Accesorios hidráulicos hasta el punto de salida, de la noria de captación, incluye	1,600.00	

	válvulas de control, caudalímetro y accesorios hidráulicos de conexión.		
	c. Sistema de Protección con 01 sistemas de Puesta a tierra (para conectar todas las masas metálicas de la instalación)	500.00	
III	MONTAJE		3,000.00
	a. Servicio de Montaje, Transporte e Instalación y puesta en operatividad de equipos presupuestados en la localidad de Hispón – La Matanza, Piura; Incluye Contratación de las pólizas de seguro que contemplan, la protección de riesgos, contra accidentes, robos, responsabilidad civil a terceros; que sufran los equipos hasta la fecha de la firma del Acta de recepción de las instalaciones. Y al personal seguro de riesgo de trabajo que considera póliza de salud, en el caso de accidentes y póliza de pensión en caso de invalidez o riesgo mayor. En la instalación.	3,000.00	
TOTAL, EQUIPAMIENTO SOLAR U.S. \$ (INC. 18 % I.G.V)			13,400.00

Fuente: Elaboración propia.

RENTABILIDAD:

En la instalación de equipos que sirven para mejorar las Condiciones de calidad de Vida, brindando mejoras en los servicios básicos, como el caso

del Servicio de agua, la rentabilidad no solo debe evaluarse en forma cuantitativa, sino también en forma cualitativa.

a. Mejoras Cualitativas que se obtendrán en el Proyecto.

Necesidades que se van a cubrir con este proyecto:

- ✓ Se van a satisfacer una de las necesidades básicas como es el suministro de agua de calidad a las familias asentadas en el caserío de Hispon.
- ✓ Se disminuirá el tiempo de suministro de agua.
- ✓ Ya no habrá largas colas para poder conseguir agua.
- ✓ Ya no se comprará agua en cisternas.
- ✓ El agua alcanzará para todos los beneficiarios.
- ✓ Permitirá destinar un volumen de agua para los animales.
- ✓ Se beneficiará en forma directa todos los habitantes, del caserío de Hispón e indirectamente a Poblaciones aledañas a estos pozos en caso de sequía o que se les malogren sus sistemas.
- ✓ A ganaderos de caprinos y ovinos y aves de corral.

b. Mejoras Cuantitativas del Proyecto.

Dado que el costo de Instalación de Sistemas de bombeo solar aún es caro en el Perú, sobre todo porque los equipos son importados y la inversión es inicial, además de que aún no son muy funcionales, la evaluación de rentabilidad se dará en forma comparativa con Grupos electrógenos, pues con Sistemas convencionales de red eléctrica, la comparación aún no es rentable en el corto o mediano plazo, pero también evaluaremos esta situación.

- Al hacer los cuadros comparativos se debe de considerar, que en los componentes de Sistema de bombeo la proyección de vida útil de los equipos es (Paneles solares, mínimo 20 años, Controlador y Bomba, mínimo 8 años)
- En el Sistema de Bombeo solar, se disminuirán los costos de los accesorios hidráulicos ya que estos son los mismos para cualquier sistema de bombeo (\$ 1,600.00), así como los costos de los equipos de Puesta a tierra, que igualmente son similares (\$ 500.00).

Por lo tanto, el costo del Sistema a evaluar será de U.S. \$ 11,300.00; a un tipo de cambio de U.S. \$ = S/. 2.65.00.

RENTABILIDAD SISTEMA DE BOMBEO SOLAR / SISTEMA GRUPO ELECTROGENO - EN UN AÑO.

La comparación se dará con un Sistema (Grupo electrógeno – Bomba); que aproximadamente cumpla las mismas funciones de operatividad del Sistema de bombeo solar propuesto.

Tabla 28: sistema de bombeo solar vs. Sistema grupo electrógeno.

SISTEMA DE BOMBEO SOLAR	COSTO S/.	SISTEMA DE BOMBEO CON GRUPO ELECTROGENO	COSTO S/.
Costo de Sistema de Bombeo solar	29,945.00	- Costo Grupo electrógeno de 2.5 Kw. Inc. Montaje	5,000.00
-----	-----	- Costo de Electro bomba convencional- Inc. Montaje	3,500.00
-----	-----	- Costo de combustible para bombear un promedio de 14 m3/día de agua (Aprox. 1 galón de Gasolina), en un período de un año.	5,475.00
-----	-----	- Costo de operatividad (Requiere de un operador para prenderlo y apagarlo todos los días) en un período de un año – Ponemos un jornal día de S/. 20.00	7,300.00
- Costo de Mantenimiento - Mínimo	1,000.00	- Costo de Mantenimiento – Los más usuales: Cambio de aceite, bujías y filtro	2,000.00
COSTOS ANUALES SISTEMA SOLAR	S/. 30,945.00	COSTOS ANUALES SISTEMA GRUPO ELECTROGENO	S/. 23,275.00

Conclusiones rentabilidad sistema de bombeo solar / sistema grupo electrógeno - en un año.

- En un año Un Sistema de Bombeo solar es casi igual que Un sistema de Bombeo con Grupo electrógeno; pues en una comparación lo más real posible se aprecia que prácticamente al año de instalado el sistema de bombeo solar, ya casi se pagó la inversión de su instalación.
- Como se indicó anteriormente la dificultad de los Sistemas de bombeo solar es que prácticamente el total de su inversión se da al inicio (inversión inicial S/. 29,945.00 – Inversión resto del año S/. 1,000.00), en cambio en el Sistema con grupo electrógeno, la inversión es diaria día a día (Inversión inicial S/. 8,500.00 – Inversión resto del año S/. 14,775.00).
- Un Grupo Electrógeno a partir del segundo año, puede incrementar sus costos de operatividad ya que, por ser equipo mecánico, se empieza a producir desgaste o falla de piezas que requieren recambio, y probablemente su tiempo de vida no sea mayor a los 5 años.

RENTABILIDAD SISTEMA DE BOMBEO SOLAR / SISTEMA RED CONVENCIONAL - EN UN AÑO.

Se Considerará que la red eléctrica pasa por el lugar de Instalación.

Tabla 29: sistema de bombeo solar vs. Sistema de bombeo eléctrico convencional.

SISTEMA DE BOMBEO SOLAR	COSTO S/.	SISTEMA DE BOMBEO CON SISTEMA ELECTRICO CONVENCIONAL	COSTO S/.
Costo Sistema de Bombeo solar	29,945.00	- Costo Montaje de Sistema	3,600.00
-----	-----	- Costo de Electro bomba convencional- Inc. Montaje	5,500.00
-----	-----	- Costo Recibo mensual en un período de un año	2,000.00
- Costo de Mantenimiento - Mínimo	1,000.00	- Costo de Mantenimiento - Mínimo	1,000.00
COSTOS ANUALES SISTEMA SOLAR	S/. 30,945.00	COSTOS ANUALES SISTEMA GRUPO ELECTROGENO	S/. 12,100.00

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones rentabilidad sistema de bombeo solar / sistema red convencional - en un año.

- En un año Un Sistema de Bombeo Convencional es más económico que Un sistema de Bombeo Solar. A pesar que, aunque el Sistema de bombeo convencional implica menos inversión en el primer año (S/. 12,100.00), en los años sucesivos aún generara algunos costos de

operatividad. En cambio, el Sistema de bombeo solar prácticamente al año de instalado ya se pagó la inversión de su instalación (S/. 30,945.00) y el resto de años, su inversión es muy baja (S/. 1,000.00).

- Como se indicó anteriormente la dificultad de los Sistemas de bombeo solar es que prácticamente el total de su inversión se da al inicio, mientras que, en el resto de sistemas, aunque hay una inversión inicial menor que la solar, la mayor inversión se da en los meses (o años) subsiguientes durante la operatividad.

CAPÍTULO VI.
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

De acuerdo al estudio que se ha seguido en el presente trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La energía solar es una fuente viable de energía: es inagotable, gratuita y de fácil utilización a nivel de uso doméstico, ya que con el aumento de la tecnología se está disminuyendo los costos de fabricación de sus componentes
2. Como era de esperar con un funcionamiento en bombeo directo el caudal dependerá únicamente de la potencia que son capaces de suministrar los paneles, y que dependerá a su vez de la irradiación que incidente en cada momento.
3. El caudal que suministra la bomba para una altura manométrica fijada aumenta a medida que los paneles reciben mayor radiación.
4. El uso de un sistema de bombeo directo que bombea agua desde un sondeo hasta un tanque de almacenamiento es, sin duda alguna, una solución óptima para aquellas localidades aisladas del sistema eléctrico convencional que necesitan de unas cantidades de agua moderadas a diario (abastecimiento de agua potable o regadío).
5. El factor meteorológico que mantiene una relación directa con la generación de energía del panel solar es la irradiancia; otro factor que permite determinar el tiempo de bombeo son las horas diarias de sol
6. Hay tres datos básicos que se necesitan al momento de realizar el dimensionamiento y son: el caudal diario de agua, la altura de bombeo y la radiación solar del lugar.
7. Es un sistema de alta confiabilidad que se estima alrededor de 20 años y durante ese periodo el porcentaje de fallas es extremadamente bajo.

RECOMENDACIONES.

1. Respetar la normativa y reglamentos electrotécnicos aplicables a instalaciones eléctricas.
2. En cuanto a la radiación se recomienda automatizar la toma de datos para poder captar todos los parámetros a evaluar de forma simultánea para evitar posibles errores de lectura durante el tiempo que toma una colección secuencial de datos.
3. Verificación del pozo de agua (capacidad de producción). u Obra civil: cimientos, tuberías y depósito de almacenamiento.
4. Proteger la entrada de la bomba de la posible entrada de suciedad o arena mediante filtros adecuados en cada caso. Tener en cuenta las posibles pérdidas de carga de estos filtros.
5. Evitar tuberías muy largas. Las pérdidas de carga pueden aumentar considerablemente la altura total de bombeo y por tanto el tamaño del generador FV.
6. Proteger los equipos electrónicos en cajas intemperie. El cableado de la instalación debe cumplir con la normativa eléctrica vigente, minimizando las caídas de tensión. Los cables utilizados para bombas sumergibles deben ser apropiados para tal fin.
7. Cuando se efectúa un análisis económico se debe considerar: además del costo energético, el costo de mantenimiento anual de las bombas eléctricas.

CAPITULO VII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

GUEREDIAGA ZURIARRAIN (2004), “Diseño de una instalación de energía solar fotovoltaica para generación de energía eléctrica y bombeo de agua de un centro de salud”

DEP-MEM (2006). Proyecto PER/98/G31 – Electrificación Rural a Base de energía Fotovoltaica en el Perú.

DUFFIE, J y BECKMAN, W. (1974). Solar Energy Termal Processes, Canadá.

CERVANTES HERREJON (2009), “Estudios de sistemas de bombeo fotovoltaico”.

ALONSO ABELLA (2001), “Sistemas fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones fotovoltaicas”

DOMÍNGUEZ GONZALES (2012), “Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Cobaev 35 Xalapa”

Castro Gil (2003). “Sistemas de bombeo eólico y fotovoltaico”.

Norma Técnica de Edificación EM-080 Instalaciones con Energía Solar.

CAPITULO VIII
ANEXOS Y PLANOS

ANEXO 01. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MODULO FOTVOLTAICO.

20TANQUE/sunmodule-solar-panel-245-poly-d.pdf



Sunmodule[™]
SW 245 poly / Version 2.5 Frame

World-class quality
Fully-automated production lines and seamless monitoring of the process and material ensure the quality that the company sets as its benchmark for its sites worldwide.

SolarWorld Plus-Sorting
Plus-Sorting guarantees highest system efficiency. SolarWorld only delivers modules that have greater than or equal to the nameplate rated power.

25 years linear performance guarantee and extension of product warranty to 10 years
SolarWorld guarantees a maximum performance depression of 0.7% p.a. In the course of 25 years, a significant added value compared to the two-phase warranties common in the industry. In addition, SolarWorld is offering a product warranty, which has been extended to 10 years.*

*In accordance with the applicable SolarWorld Limited Warranty at purchase.
www.solarworld.com/warranty

www.solarworld.com



SOLARWORLD
We turn sunlight into power.

Sunmodule⁺

SW 245 poly / Version 2.5 Frame

SW-02-5009US-06-2012

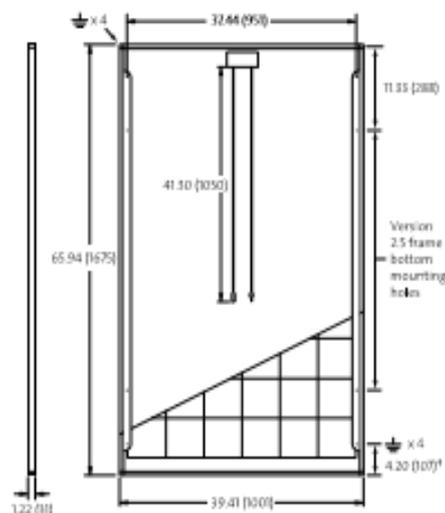
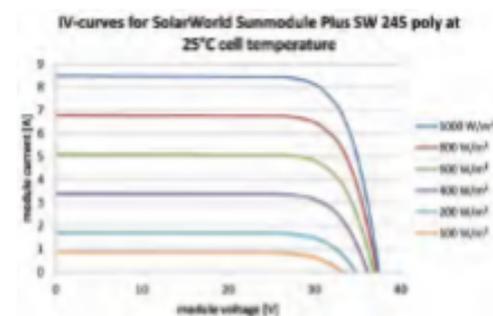
PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 245
Maximum power	P_{max}	245 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	37.5 V
Maximum power point voltage	V_{mp}	30.8 V
Short circuit current	I_{sc}	8.49 A
Maximum power point current	I_{mp}	7.96 A

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0.081 %/K
TC V_{oc}	-0.37 %/K
TC P_{mp}	-0.45 %/K
Operating temperature	-40°C to 85°C



PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 245
Maximum power	P_{max}	176.4 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	33.7 V
Maximum power point voltage	V_{mp}	27.7 V
Short circuit current	I_{sc}	6.84 A
Maximum power point current	I_{mp}	6.37 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C, at 200W/m², 95% (= 75% of the STC efficiency (1000 W/m²)) is achieved.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	6.34 in x 6.34 in (156 mm x 156 mm)
Front	tempered glass (3.2/1.5)
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	46.7 lbs (21.2 kg)

SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

Maximum system voltage SC II	1000 V	
Max. system voltage USA NEC	600 V	
Maximum reverse current	16 A	
Number of bypass diodes	3	
UL Design Loads*	Two rail system	113 psf downward 6.4 psf upward
UL Design Loads*	Three rail system	170 psf downward 6.4 psf upward
IEC Design Loads*	Two rail system	113 psf downward 50 psf upward

*Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.

ADDITIONAL DATA

Power tolerance ¹⁾	-0 Wp / +5 Wp
J-Box	IP66
Connector	MC4
Module efficiency	14.61 %
Fire rating (UL 790)	Class C

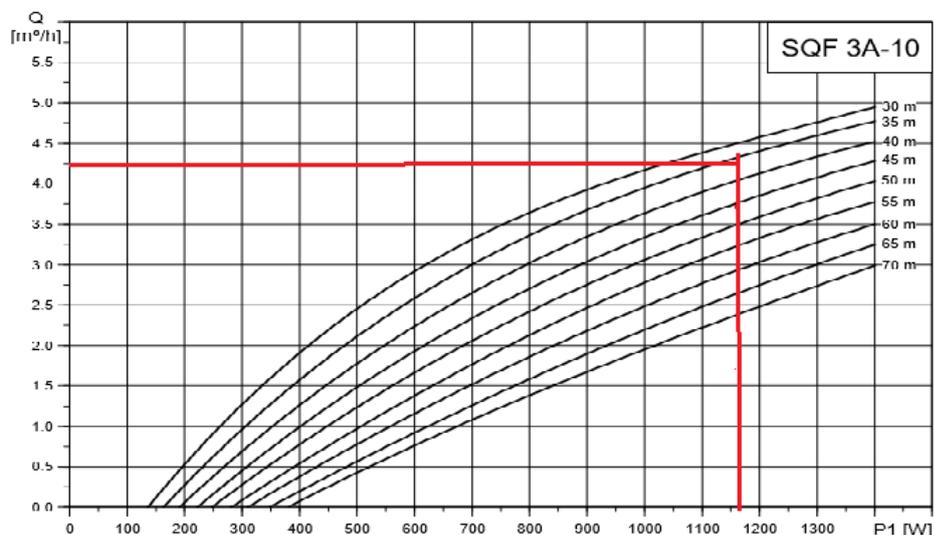


VERSION 2.5 FRAME

- Compatible with both "Top-Down" and "Bottom" mounting methods
- Grounding Locations:
 - 4 corners of the frame
 - 4 locations along the length of the module in the extended flange¹⁾

ANEXO 02. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOMBA Y EL CONTRALOR.

SQF 3A-10

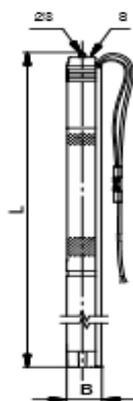


GRUNDFOS

SQFlex

7. Datos técnicos

Dimensiones y pesos



TM02-2203-3001

Bomba	Dimensiones [mm]			Peso neto [kg] *	Peso bruto [kg] *	Volumen de embarque [m ³] *
	L	B	s			
SQF 0.6-2	1185 *	74	Rp 1 1/4	7,6	9,4	0,0242
SQF 0.6-2 N	1185 *	74	Rp 1 1/4	7,6	9,4	0,0242
SQF 0.6-3	1235 *	74	Rp 1 1/4	7,9	9,7	0,0242
SQF 0.6-3 N	1235 *	74	Rp 1 1/4	7,9	9,7	0,0242
SQF 1.2-2	1225 *	74	Rp 1 1/4	7,9	9,7	0,0242
SQF 1.2-2 N	1225 *	74	Rp 1 1/4	7,9	9,7	0,0242
SQF 1.2-3	1295 *	74	Rp 1 1/4	8,2	10,0	0,0242
SQF 1.2-3 N	1295 *	74	Rp 1 1/4	8,2	10,0	0,0242
SQF 2.5-2	1247 *	74	Rp 1 1/4	8,2	10,0	0,0242
SQF 2.5-2 N	1247 *	74	Rp 1 1/4	8,2	10,0	0,0242
SQF 3A-10	968	101	Rp 1 1/4	9,5	11,0	0,0282
SQF 3A-10 N	1012	101	Rp 1 1/4	11,1	12,6	0,0282
SQF 5A-3	821	101	Rp 1 1/2	8,1	9,6	0,0282
SQF 5A-3 N	865	101	Rp 1 1/2	9,3	10,8	0,0282
SQF 5A-7	905	101	Rp 1 1/2	8,8	10,3	0,0282
SQF 5A-7 N	949	101	Rp 1 1/2	10,2	11,7	0,0282
SQF 8A-3	927	101	Rp 2	9,5	11,0	0,0282
SQF 8A-3 N	927	101	Rp 2	9,5	11,0	0,0282
SQF 8A-5	1011	101	Rp 2	10,5	12,0	0,0282
SQF 8A-5 N	1011	101	Rp 2	10,5	12,0	0,0282
SQF 11A-3	982	101	Rp 2	10,9	12,4	0,0282
SQF 11A-3 N	982	101	Rp 2	10,9	12,4	0,0282

* Bomba completa

Datos eléctricos

30-300 V DC o 1 x 90-240 V AC, 50/60 Hz

Bomba	Tipo de motor	Entrada de potencia máxima P_1 [W]	Intensidad máxima [A]
SQF 0.6-2 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 0.6-3 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 1.2-2 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 1.2-3 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 2.5-2 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 3A-10 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-3 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-7 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-3 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-5 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4
SQF 11A-3 (N)	M8F 3 (N)	1400	8,4

Bomba SQF

Suministro eléctrico a la bomba	30-300 VDC, PE. 1 x 90-240 V - 10 %/+ 6 %, 50/60 Hz, PE.
Tiempo de arranque	Depende de la fuente de energía.
Arranque/parada	Número limitado de arranques/paradas por hora.
Grado de protección	IP65.
Protección del motor	Incorporada en la bomba. Protección contra: <ul style="list-style-type: none"> * marcha en seco mediante un electrodo de nivel de agua * sobrevoltaje y subvoltaje * sobrecarga * exceso de temperatura.
Conductividad	≥ 70 µs/cm (microsiemens).
Nivel de ruido	El nivel de ruido de la bomba es inferior a los valores límite indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la CE.
Ruido radioeléctrico	BQF cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. De conformidad con EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.
Función de reinicio	BQF puede reiniciarse mediante el CU 200 o desconectando el suministro eléctrico durante 1 minuto.
Factor de potencia	PF = 1.
Funcionamiento mediante generador	Tensión: 230 VAC - 10 %/+ 6 %. La salida del generador debe ser como mínimo de 1,5 kVA.
Diferencial a tierra	Si la bomba se conecta a una instalación eléctrica dotada de un diferencial a tierra (ELCB en inglés) como medio de protección complementario, dicho diferencial deberá dispararse cuando se produzcan derivaciones a tierra con contenido de corriente continua (corriente continua pulsante).
Diámetro de perforación	BQF 0,6, BQF 1,2, BQF 2,5: Mínimo: 76 mm. BQF 3A, BQF 5A, BQF 8A, BQF 11A: Mínimo: 104 mm.
Profundidad de la instalación	Mínimo: La bomba tiene que estar completamente sumergida en el líquido de bombeo. Máximo: 150 m por encima del nivel estático del agua (15 bar).
Filtro de aspiración	Orificios del filtro de aspiración: BQF 0,6 (N), BQF 1,2 (N), BQF 2,5 (N): Ø2,3. BQF 3A (N), BQF 5A: Ø2,5. BQF 5A N, BQF 8A (N), BQF 11A (N): 4 x 20 mm.
Líquidos bombeados	pH 5 a 9. Contenido de arena hasta 50 g/m ³ .
Marca	CE.

Unidad de control CU 200 SQFlex

Tensión	30-300 VDC, 8,4 A. 90-240 VAC, 8,4 A.
Consumo de potencia	5 W.
Consumo de corriente	Máximo 130 mA.
Cable de la bomba	Longitud máxima entre la CU 200 y la bomba: 300 m. Longitud máxima entre la CU 200 y el interruptor de nivel: 500 m.
Fusible de reserva	Máximo 10 A.
Ruido radioeléctrico	La CU 200 cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. De conformidad con las normas EN 55014 y EN 55014-2.
Humedad relativa del aire	95 %.
Grado de protección	IP55.
Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE.
Peso	2 kg.

Caja de conexiones IO 100 SQFlex

Tensión	Máximo 300 VDC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
Grado de protección	IP55.
Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE.

Caja de conexiones IO 101 SQFlex

Tensión	230 VAC - 15 %/+ 10 %, 50/60 Hz (relé interno). Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
Grado de protección	IP55.
Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C. Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.
Marca	CE.

ANEXO 03. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 25000 Litros.



USOS Y APLICACIONES

Los tanques industriales han sido diseñados para utilizarse en diferentes tipos de industrias, entre ellas se pueden mencionar a:

PRINCIPALES USOS EN LAS INDUSTRIAS

- Industrias Químicas
- Empresas de Saneamiento
- Industrias Petroleras
- Industrias Cerveceras
- Industrias Textiles
- Industrias Agroquímicas
- Industrias Vitivinícolas
- Empresas Mineras
- Industrias Fertilizantes
- Industrias Alimenticias
- Industrias de Bebidas
- Industrias de Pinturas
- Agroindustrias
- Almacenamiento de agua potable
- Industrias Metalúrgicas
- y más

Para mayor detalle sobre resistencias del polietileno de alta densidad a las sustancias químicas a almacenar solicitar asistencia técnica al jefe de Producto de la Línea de Tanques Industriales (Central telefónica 6196400 anexo 268, correo: ogarcia@eternit.com.pe)



PRODUCCIÓN DE GASOL



TRATAMIENTO DE AGUA

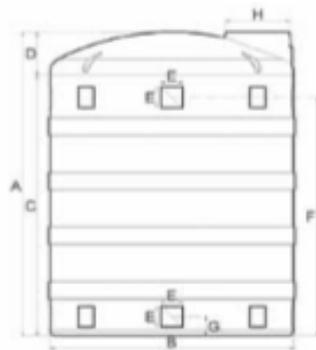
VENTAJAS

- Por su peso, resulta muy práctico su transporte e instalación.
- Pueden ser instalados sobre una superficie plana o enterrados.
- Solución rápida y económica para sistemas de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales.
- Permiten almacenar agua potable de forma segura y además, diversos compuestos químicos utilizados en procesos industriales.
- Pueden ser utilizados para acoplar en ellos sistemas de tratamiento de agua o agua residual.
- No requiere ningún tipo de anclaje a la base.
- Contamos con accesorios especiales para distintas aplicaciones industriales, así como para la distribución adecuada del agua a almacenar.
- Contamos con stock para atender sus necesidades de forma inmediata.
- Contamos con un equipo técnico para la instalación de los tanques solicitados.
- Asesoría técnica permanente.

¹ Consultar con el departamento técnico sobre el compuesto químico a almacenar

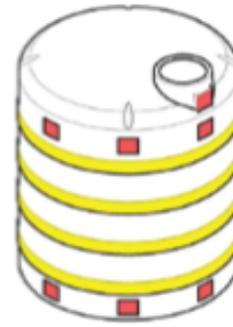
² Stock en tanques estándar; los tanques reforzados o extrareforzados se fabrican a pedido

INSTALACIÓN DE ACCESORIOS



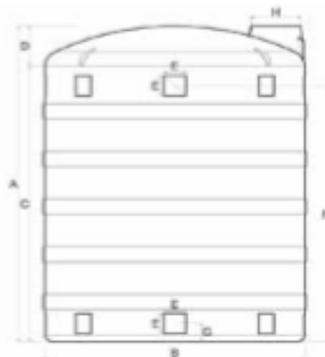
SUPERFICIES PLANAS (TANQUE 10000)

Ubicados simétricamente cada 45°, en la parte superior e inferior del tanque, lo que permite la colocación de accesorios para la entrada y salida del líquido a almacenar.



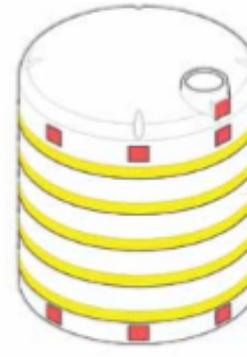
ANILLOS DE REFUERZO (TANQUE 10000)

4 anillos de refuerzo, los que le confieren al tanque mayor resistencia a las presiones internas.



SUPERFICIES PLANAS (TANQUE 26000)

Ubicados simétricamente cada 45°, en la parte superior e inferior del tanque, lo que permite la colocación de accesorios para la entrada y salida del líquido a almacenar.



ANILLOS DE REFUERZO (TANQUE 26000)

5 anillos de refuerzo, los que le confieren al tanque mayor resistencia a las presiones internas.

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES SEGÚN CAPACIDAD (mm)		
	Tanque 6000 lts.	Tanque 10000 lts.	Tanque 26000 lts.
Altura (A) mm	1800	3000	3990
Diametro (B) mm	2200	2200	3000
(C) mm	1330	2530	3420
(D) mm	470	470	570
(E) mm	150	200	250
(F) mm	1235	2360	3230
(G) mm	145	190	227
Tapa (H) pulg	18	18	18

PESO DE LOS TANQUES SEGÚN EL TIPO

TIPO DE TANQUE	PESOS DE TANQUES SEGÚN CAPACIDAD (kg)			
	6000 litros	10000 litros	26000 litros	Densidad (kg/dm ³)
Estándar	95	220	554	1,00 - 1,10
Reforzado	119	275	693	1,11 - 1,15
Extrareforzado	143	330	831	1,16 - 1,20

ANEXO 04. DATOS TECNICOS DE CONDUCTOR MARCA INDECO.



THW-90

Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado o flexible. Aislamiento de PVC.

Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V <Sección> <Año de Fabricación>

Calibres

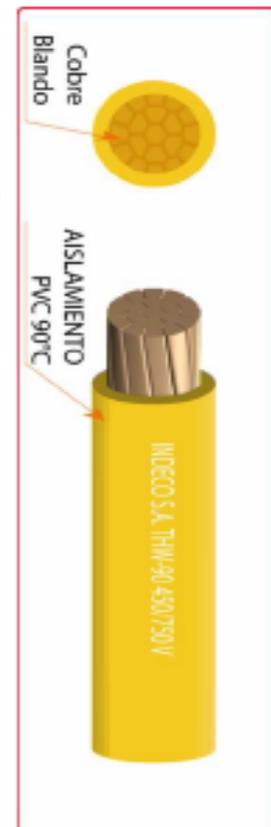
2.5 mm² - 500 mm²

Embalaje

De 2.5 a 10 mm²: En rollos estándar de 100 metros.
De 16 a 500 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 10 mm²: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.
Mayores de 16 mm²: Solo en color negro.



Normas de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
90°C

e-mail / ventas@indecocom.pe / marketing@indecocom.pe / web / www.indecocom.pe

1

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	360
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

e-mail / ventas@indecop.com.pe / marketing@indecop.com.pe / web / www.indecop.com.pe

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

ANEXO 05. DATOS DE LA RADIACION SOLAR SEGÚN EL SENAMHI Y LA NASA.



NASA meteorología de superficie y la energía solar - Tablas disponibles



Latitud **-5,211** / longitud **-80.088** fue elegido.

Información de la geometría

Elevación: **527** metros
tomadas de la
NASA GEOS-4
Modelo de Elevación

Limite norte
-5
Limite occidental -81 Centro de latitud -5.5 Longitud -80.5 Limite oriental -80
Limite sur
-6

Parámetros para el Dimensionamiento y el señalar de los paneles solares y para aplicaciones de energía solar térmica:

La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (kWh / m² / día)

Latitud -5,211 Longitud -80.088	ene	feb	mar	abr	mayo	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Mensual media
Promedio de 22 años	6.11	6.11	5.26	5.96	5.32	4.76	4.63	4.99	5.68	5.90	6.02	6.19	5.65

Diferencia mínima y máxima de mensual promediado insolación (%)

Latitud -5,211 Longitud -80.088	ene	feb	mar	abr	mayo	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Mínimo	-dieciséis	-13	-12	-13	-18	-18	-15	-8	-8	-7	-10	-9
Máximo	8	11	11	10	11	15	22	8	9	15	10	dieciséis

Definición del parámetro



[Volver a la página inicial](#)
[SSE Conjunto de Datos](#)

Responsable> Datos: Paul W. Stackhouse, Jr.,
A.D.
Funcionarios> Archivo: John M. Kusterer
Administración del sitio / Ayuda: NASA Langley
usuario
Servicios [\(Contáctenos\)](#)
/ [política de privacidad y Avisos importantes](#)

Documento generado El jue 17 Nov 2016 17:21:07
ST

**TABLA DE RADIACION SOLAR EN EL PERU
(Promedio Diario Anual)**



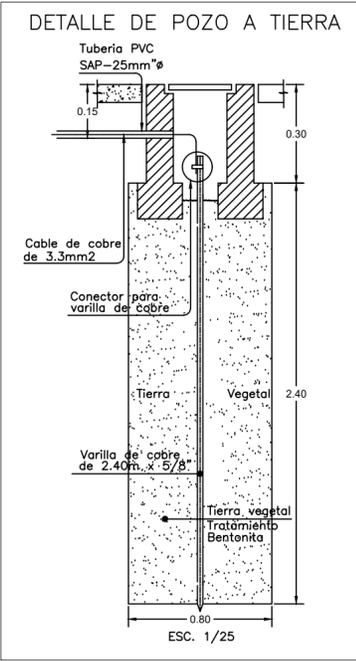
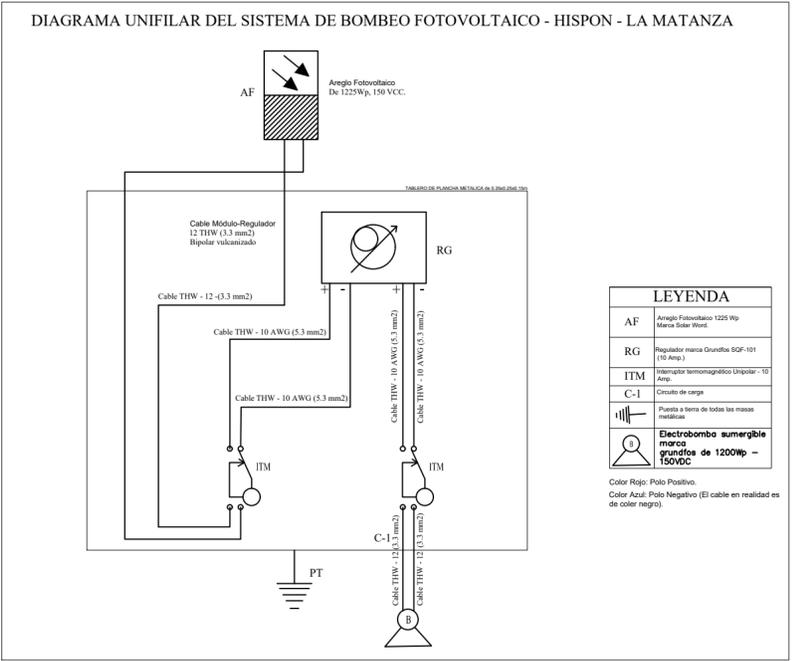
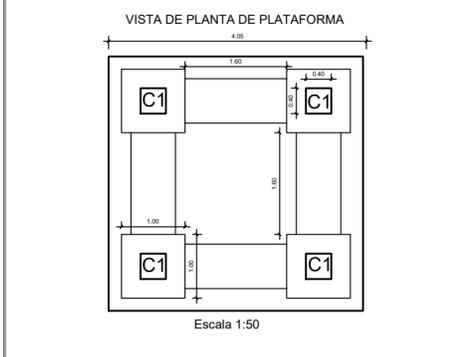
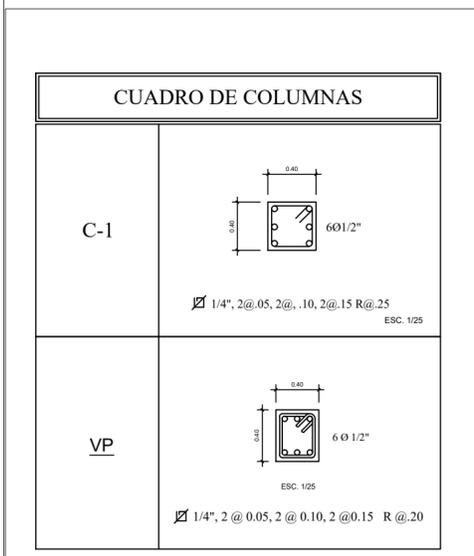
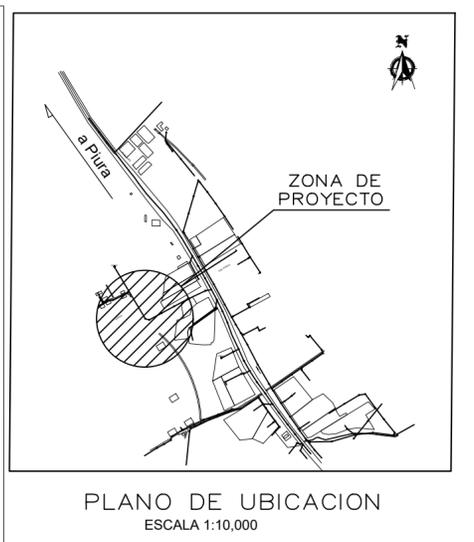
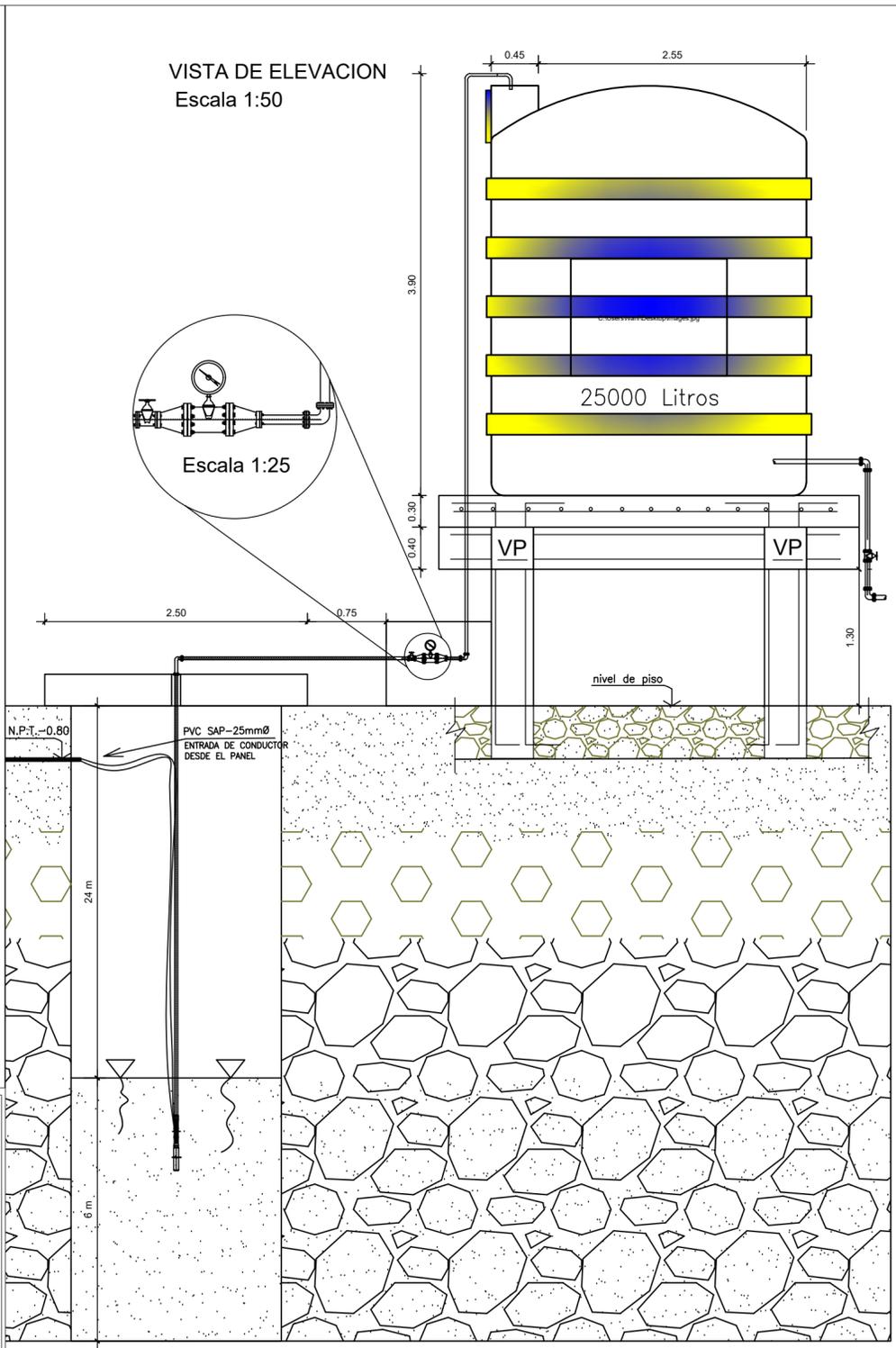
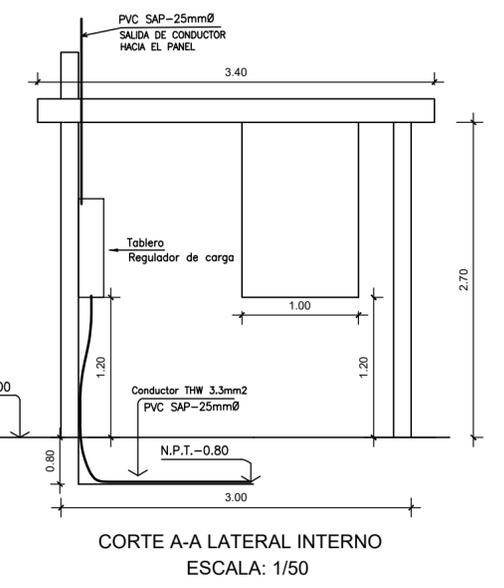
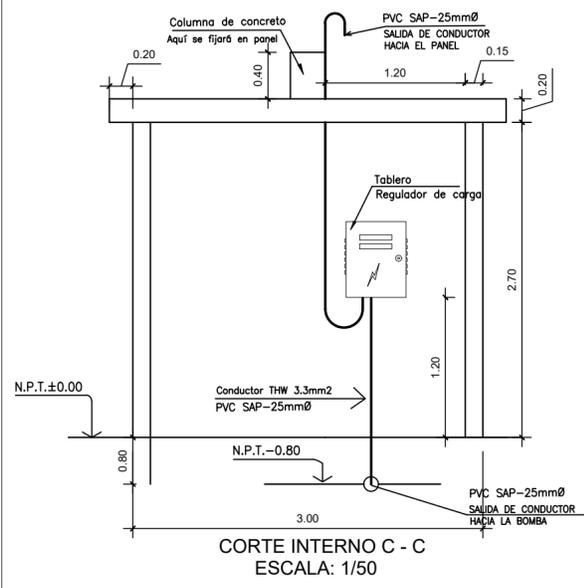
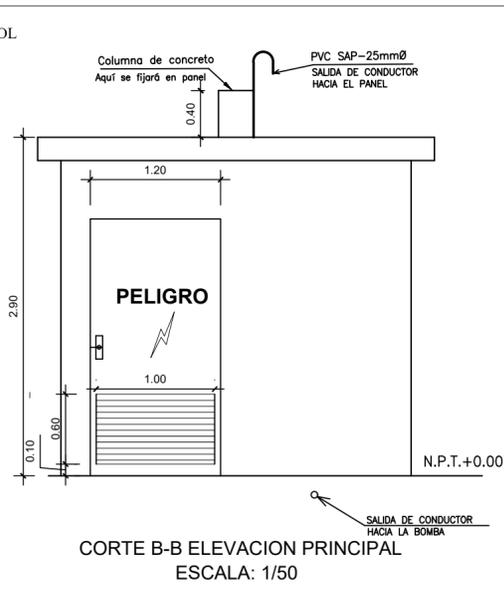
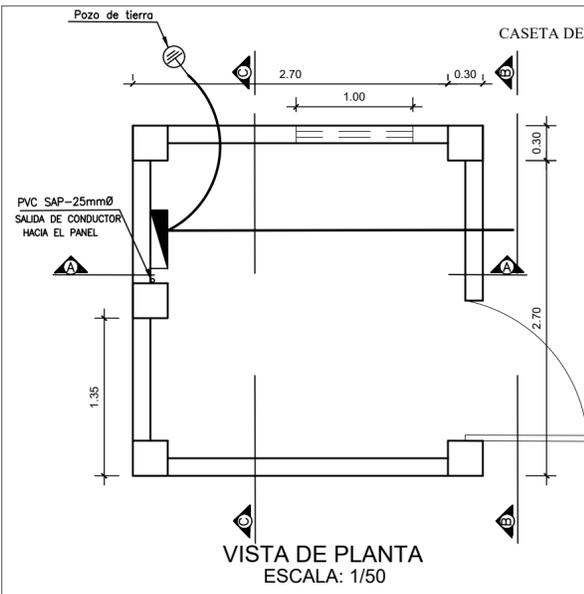
Departamento	Ubicación Estratégica Meteorológica	Altitud (m)	Rad. Solar (KWh/m ²) - día	Grado de Inclinación del Colector Solar (Recomendado)
Tumbes	Zorritos	5	4.93	14
Piura	Tablazo	147	5.82	15
Cajamarca	Cajamarca	2750	6.58	17
La Libertad	Cartavio	51	4.86	17
Ancash	Huaraz	3207	5.79	18
Huánuco	Huánuco	1800	5.15	20
Cerro de Pasco	Atacocha	4023	5.45	21
Junín	Huancayo	3350	6.78	22
Lima	La Molina	251	4.09	22
Huancavelica	Tunel Cerro	4600	5.87	22
Cuzco	Kayra	3219	5.28	23
Apurímac	Abancay	2398	5.21	25
Ica	Ica	398	5.28	25
Ayacucho	Cachapampa	2450	6.62	25
Puno	Puno	3825	6.80	26
Arequipa	Characato	2461	7.09	27
Moquegua	Moquegua	1420	6.14	27
Tacna	Calana	590	5.43	25

TABLA DE RADIACIÓN SOLAR EN LA LOCALIDAD DE HISPON - LA MATANZA - PIURA



Mes	Nº días	Hd (m)	abatimiento (m)	Eh	Rad. Solar (KWh/m ²) - día	Eh/EHSP
Febrero	28	4.65	1.5	1.57	6,4	0.34
Marzo	31	4.65	1.5	1.57	6,56	0.29
Abril	30	4.65	1.5	1.40	6,15	0.34
Mayo	31	4.65	1.5	1.40	5,8	0.36
Junio	30	4.65	1.5	1.40	5,1	0.41
Julio	31	4.65	1.5	1.40	4,78	0.40
Agosto	31	4.65	1.5	1.40	4,81	0.39
Setiembre	30	4.65	1.5	1.40	5,52	0.36
Octubre	31	4.65	1.5	1.40	6	0.36
Noviembre	30	4.65	1.5	1.57	6,1	0.39
Diciembre	31	4.65	1.5	1.57	6,35	0.36

PLANOS



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

ZAPATAS, COLUMNAS: $f_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$

CIMENTOS CORRIDOS: CEMENTO-HORMIGON: 1:10 + 30% P.G. (NO MAYOR DE 6")

SOBRECIMENTOS: CEMENTO-HORMIGON: 1:8 + 25% P.M. (NO MAYOR DE 4")

SOLADO: CEMENTO-HORMIGON: 1:12

ACERO

$f_y = 4200 \text{ Kg./cm}.$

RECUBRIMIENTOS

ZAPATAS: 5.00 c.m.

COLUMNAS: 4 c.m.

TERRENO

RESISTENCIA DEL TERRENO: $t = 0.85 \text{ Kg/cm}$ (VERIFICAR EN OBRA)

PROFUNDIDAD MINIMA DE EXCAVACION: 0.90m.

PROYECTO :

SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO HISPON - LA MATANZA - PIURA

PLANO :

OBRAS CIVILES CASETA Y PLATAFORMA

AUTOR:

Br. Carlos Ivan De La Cruz De La Cruz

REVISADO : Ing. Julca Orozco Teobaldo

APROBADO : Ing. Julca Orozco Teobaldo

FECHA : Enero 2018

DEPARTAMENTO : PIURA

PROVINCIA : MORROPON

DISTRITO : LA-MATANZA

ESCALA : Indicada

Nº DE PLANO : 01