



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, CON UNA
PERSPECTIVA DE VIABILIDAD PARA USO DOMÉSTICO, PARA
EL POBLADO DE MORORCCO, DISTRITO DE MUÑANI,
PROVINCIA DE AZÁNGARO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HITLER URBINO MAMANI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad
de cumplir mis metas.

A mis padres por velar por mi bienestar,
por el cariño incondicional, la motivación
y el apoyo a lo largo de mi vida.



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, familia, amigos por su apoyo

incondicional para cumplir esta meta tan importante para mí.

A mi asesor académico por su compromiso, dedicación
y orientación durante el proceso de la investigación.

A todas las personas que hicieron posible la realización
de mi tesis con su colaboración, por haber contribuido
en mi crecimiento profesional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema 11

1.2 Formulación del problema..... 12

1.3 Justificación del estudio..... 12

1.4 Objetivos de la investigación..... 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico..... 15

2.2 Marco Conceptual..... 34

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del estudio..... 39

3.2 Periodo de Duración del Estudio 39

3.3 Procedencia del material utilizado 39

3.4 Tipo y diseño de investigación 41

3.4 Población y muestra del estudio 42



3.5. Técnicas y artefactos de recolección de datos	43
3.6. Análisis de los resultados.....	44

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.....	45
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS.....	63
ANEXOS.....	66
Anexo 1. Modelo de entrevista informal	66
Anexo 2. Diagrama de Sistema de bombeo fotovoltaico	67
Anexo 3. Regulador Fotovoltaico.....	67
Anexo 4. Kit solar y paneles solares.....	68
Anexo 5. Bomba sumergible	68

Área: energía solar fotovoltaica

Línea: Sistema de Bombeo de Agua

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 de febrero de 2022



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del Distrito de Muñani	20
Figura 2: Geografía del Distrito de Muñani	20
Figura 3: Tipos de radiación solar	21
Figura 4: Mapa solar del Perú	22
Figura 5: El Agua en Perú	23
Figura 6: Concepto de horas sol pico	24
Figura 7: Sistema de bombeo solar fotovoltaico	26
Figura 8: Pozo de agua	28
Figura 9: Instalación solar fotovoltaica sin batería.....	30
Figura 10: Radiación solar débil el panel suministra escasa fuerza	33
Figura 11: Radiación solar débil.....	33
Figura 12: Sistema de bombeo de agua fotovoltaico.....	48
Figura 13: Unidades hidráulicas para calcular CD.....	55



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipos y materiales del sistema de bombeo	41
Tabla 2: Consumo de agua	50
Tabla 3: Descripción, consumo de la población	51
Tabla 4: Demanda de consumo en el Centro Poblado de Mororcco	51
Tabla 5: Coeficientes de Hazen – Williams ©	53
Tabla 6: Diámetro nominal.....	53
Tabla 7: Dimensionamiento del sistema Motor – Bomba	57
Tabla 8: Características generales de la bomba	57
Tabla 9: Energía requerida.....	58
Tabla 10: Presupuesto de sistema fotovoltaico y bombeo.....	59
Tabla 11: Presupuesto de almacén de agua y accesorios.....	60
Tabla 12: Presupuesto Total	60



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua	26
CC	: Corriente Continua.....	74
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática	15
OMC	: Organización Mundial del Comercio.....	61
OMS	: Organización Mundial de la Salud	61
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología Hidrológica	25



RESUMEN

La tecnología fotovoltaica sirve para transformar la luz solar en electricidad, por lo que al ser un recurso renovable y limpio son de gran importancia sus aplicaciones en la actualidad. La presente investigación se plantea como objetivo de estudio diseñar un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, de manera tal que sea viable su aplicación para uso doméstico en comunidades aisladas. La cual tiene como metodología ser una investigación de tipo descriptivo con un diseño no experimental, método cuantitativo, basándose en investigaciones previas e información de libros para el diseño del sistema. Los parámetros necesarios para los cálculos de generación y cálculos hidráulicos se tomarán en cuenta considerando una casa familiar convencional ubicada en una comunidad rural. Se plantea además realizar una evaluación económica para determinar la viabilidad del sistema de bombeo fotovoltaico a nivel doméstico, llegando a la conclusión que se contribuye a la mejoría de la comunidad, siendo esta una alternativa para el suministro de agua ya que es una tecnología sencilla, confiable y se adapta a las capacidades técnicas y necesidades de la zona en estudio, además se espera que sirva de aporte a otros proyectos que vienen desarrollándose sobre los sistemas de bombeo con paneles solares fotovoltaicos, y que en futuras investigaciones pueda materializarse el diseño realizado.

Palabras Clave: Agua, energía solar fotovoltaica, sistema de bombeo, uso doméstico.



ABSTRACT

Photovoltaic technology is used to transform sunlight into electricity, so as it is a renewable and clean resource, its applications are of great importance today. The present research aims to design a water pumping system for human consumption, using photovoltaic solar energy, in such a way that its application for domestic use in isolated communities is viable. The methodology of which is to be a descriptive research with a non-experimental design, a quantitative method, based on previous research and information from books for the design of the system. The parameters necessary for the generation calculations and hydraulic calculations will be taken into account considering a conventional family home located in a rural community. It is also proposed to carry out an economic evaluation to determine the viability of the photovoltaic pumping system at the domestic level, reaching the conclusion that it contributes to the improvement of the community, this being an alternative for water supply since it is a simple technology, It is reliable and adapts to the technical capabilities and needs of the area under study, and it is also expected to serve as a contribution to other projects that are being developed on pumping systems with photovoltaic solar panels, and that the design carried out may materialize in future research.

Key Words: Water, photovoltaic solar energy, pumping system, domestic use.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día, el mundo entero se encuentra en una situación compleja en cuanto a términos energéticos se refiere, cuya causa se debe en gran parte al uso desmedido de las fuentes no renovables de energía. Es por ello que existe la motivación de un estudio de energías alternativas, enfocados en la solar fotovoltaica; a través de la instalación de paneles fotovoltaicos para abastecer el centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro, el cual no escapa de esta realidad.

Razón por la cual el presente proyecto de investigación que propone un sistema de bombeo de agua que utilice energía solar fotovoltaica como fuente, desde arroyos hasta tanques de almacenamiento, para contribuir con el uso de agua potable y distribuirla a los residentes, siempre que el sistema a diseñar deba ser mantenido por la comunidad, y al mismo tiempo, los costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos.

El agua que consumen los pobladores de la comunidad no cuenta con un adecuado tratamiento, siendo vulnerables a contraer enfermedades de origen híbrido, causadas por la contaminación de las aguas y la presencia de microorganismos, virus, bacterias, protozoarios, sustancias químicas, entre otros.

Adicionalmente la comunidad no cuenta con una red eléctrica y vías de acceso que se encuentren en buenas condiciones, es significativo estar consiente que ninguna instancia del sector público o privado, ha mostrado interés en un estudio basado en la proyección de un sistema de agua potable para este centro poblado.

Este centro poblado se encuentra aislado debido a que la accesibilidad de vehículos y transporte público en el período de lluvias es muy escasa, además de su lejanía respecto a la ciudad más cercana, hace que todo encarezca, entre los cuales están los



combustibles fósiles, costando un galón de gasolina el doble que, en el mercado, por tanto, dará una tarifa mensual muy elevada en costos, que no podrá ser cubierta por los pobladores. Para el sistema de bombeo, también se consideran las fuentes de energía alternativas, como la eólica, pero en esta zona la frecuencia del viento no es constante, disminuye la probabilidad de que el sistema de bombeo que funcione correctamente.

Por tanto, en este estudio se formula una solución alternativa, que puede compensar en cierta medida los problemas que padece la población actual y el centro de la ciudad. Teniendo en cuenta que se busca una fuente de energía que pueda alimentar el sistema de bombeo sin utilizar electricidad ni combustibles fósiles.

1.2 Formulación del problema

¿El centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro, podrá contar con un sistema de agua potable sostenible, a través del bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica?

1.3 Justificación del estudio

En el presente estudio viene dado tomando en cuenta en las poblaciones rurales, hay una preocupación latente el suministro de agua, ya que en la mayoría de estas comunidades aisladas no existen suministro eléctrico que ayude en los procesos de bombeo de aguas subterráneas, por lo tanto, un sistema de bombeo de agua usando tecnología fotovoltaica tiene justificación en los siguientes aspectos:

Desde el aspecto ambiental. El caso que se vive en el mundo gracias a la contaminación producida por la implementación de energía generada de combustibles fósiles, ha obligado a tomar alternativas como las energías renovables para minimizar en parte el mal ecológico provocado. Desde el punto de vista científico. Este examen de suficiencia promueve la utilización de las energías no convencionales. Además, que va a servir como precedente para otras averiguaciones en relación con el asunto.



Desde el ámbito social. El aprovechamiento de la energía solar es una de las posibilidades para detener y mitigar un poco el daño que la sociedad ha provocado y causado en la naturaleza, es por esa razón que hace falta de conjuntos y sistemas en los que se implementen las diversas aplicaciones de la energía solar, en medio de las cuales está el bombeo fotovoltaico.

Con base en la situación anterior, se decidió diseñar un sistema de bombeo de agua que funcione mediante energía solar fotovoltaica con el fin de brindar soluciones a las comunidades aisladas de las fuentes tradicionales de energía, y según la última encuesta del Instituto Nacional Estadísticas e Informática (INEI, 2015), Perú El 42% de las zonas rurales de la selva carecen de suministro eléctrico, mientras que el 78,5% y el 72,4% de las zonas rurales costeras y montañosas cuentan con electricidad, respectivamente. Por tanto, con el fin de mejorar la calidad de vida de los residentes pertenecientes al centro poblado de Mororcco.

Desde una visión técnica. El aprovechamiento de la energía solar es una de las posibilidades para detener y mitigar los perjuicios que la sociedad ha provocado y causa en la naturaleza, es por esa razón que es necesario de conjuntos y sistemas en los que se implementen las diversas aplicaciones de la energía solar, en medio de las cuales está el bombeo fotovoltaico.



1.4 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Diseñar un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, de manera tal que sea viable su aplicación para uso doméstico en centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro.

Objetivos específicos

- Describir los diferentes elementos requeridos para el funcionamiento de un sistema de bombeo de agua, utilizando energía solar fotovoltaica en comunidades aisladas de fuentes convencionales de energía eléctrica.
- Determinar los requerimientos de abastecimiento de agua tomando en consideración una casa familiar convencional en comunidades aisladas.
- Definir la potencia eléctrica del sistema de bombeo de agua y paneles solares, tomando en consideración una casa familiar convencional y la radiación solar en comunidades aisladas.
- Realizar una evaluación económica para determinar la viabilidad de la implementación del sistema a nivel doméstico en comunidades aisladas.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1 Antecedentes del estudio

En la actualidad la tecnología fotovoltaica disponible, es una alternativa importante para ser aplicada en diversas actividades industriales, agropecuarias y domésticas. Entre los usos más comunes se encuentra el bombeo de agua, calentadores de agua, cercos eléctricos, sistemas de secado de productos agrícolas y la electrificación básica para uso doméstico (Arija 2010). A continuación, se presentan una serie de investigaciones relacionadas con la aplicación de esta tecnología.

A nivel internacional, Lamana (2018), En un campo dedicado al cultivo de avellanas y nueces en Cataluña, España, se seleccionó un sistema de bombeo solar fotovoltaico directo para riego por goteo. Para llevar a cabo su proyecto de investigación, realizó una investigación sobre la ubicación, la zona, el consumo de agua del año y el clima de la zona para conocer la radiación solar disponible para satisfacer la demanda de agua. Utiliza la "Guía de desarrollo de proyectos de bombas de energía fotovoltaica del Laboratorio Nacional Sandia del Southwest Energy Development Institute (NMSU / SWTDI)" para determinar la escala de instalación basada en la escala de instalación con los datos hidráulicos y energéticos más altos del mes. Relación con la energía solar disponible. Se determinó la configuración del sistema y el equipo requerido para bombear energía solar desde el pozo a la cuenca en la superficie.

Campuzano y Campuzano (2016), en su objetivo de investigación se encontró el diseñar un sistema alternativo de producir energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos y bombear agua desde un pozo con fines establecidos para el beneficio de la comunidad San Antonio, en Dirimaba, Nicaragua. Al finalizar la investigación se



lograron las conclusiones, donde la implementación se obtuvo que un sistema de bombeo solar es flexible respecto a las motobombas convencionales, ya que una misma bomba puede aumentar su capacidad si aumenta el número de módulos fotovoltaicos. Estimaron que la era de vida de los recursos de un electro bomba es de 5 a 10 años dependiendo de la tecnología y en el caso de una instalación con energía solar la época de vida es de 20 años.

A nivel Nacional, Asmat (2018), determina la eficiencia del sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito Yaurisque-Cusco de Perú; mediante análisis estadístico se toman en cuenta variables como la radiación solar, temperatura, velocidad del viento, el caudal que proporciona la bomba, y la corriente generada por el panel fotovoltaico. En su resumen, señaló que el sistema no operaba con la máxima eficiencia porque la altura de trabajo de la bomba era menor que la altura de la mejor bomba. También se recomienda utilizar los componentes del sistema de bomba fotovoltaica (motobomba y panel solar); Calcule el diámetro óptimo del tubo de pulso y el grosor del cable de alimentación de la bomba del panel para evaluar la implementación y uso de las células solares, ya que esto aumentará el agua disponible diaria para el riego nocturno.

Por su parte Chapoñan (2018), hizo el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de cruz de Pañala-Morrope-Lambayeque que incluía 38 viviendas para uso doméstico, además de 01 iglesia, 01 local comunal y 01 colegio. Obtuvo los datos de radiación solar promedio mensual de todo el año a través de las estadísticas proporcionadas por el sitio web de la NASA y el atlas de SENAMHI; y seleccionó paneles fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores, etc. Diseñó una central fotovoltaica en miniatura para la comunidad, que consta de 60 paneles fotovoltaicos, cada uno con una potencia de 185 Wp, 48 baterías, 3 reguladores de carga y 3 inversores. La potencia instalada del sistema de captación de



energía es de 11,10 kWp; igualmente, se ha diseñado un sistema de bombeo fotovoltaico realizado por nueve paneles fotovoltaicos de 190 Wp, además de interventores o controladores, bombas sumergibles PS1800 LORENTZ y un sistema de distribución de energía de baja tensión de 220 V.

Alfaro (2016), realizó el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua al caserío Plan Manzanas, Cajamarca; ya que la comunidad presentaba la problemática de escasez de agua, ya que sus habitantes recorren grandes distancias para abastecerse de la misma y poder usarla a nivel doméstico y agrícola. Realizó un diseño preciso de generación de energía eléctrica para el bombeo de agua, desde un pozo artesanal que debido a la falta de energía eléctrica convencional es no estaba en funcionamiento. En su investigación obtuvo el consumo energético real y la selección correspondiente de equipos del sistema fotovoltaico.

2.1.1 Distrito de Muñani

La presente investigación denominada sistema de bombeo de agua para consumo humano utilizando energía solar fotovoltaica, con una perspectiva de viabilidad para uso doméstico, será realizada en el centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro. a continuación, se mostrará una breve reseña del Distrito de Muñani.

Muñani es un distrito o jurisdicción de la provincia de Azángaro, provincia de Puno, Perú, administrado por el Gobierno Regional de Puno. En el año 2007 poseía una población de 7 582 pobladores y una densidad de la población de 9,9 personas por km². Encierra un área total de 764,49 km².



2.2.1.2. Historia

Muñani es un distrito fundado el 2 de mayo de 1854, bajo el gobierno de José Rufino Echenique. Es necesario decidir si fue un Decreto de Ruffo Echenique o del primer líder cholo del Perú Don Ramón Castilla y Marquesado.

2.2.1.3. Geografía

Muñani está localizado en las coordenadas $14^{\circ}45'49''\text{S } 69^{\circ}57'9''\text{O}$ / -14.76361, -69.95250. De acuerdo con el INEI, Muñani tiene un área total de 764,49 km², este distrito está localizado en el este de la Provincia de Azángaro, en el sector norte del departamento de Puno y en el sur de la región peruano. Su capital Muñani encuentra a una elevación de 3.916 msnm.

2.2.1.4. Demografía

Muñani es una población conformada por 7.582 personas, según el último censo del año 2017 su densidad era de 9,9 hab./km². [2].

2.2.1.5. Atractivos turísticos

Hacienda Huasacona, a un kilómetro tenemos la posibilidad de mirar un caserío de la ex hacienda Huasacona, que pertenecía a el núcleo familiar Andrés Ratty en tiempos del gamonalismo, un espacio bastante llamativo por la existencia de un imponente bosque de árboles de eucalipto, pino, ciprés y kolly un paisaje artificial localizado a los pies del monte Muñani, donde actualmente esta sociedad campesina cuenta con un centro criadero de vicuñas.

Además se pudo encontrar con la información de la ex hacienda de Muñani de José María Linares e hijos; la cual se relaciona con una de las familias más criminales del gamonalismo, luego esta hacienda ha sido convertido con la reforma agraria en una unidad de producción nombrado “Sociedad Agrícola de Interés Social” (SAIS) Huayna Capac, donde cuenta la historia que esta infraestructura ha sido una ciudadela que



contenía dos patios, uno rodeado de habitaciones, cocina, quesería, depósito o almacén, mientras que el otro con una horna o capilla con una imagen de San Sebastián donde la población hacía honor al santo el 20 de enero de todos los años “día de San Sebastián”, después una sala con segundo piso, en especie de palomar para recibir visitas. Además de esta hacienda existía, la hacienda Morelo que se dedicaba a la ganadería y ha sido expropiada con la reforma agraria de 1969, los últimos dueños terratenientes fueron don Enrique Cuentas Zavala al lado de su mujer doña Carmela Choquehuanca Román de Cuentas.

A siete (7) kilómetros al Noreste del distrito pudimos encontrar un espacio nombrado Mallquini – “los Sauces”, esta vieja hacienda ha sido propiedad del núcleo familiar imperial Choquehuanca, la cual con la era pasó a manos de Rosalía Roselló Vieyra de Cornejo el que le tuvo lugar a su hijo Ismael y este al fallecer se la cedió a doña Julia Cuentas Zavala de Cornejo-Rosello, la última propietaria anterior a la reforma agraria, luego de diversos años se retornó el centro de crianza alpacas de la compañía Michel, con alta tecnología genética, situado frente al flujo de agua Kinsa Sullka, pasando el Centro Poblado Neque Neque, hablado centro es bastante llamativo, observamos en un bosque de árboles se tiene un hotel de 3 estrellas, que actualmente se tiene las visitas de turistas.

De igual manera pudimos encontrar un albergue de chicos que está al mando de la misma compañía, los chicos proceden de sitios de Toma, Neque Neque entre otros; implementado con un programa educativo de 3 niveles de enseñanza elemental regular, que está al mando de 2 tutores que desarrollan las superficies de ecología, cultura entre otras ocupaciones pedagógicas con equipamiento conveniente.

Figura 1: Mapa del Distrito de Muñani



Fuente: (Conferencia Episcopal Peruana, Jurisdicciones eclesiásticas, 2021)

Figura 2: Geografía del Distrito de Muñani

Noroeste: distrito de San Antón	Norte: distrito de Potoni y distrito de Putina	Noreste: distrito de Putina
Oeste: distrito de San José		Este: distrito de Putina
Suroeste distrito de Azángaro	Sur: distrito de Azángaro y distrito de Putina	Sureste: distrito de Putin

Fuente: (Conferencia Episcopal Peruana, Jurisdicciones eclesiásticas, 2021)

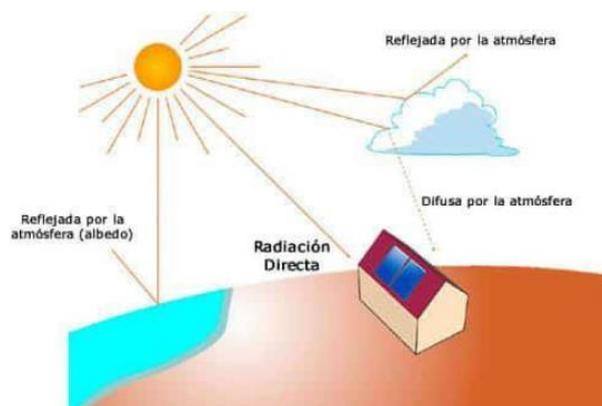
2.1.2 Radiación solar

La radiación solar es energía electromagnética que fluye durante la fusión del hidrógeno (átomos de helio) contenido en el sol. La energía que llega al planeta tierra, en un año por medio de la atmósfera es de solamente alrededor de 1/3 de la energía total interceptada por la tierra fuera de la atmósfera y, de ella, el 70% cae en los océanos, quedando de energía 1,52x10¹⁷ kilovatios. En 365 días cae sobre la tierra, es igual a

diversa una cantidad enorme de veces el consumo total energético mundial presente. Radiación solar (flujo solar de radiación solar o densidad de potencia de la radiación solar) La constante solar recogida en el área perpendicular al rayo solar es exitosa, igual a 1366 W / m^2 , y cambia un 3% a lo largo del año debido al efecto de la electricidad La órbita de la tierra. Sol directo: Es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área, y su trayectoria no ha sido modificada para afectar la radiación solar de un área.

En este sentido, la radiación solar reflejada: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la meditación de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre un área. Radiación Solar Reflejada: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la meditación de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre un área.

Figura 3: Tipos de radiación solar



Fuente: (E4e, 2021).

2.1.3 Energía Solar en el Perú

El Perú pertenece a los territorios que cuenta con más radiación solar en el planeta, por esto posee un gran potencial de desarrollo en el área de energía fotovoltaica. Dentro del territorio, solo Chile lo supera. La energía solar es uno de los sucesos que permanecen en desarrollo como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles., el territorio peruano, por estar muchísimo más próximo al Ecuador, cuenta con

sol a lo largo de la mayoría del año. El Ministerio de Energía y Minas del Perú realizó un Atlas Solar del Perú, donde se expresa que existe una alta radiación solar anual siendo en la sierra de alrededor de 5,5 a 6,5 kWh/m²; 5,0 a 6,0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de alrededor de 4,5 a 5,0 kWh/m².

Figura 4: Mapa solar del Perú



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología Hidrológica (SENAMHI, 2021)

2.1.4. El Agua en Perú

El Perú tiene tres cuencas en su territorio, con cerca de 2 mil millones de metros cúbicos de agua utilizable cada año, pero debido a nuestra ubicación geográfica, la cuenca del Pacífico -el 66% de la población vive- solo una tiene 2.2% de agua utilizable disponible.

Figura 5: El Agua en Perú

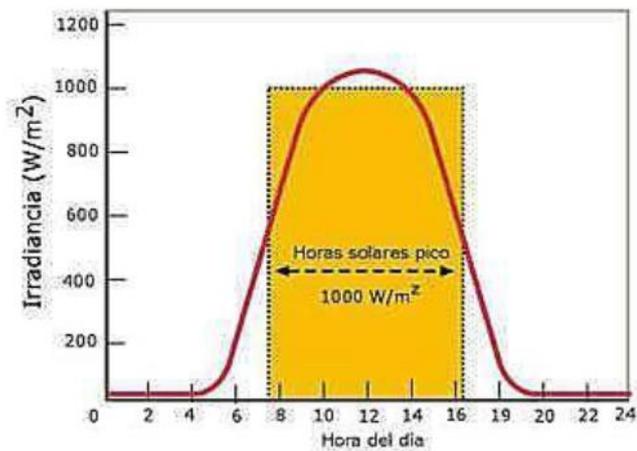


Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2021)

2.1.5 Horas de sol pico (H.S.P.)

El tiempo máximo de insolación se define como el número de horas por día cuando la cantidad de irradiación supuesta es 1000 W / m², y la suma es la misma que la cantidad de irradiación total real en el día. Se puede percibir que una vez que la irradiación se expresa numéricamente semejante a las H.S.P. Este criterio es fundamental, debido a que junto con un componente de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. El reparto de la radiación en todo el día y el término de horas pico de sol se presentan en la siguiente figura:

Figura 6: Concepto de horas sol pico



Fuente: (Valdiviezo, 2014).

2.1.6. Sistema de bombeo solar fotovoltaico

El procedimiento de una bomba de agua fotovoltaica para convertir la energía solar en energía eléctrica para alimentar la bomba de agua. Las tecnologías de bombeo solar se piensan una elección prometedora para los sistemas de bombeo de servicios públicos, diésel o gasolina pues son rentables y respetuosas con el medio ambiente

Además, permiten recolectar agua de una fuente (río, cuenca, pozo, entre otros) inclusive si no existe una fuente de energía presente en el lugar. Comúnmente usados para conceder agua potable, riego o para colmar depósitos, dichos sistemas permiten la entrada al agua en las superficies más remotas.

2.2.6.1. El bombeo solar fotovoltaico

La obtención de agua del subsuelo fue la base de la supervivencia durante la narración de muchas comunidades instaladas en climas áridos y semiáridos alejados de ríos o lagos. Con una fuente de energía autóctona y renovable y la ayuda del trabajo de paneles solares fotovoltaicos es viable el bombeo de agua.

La sustracción del agua subterránea necesita de una porción fundamental de energía. Es por esto por lo cual, hasta la revolución industrial, para la utilización de volúmenes enormes de agua subterránea se emplearon sistemas mecánicos de fomento



que empleaban fuentes de energía naturales (fuerza motriz de procedencia animal, molinos de viento, otros).

El uso de la electricidad proviene de fuertes fuentes de energía y de una serie de avances tecnológicos, como las bombas hidráulicas eléctricas, que permiten que más personas utilicen las aguas subterráneas. No obstante, en la actualidad urge la necesidad de minimizar el consumo de electricidad perteneciente de centrales que queman combustibles fósiles y de la profunda dependencia que se crea alrededor de ellos.

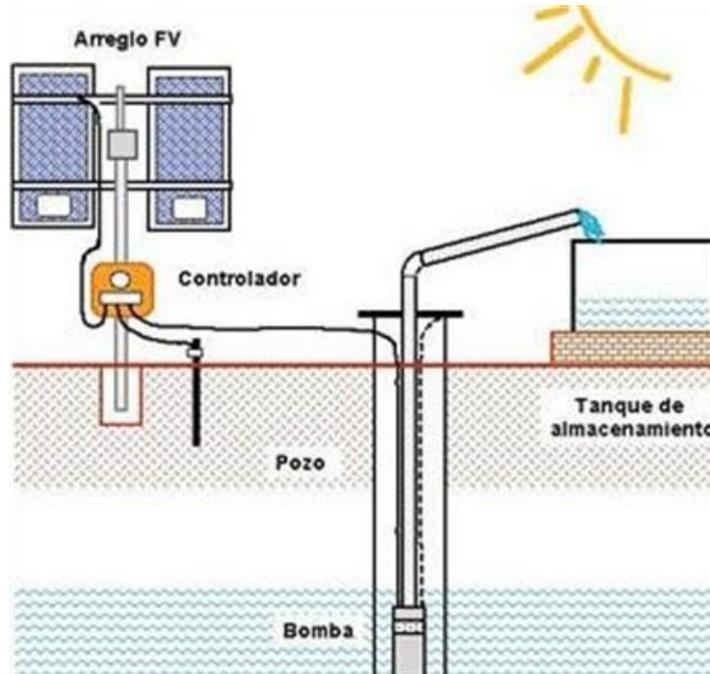
Los paneles solares fotovoltaicos utilizados para bombear agua subterránea tienen avances tecnológicos relacionados con la electricidad (bombas eléctricas) y la asombrosa capacidad de tener fuentes de energía local y renovable.

El precio de la instalación es el exclusivo desembolso fundamental que se va a hacer, debido a que el mantenimiento que necesita esta clase de sistemas es mínimo y su manejo, al utilizar la energía del Sol, es gratuito. Es viable hacer instalaciones de cualquier tamaño. El agua subterránea: origen y ubicación.

2.2.6.2. Sistemas solares, su funcionalidad

Los sistemas de bombeo fotovoltaico de agua transforman la radiación solar en electricidad por medio de los paneles fotovoltaicos. Esta va a ser usada para alimentar las bombas eléctricas. En este sentido, la energía eléctrica originada por los modelos fotovoltaicos se emplea para alimentar motores de corriente continua o sirve para ser convertida en corriente alterna por el inversor. Dependiendo de la instalación, es viable guardar energía en las baterías. No obstante, no continuamente se necesita guardar la energía producida pues la instalación de un depósito en la salida de la bomba posibilita guardar agua y de esta forma obtener una reserva utilizable inclusive sin sol. Existe una alternativa menos habitual, es la conversión termodinámica que convierte la energía solar en energía mecánica para hacer funcionar la bomba solar.

Figura 7: Sistema de bombeo solar fotovoltaico



Fuente: extraído de la página web autosolar.es, 2021.

2.2.6.3. Ventajas de los sistemas fotovoltaicos de bombeo solar

- Tienen la posibilidad de utilizar no solamente para riego, sino además para proporcionar agua potable, purificación de agua y desalinización. La entrada al agua potable es sustancial y, en ciertas zonas de las naciones en desarrollo de todo el mundo, no constantemente poseen este privilegio. Además, muchas sociedades rurales no permanecen conectadas a un sistema centralizado para el abastecimiento de agua potable. En dichos casos, la tecnología de bombeo de agua solar fotovoltaica puede ser una elección correcta.
- Poseen precios más bajos a extenso plazo comparativamente con los sistemas de bombeo a diésel o gasolina.
- Necesitan poco mantenimiento, debido a que no necesitan la existencia de un ayudante a lo largo de las operaciones.



- No es necesario almacenamiento de energía debido a que el agua se puede guardar por sí sola.
- Son de alta modularidad tienen la posibilidad de ajustarse a las ocasionales necesidades de aumento.
- Este sistema no causa contaminación con el medio ambiente.

2.1.7. El agua subterránea: Origen y localización

Toda el agua que está almacenada en el subsuelo viene de la lluvia. Una vez que el agua de lluvia toca el suelo tiene tres (3) destinos diferentes y simultáneos:

- Evapotranspiración, una vez que el agua se evapora y vuelve a la atmósfera así sea de manera directa del suelo o por medio de las hojas de las plantas una vez absorbida por estas.
- Escorrentía, una vez que el agua fluye por el área y forma arroyos o ríos
- Infiltración en el suelo, es el agua que es absorbida por la tierra y queda como agua subterránea que podría ser extraída por bombeo.

La parte de agua de lluvia que se dirige hacia todos dichos destinos es dependiente de diferentes componentes como el clima, la vegetación, la naturaleza del lote, su inclinación otros. El agua subterránea, al tener su origen en la lluvia, se recarga regularmente en funcionalidad del sistema de pluviosidad.

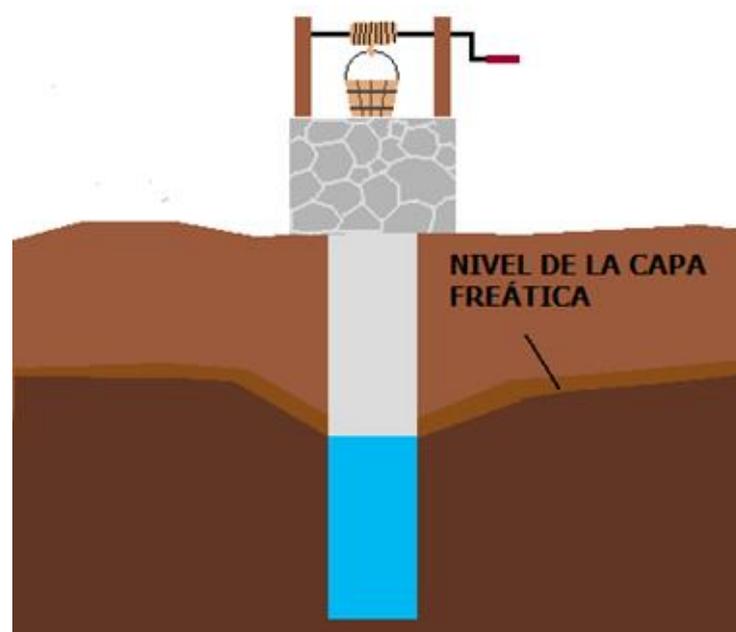
En las superficies desérticas primordialmente, hay además las denominadas aguas fósiles. Hablamos de bolsas de agua que se formaron en épocas pasadas en las cuales el clima era lluvioso. (Por ejemplo, se conoce que hace alrededor de los 10.000 años buena parte del Sáhara poseía un clima parecido al presente mediterráneo). Esta clase de aguas subterráneas por el momento no se recargan.

El agua subterránea comúnmente está impregnada en la tierra, (como si la tierra fuera una esponja que retiene el agua) y se preserva en un grado no precisamente

horizontal ni paralelo con el suelo denominado grado freático. En los terrenos calcáreos el agua disuelve la piedra y están formados ríos subterráneos, simas, grutas, cenotes otros.

Un pozo es en sí una excavación que alcanza el grado freático. Una vez que retiramos una proporción de tierra a aquel grado quedará una cantidad de agua pura que va a ser la que se puede sustraer. En esta situación mediante la energía solar fotovoltaica.

Figura 8: Pozo de agua



Fuente: extraído de la página web (autosolar.es, 2021)

2.1.8 Elementos de las instalaciones solares fotovoltaicas

2.2.8.1. Paneles solares

El panel solar es el delegado de cambiar la energía solar en electricidad. El tipo de electricidad que otorgan los paneles solares fotovoltaicos es de corriente continua.



2.2.8.2. Bomba

Es el factor delegado de tomar el agua del pozo e impulsarla hasta el sitio en donde es preciso. Hay diversos tipos de bombas en funcionalidad de la técnica de impulsión que usen aun cuando generalmente tienen la posibilidad de separarse en 2 enormes equipos: centrífugas y volumétricas. Además, hay otras divisiones como las de bombas sumergibles y no sumergibles (en el agua del pozo) o esas que trabajan con corriente continua y con corriente alterna. Está último tipo de bomba para lograr conectarla a los paneles solares o a la batería necesitará de un transformador de corriente.

2.2.8.3. Batería (opcional)

Componente delegado de guardar la energía eléctrica concedida por los paneles para su siguiente uso en los instantes en los cuales no hay radiación solar o no en la suficiente potencia. En las instalaciones fotovoltaicas para bombeo la batería no se justifica por lo general. Con un conveniente dimensionado se puede bombear la porción suficiente de agua elemental a lo extenso de las horas de radiación solar y de esta forma evadir este costoso elemento. Además, en caso de necesitarse una reserva, el agua en sí misma se puede guardar en depósitos con lo cual se evitaría las pérdidas energéticas que causa la batería.

2.2.8.4. Reguladores

Cuando la instalación consta de un acumulador va a ser primordial el trabajo de un regulador que evite sobrecargas dañinas para la batería.

2.2.8.5. Dispositivos optimizadores de potencia

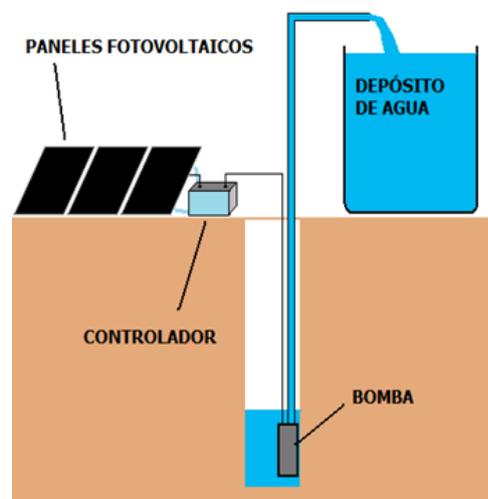
La corriente eléctrica tiene 2 dimensiones: la tensión (medida en Voltios) y la magnitud (medida en Amperios). Del producto de dichos 2 componentes se recibe la potencia (medida en Vatios). La potencia es la capacidad que tiene una máquina para desarrollar un trabajo en una época definido. Una vez que a lo largo de las primeras y las

últimas horas del día la radiación solar es débil el panel solar crea un tipo de corriente con casi la tensión máxima de la que es capaz sin embargo con escasa magnitud. El producto de los dos recursos da como consecuencia una potencia insuficiente para activar la bomba.

El dispositivo optimizador de potencia es un transformador de corriente continua a corriente continua que modifica los límites de tensión en magnitud que otorga el panel solar fotovoltaico intentando encontrar constantemente el punto de más grande potencia viable. O sea, una vez que la tensión es alta y la magnitud baja (como una vez que la radiación solar es débil), este dispositivo se incrementa la magnitud a costa de aliviar la tensión para que la potencia resultante sea lo más alta viable, optimizándola.

Tal se consigue mandar a la bomba corriente en potencia suficiente para que empiece previamente su desempeño en las primeras horas del día y culmine después en las últimas. De esta forma se gana tiempo de bombeo y por consiguiente rendimiento. Frecuenta tratarse de un dispositivo costoso y en instalaciones pequeñas no se frecuenta usar por no justificarse suficientemente.

Figura 9: Instalación solar fotovoltaica sin batería



Fuente: extraído de la página web (autosolar.es, 2021)



2.1.9. ¿Cómo funciona una instalación de bombeo solar fotovoltaico?

El funcionamiento de este dispositivo es muy sencillo en sí mismo, su función comienza en el momento en que el panel solar se coloca al sol y convierte la luz en electricidad mediante el suministro de una bomba que extrae agua del suelo. Si hay una batería en la instalación, el panel alimentará y se ubicará en la bomba.

En el momento que los paneles sustentan de forma directa a la bomba se crea una fluctuación del flujo del agua bombeada en funcionalidad de la alteración de la magnitud de la radiación solar en todo el día. De esta forma en las primeras horas el río va a ser diminuto e irá incrementando acorde nos acercamos a las horas centrales del día una vez que es máxima la radiación. Desde este instante vuelve a descender hasta que se hace nulo en el instante de anochecer.

Componentes a considerar en el momento de hacer una instalación solar fotovoltaica para el bombeo de agua. Se hace necesario considerar determinados puntos descritos a continuación para poder realizar exitosamente la ejecución y la explotación de un sistema de bombeo fotovoltaico:

Conocer la proporción de agua necesaria. Antes que nada, es fundamental tener un entendimiento lo más preciso viable del volumen de agua real que se necesita bombear. Es usual que hasta los propios usuarios desconozcan la porción rigurosa que usan. Se puede llegar a diseñar una instalación solar para un volumen insuficiente, si los cálculos no son los adecuados. Es aconsejable disponer de un especialista en la materia que ayude a establecer la proporción de agua idónea.

Este tipo de sistemas se instalan en función al volumen de agua que es preciso y de la radiación solar disponible. Si el volumen de agua es insuficiente va a ser imposible dejar la bomba más tiempo en funcionamiento, debido a que no puede haber más radiación solar que las horas de Sol que tiene el día.



Además, podría ser interesante calcular un volumen extra de agua de reserva para los días en los cuales no logre haber Sol. Para esto habrá que hacer un dimensionado en funcionalidad de las estadísticas de días continuos sin Sol del área donde se encuentre la instalación.

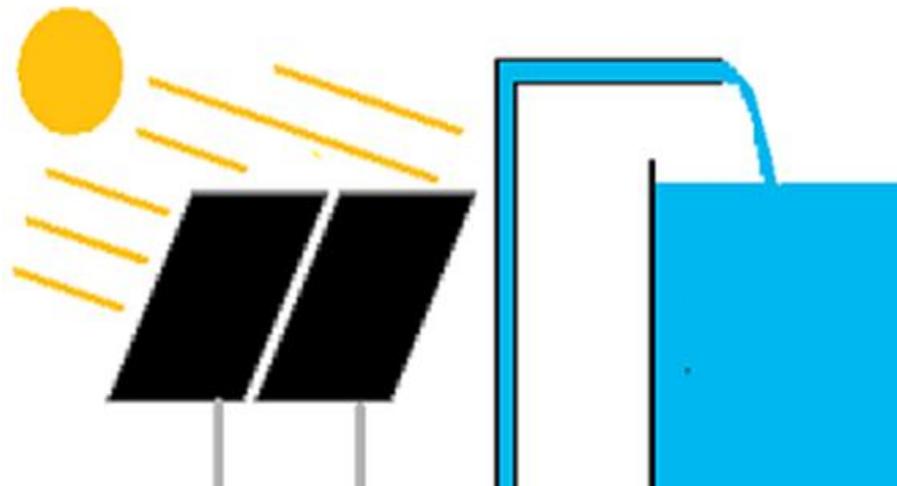
Establecer correctamente la hondura del pozo en cada una de las estaciones. Es fundamental conocer el grado del agua en el interior del pozo en los instantes de copiosidad (Etapas lluviosas) y en los de escasez (sequías). Es preciso tener muy en cuenta este aspecto que puede pasar en los instantes de sequía, con el grado del agua bajo, la bomba carezca de potencia suficiente para bombear o que se realice en porción insuficiente. No se necesitará la misma potencia para elevar el agua a partir de una hondura de 40 metros que a partir de solo 25. Si una instalación está diseñada para bombear un volumen concreto de una hondura máxima de 30 metros, en los instantes en los cuales el grado supere esta hondura, no se bombeará la porción suficiente de agua.

Es por esto por lo cual se debería disponer de un experto que determine de manera correcta las fluctuaciones de la capa freática en todo el año y además en funcionalidad de los datos climáticos del territorio en los ciclos de sequía de diversos años.

Conocer la función de recarga de los acuíferos– Es primordial cerciorarse previo a llevar a cabo una instalación de que el acuífero tiene la suficiente capacidad de recarga para obtener de él regularmente la proporción de agua que sé rigurosa. De no ser de esta forma el acuífero culminará por agotarse y la instalación podría permanecer plenamente inútil. Otra vez el experto en la materia va a ser el que logre determinar este punto.

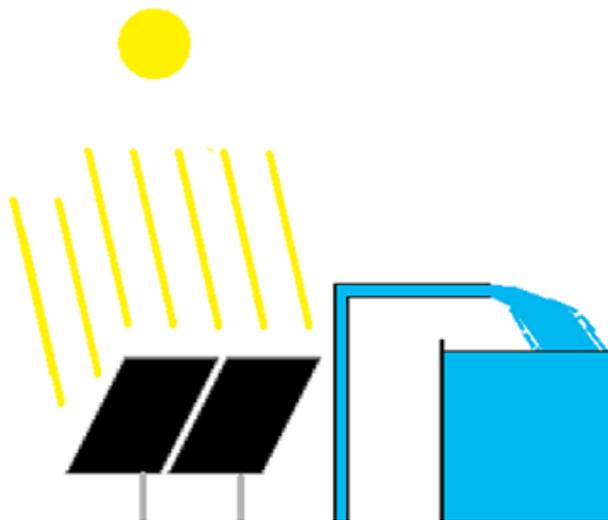
Finalmente, continuamente se sugiere que la instalación la ejecute personal con la suficiente preparación y en caso de conseguir Kits de bombeo fotovoltaico continuamente asesorarse por personal cualificado pues como se vio cada sitio da unas propiedades particulares que se debe considerar.

Figura 10: Radiación solar débil el panel suministra escasa fuerza



Fuente: extraído de la página web (autosolar.es, 2021)

Figura 11: Radiación solar débil



Fuente: extraído de la página web (autosolar.es, 2021).



2.2 Marco conceptual

Albedo: es la interacción entre la radiación reflejada por un área la que incide sobre ella (Porteous, 1994).

Arreglo solar: Grupo de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados (Alonso & Chenlo, 2005).

Bomba: es el aparato que convierte la energía mecánica en energía hidráulica (Wekker, 2004).

Bombeo Fotovoltaico: El bombeo de agua con energía fotovoltaica se muestra como una de las aplicaciones más relevantes de la energía solar. Es en especial interesante en regiones rurales en donde los pozos se hallan en sitios de difícil ingreso a la red eléctrica (Wekker, 2004).

Caja de conexión: Caja a donde se llevan los cables para hacer las conexiones (parro.com, 2021).

Carga: Cualquier dispositivo o artefacto que demanda potencia. Esta es dependiente de cada artefacto y cambia a lo extenso del día según la forma en que esta ópera (parro.com, 2021).

Célula solar: dispositivo unitario que corresponde al factor semiconductor que muestra el impacto fotovoltaico, ya se encuentre salvaguardado de ambiente exterior o no (parro.com, 2021).

Condiciones de prueba estándar: medios en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 kWh/m² de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar que corresponde a una masa de aire de 1,5).

Conexión en paralelo: Procedimiento de conexión en el que todos los bornes positivos y negativos se fusionan. Si los módulos son todos equivalentes, la corriente se suma y la tensión permanece igual (parro.com, 2021).



Conexión en serie: Procedimiento de conexión en el que el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y de esta forma sucesivamente. Si los módulos son todos equivalentes, el voltaje se suma y la corriente permanece igual (parro.com, 2021).

Constante solar: Proporción de energía solar que incide sobre un área de 1 m² por segundo, una vez que ésta se encuentra en el tope de la atmósfera a la distancia medio sol-tierra. Su costo es alrededor de 1,36 kW/m² (parro.com, 2021).

Consumo eléctrico: Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) usados para que funcione un artefacto eléctrico a lo largo de un periodo. Es dependiente de la potencia del artefacto y del tiempo que se encuentre en funcionamiento (Rabos, 2013).

Corriente continua: La corriente continua (CC o DC, en inglés) se produce desde un flujo constante de electrones (cargas negativas) continuamente en el mismo sentido (Rabos, 2013).

Corriente de máxima potencia: Corriente que corresponde al punto de máxima potencia (Rabos, 2013).

Curva I-V: Característica Magnitud vs. Voltaje captado bajo condiciones determinadas de radiación. Es la información importante para caracterizar a los módulos fotovoltaicos (Rabos, 2013).

Diodo de bypass: Dispositivo conectado en paralelo a los módulos para desviar el flujo por medio suyo una vez que sobre el módulo hay siluetas o fracasa alguna celda eléctrica (Wekker, 2004).

Eficiencia de la celda: Interacción entre la potencia que entrega una celda solar (expuesta a pleno sol) a la potencia solar incidente sobre ella eléctrica (Wekker, 2004).

Generador fotovoltaico: Sociedad en paralelo de ramas series fotovoltaicas (Moura, Morante, & Fedrizz, 2011).



Horas de sol pico: Número equivalente de horas a 1 kWh/m² de radiación solar que crea la misma proporción de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación (Moura, Morante, & Fedrizz, 2011).

Horas Sol Pico: es el número de horas de sol que con una radiación universal de 1000 W/m² da una energía equivalente a la radiación universal recibida en un lapso de tiempo (Moura, Morante, & Fedrizz, 2011).

Impacto fotovoltaico: transformación directa de energía luminosa en energía eléctrica (Wekker, 2004)..

Instalación eléctrica: Grupo de máquinas y de circuitos asociados, en previsión de un fin especial: producción, conversión, transformación, transmisión, repartición o implementación de la energía eléctrica (Moura, Morante, & Fedrizz, 2011).

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Esas que comúnmente trabajan en paralelo con la organización concesionaria de energía eléctrica. (Moura, Morante, & Fedrizz, 2011).

Interruptor: Artefacto usado para conectar o desconectar parte de una instalación (Alfaro, 2016).

Irradiación: Energía incidente por unidad de área y durante un cierto lapso de tiempo. Se mide en kWh/m² (Alfaro, 2016).

Kilowatt: Mil watts (1 kilovatios = 1 000 W) (Alfaro, 2016).

Magnitud eléctrica: Intensidad eléctrica determinada como la proporción de electricidad que pasa por medio de la parte de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A) (Alfaro, 2016).

Masa de aire: Medida de la distancia que atraviesa la luz en la atmósfera en su trayectoria hacia la extensión de la tierra (López-Rey, 2021).

Megawatt: Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W) (López-Rey, 2021).



Módulo o módulo solar fotovoltaico: Grupo de celdas solares interconectadas en una unidad sellada (López-Rey, 2021).

Modulo o panel fotovoltaico: Grupo de células solares de forma directa interconectadas y encapsuladas como exclusivo bloque, entre materiales que las salvaguardan de los efectos de la intemperie (López-Rey, 2021).

Módulo Solar: grupo de células solares interconectadas y montadas sobre un mismo soporte defensor (García, Bedoya, & López, 2013).

Motores: son los delegados a cambiar la energía eléctrica suministrada por el sistema generador en energía mecánica (García, Bedoya, & López, 2013).

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature): Es la temperatura que alcanza la celda una vez que ésta se plantea a 800 W/m² de radiación en un ambiente con aire a 20°C de temperatura y circulando a una rapidez de 1 m/s, una vez que la celda está en circuito abierto (García, Bedoya, & López, 2013).

Potencia instalada fotovoltaica o potencia nominal: Suma de potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en as 3 etapas de la instalación en condiciones nominales de desempeño (García, Bedoya, & López, 2013).

Punto de máxima potencia: punto de la curva i-v en donde el producto $i * v$ (potencia) tiene su costo más alto (García, Bedoya, & López, 2013).

Radiación solar reflejada: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la meditación de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre un área (García, Bedoya, & López, 2013).

Tensión de circuito abierto: es la diferencia de potencial medido en los bornes de una célula o módulo una vez que el circuito está abierto en unas ciertas condiciones de medida.



Tensión eléctrica: diferencia de potencial eléctrico que tiene que existir entre los bornes de conexión o entre 2 piezas activas de una instalación, para que la corriente eléctrica circule por esa instalación. la unidad de medida es el voltio (v) (García, Bedoya, & López, 2013).

Voltaje de máxima potencia: voltaje que corresponde al punto de máxima potencia (García, Bedoya, & López, 2013).

Watt pico: unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la proporción de potencia máxima que puede crear el módulo a condiciones estándar de desempeño (1000 w/m², 25°C y 1,5 de masa de aire) (García, Bedoya, & López, 2013).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

En cualquier estudio científico, es preciso que los hechos estudiados así como las relaciones que se establecen entre estos, los resultados obtenidos y las evidencias significativas encontradas en relación con los inconvenientes indagados, así como también los conocimientos nuevos que son posible situar, reúnan las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez interna, para lo cual se requiere delimitar los procedimientos de orden metodológico a través de los cuales se le dará repuesta a las interrogantes objeto de la investigación.

3.1 Ubicación geográfica del estudio

La propuesta de un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, de manera tal que sea viable su aplicación para uso doméstico, se hará en “el Centro Poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro”.

3.2 Periodo de Duración del Estudio

La propuesta de un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, tendrá una duración de tres meses.

3.3 Material utilizado

3.3.1 Recursos humanos

- El investigador (Tesisista)
- Asesor de la facultad de Ingeniería
- Topógrafo
- Técnico de suelos
- Técnico de análisis de calidad del agua.
- Personal para excavación de calicatas, transporte de equipos.



3.3.2 Recursos materiales

- Información existente
- Información de la comunidad
- Materiales de oficina
- Muestra de Suelos
- Muestra de agua

3.3.3. Recursos de equipos

- Equipos de oficina.
- Equipos de cómputo.
- Equipo topográfico.
- Cámara digital.
- Impresora.

3.3.4 Otros recursos

- Software Microsoft Excel
- Software Microsoft Word
- Copias, impresión, otros.

Tabla 1: *Equipos y materiales del sistema de bombeo*

Equipo	Costo
Panel fotovoltaico solar 1000 W	S/. 2.400,00
Regulador de carga	S/. 710,00
Cables de tensión fotovoltaica 12V.	S/. 17,00
Bomba solar sumergible	S/.1.090,00
Tanque de Agua 1.100lt	S/. 569,00
Estructura de acero	S/. 500,00
Batería CC	S/. 100,00
Tuvo de PVC	S/. 17,00
Codos de PVC	S/. 5,00
Filtros	S/. 130,00
Goteros 3.2.3.	S/. 3,00

Elaboración propia.

3.4 Tipo y diseño de investigación

En función del objetivo general formulado, la presente investigación es de tipo descriptivo, con un diseño no experimental, (Hernández, Sampieri, Collado, & Baptista, 2014), establece que los estudios descriptivos buscan especificar características y propiedades del fenómeno que se someta a análisis, siendo útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones del suceso, contexto o situación; ofrece insumos para caracterizar, clasificar, tipificar, encontrar tendencias, evaluar, diagnosticar y determinar prevalencias e incidencias. Es decir, se observan los hechos tal y como son para luego analizarlos y al final dictar alguna pauta para corregir fallas existentes.

Las investigaciones con diseño no experimental, no manipulan intencionalmente las variables estudiadas, observando los elementos existentes en la problemática. Se



recopilará información de libros e investigaciones anteriores para obtener los datos necesarios para determinar los elementos necesarios de un sistema de bombeo de agua para consumo humano utilizando energía solar fotovoltaica, con una perspectiva de viabilidad para uso doméstico.

La investigación está enmarcada bajo la modalidad de Proyecto Factible, considerando el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2007) se establece que:

Incluye investigar, elaborar y desarrollar sugerencias de modos operativos factibles para resolver los problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, planes, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe estar respaldado por literatura, investigación de campo o un diseño que incluya ambos modelos. (p. 21).

Con respecto al presente trabajo se espera que la investigación se emplee en un futuro proyecto factible para utilizarlo en una población rural que no tenga acceso a la red de energía eléctrica, y que sirva de aporte al esfuerzo de otros trabajos que vienen desarrollándose sobre los sistemas de bombeo con paneles solares fotovoltaicos.

3.4 Población y muestra del estudio

3.3.1 Población

Es un grupo de recursos con determinadas propiedades que coinciden con una serie definida de especificaciones, es decir según (Palella & Martins, 2009) lo define “un número de recursos de los que quiere obtener información, y los que van a crear conclusiones” (p. 95) Partiendo de estas definiciones se puede establecer que la población de esta indagación está constituida por: 386 casas del centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro.



3.3.2. Muestra

Es una proporción, una sección característica poblacional que selecciona el investigador de las unidades en el análisis con el objetivo de obtener información verídica y representativa. Respecto a la muestra (Sabino, 2007) dice que es un subconjunto de recursos que forma parte de aquel grupo determinado en sus propiedades, a los que llamamos población (p.210). La muestra escogida intencional, ya que se tomó presente el total poblacional del centro de Mororcco, el cual está formado por 20 familias, que equivale a un total de 100 pobladores.

3.5. Técnicas y artefactos de recolección de datos

Según (Sabino, 2007) las técnicas de recolección de datos son las que permiten llevar a cabo el tipo de diseño una vez obtenida (p.174). En medio de las técnicas que fueron llevadas a cabo para la recolección de información y la observación directa y la encuesta, las mismas va a ser aplicadas a la muestra objeto a este análisis En esta averiguación se usaron como técnicas de recolección de datos, la observación directa y la encuesta, sin embargo, como herramienta el registro de observación y el cuestionario, los cuales varios autores sostienen de la siguiente forma:

3.4.1 Observación Directa

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2007) la definición de observación directa no es más que: Es en la cual el investigador observa y acumula datos por medio de su propia observación. (p.122). Esto tiene interacción con que el investigador a primera vista se percata del caso que impera en la compañía, dando sitio a formarse una perspectiva general que dejará escoger por dónde comenzar.



3.4.2. Entrevista

Tamayo y Tamayo (2007) es un diálogo entre dos o más personas de un asunto definido. La cual posibilita el razonamiento de las motivaciones, las reacciones y las opiniones de las personas con interacción a su objeto de indagación.

3.4.3. Registro de Observación

Canales, Alvarado y Pineda (2006) manifiestan que: la observación se apoya en el reconocimiento metódico, auténtico y confiable de métodos y conductas manifestadas. El cual podría ser una herramienta de medición en distintas situaciones. En este orden de ideas el registro de observación, es el instrumento correspondiente a la técnica de observación y representa el medio en que se muestra la información en cuanto a las visualizaciones llevadas a cabo en forma directa por el investigador; y que reporta por medio de un registro o listado.

3.6. Análisis de los resultados

Para procesar los datos obtenidos de diferentes fuentes de radiación solar, se utilizarán estadísticas descriptivas. Específicamente, los valores de tendencia central como los valores promedio y mínimo del conjunto de datos para asegurar que incluso en las peores condiciones. El sistema puede proporcionar a las personas el agua necesaria. En cuanto al consumo de agua per cápita y animal, se utilizó el consumo medio de agua consultando distintas bibliografías. En cuanto a la tasa de crecimiento poblacional, se calculó el valor promedio de diferentes tasas de crecimiento durante un período de tiempo proporcionado por el INEI. Los datos se organizarán correctamente en forma de tablas y gráficos de barras utilizando Microsoft Excel 2010.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Elementos requeridos para el sistema de bombeo de agua

El estudio de interpretación de los resultados según Robado (2010), son técnicas analíticas que se ocupan de la agrupación, interpretación y averiguación de sentido de la información expresada.

Es pertinente que, este capítulo este enmarcado para obtener un diagnóstico e interpretación de los resultados que se alcanzaron por medio de la aplicación de las herramientas de averiguación.

Para desarrollar la tarea analítica se consideran cada uno de los datos o conjunto de estos, y los examina mediante métodos conocidos como el análisis cuantitativo y cualitativo. Según (Sabino, 2007) expresa que el análisis cuantitativo se efectúa: Con toda la información digital obtenida de la encuesta, luego de su procesamiento, esta información se nos presentará como un conjunto de tablas, tablas y valores de medición, y sus porcentajes han sido calculados y presentados de manera adecuada. (p. 134).

A continuación, se muestran los resultados a través de los objetivos específicos:

Con el fin de conseguir resolver la problemática que adolecen los pobladores del centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro se sugiere un sistema de bombeo usando energía fotovoltaica el cual presentara los próximos elementos:

Generador Fotovoltaico: Tener en cuenta paneles fotovoltaicos de reconocida marca y de una potencia comercializable y la capacidad del generador fotovoltaico lo suficiente como para lograr proporcionar de energía al sistema de bombeo.



Controlador de carga: marca reconocida con la función de corriente eléctrica de tal forma que logre tolerar la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico y la potencia suficiente para que no se hagan sobrecargas.

Bomba sumergible: Se considerará una bomba de marca reconocida y con propiedades técnicas lo suficiente para poder hacer proporcionar agua al centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro.

Conductor eléctrico: Para conectar los componentes eléctricos entre el generador fotovoltaico, el controlador y la bomba sumergible, es suficiente cumplir con la caída de voltaje mínima recomendada.

Además de los componentes del sistema de bombeo de agua fotovoltaico, donde un sistema de energía solar son más que paneles solares, los elementos de un sistema de energía solar el módulo solar o conocido además como panel solar. El panel solar es el elemento primordial de todos los tipos de sistemas fotovoltaicos. Además de este hay diferentes piezas que se suman al sistema que varían según la aplicación. Módulo solar (panel solar) fotovoltaico

Elemento delegado de cambiar la radiación solar en energía eléctrica por medio del impacto fotoeléctrico. Permanecen hechos primordialmente por semiconductores (silicio) mono-cristalinos o poli-cristalinos. Los cuales son definidos por su potencia nominal o potencia máxima que puede crear este panel en condiciones ideales (radiación de 1kW/m^2 y temperatura de 25°C).

Regulador de carga:

Este elemento del sistema administra de manera eficiente la energía hacia las baterías extendiendo su eficaz trayectoria y salvaguardando el sistema de sobrecarga y sobre descargas.



Batería (acumulador)

La energía eléctrica de los paneles, en el momento que es regulada pasa a las a las baterías. Estas almacenan la electricidad para lograr usarla en otro instante.

Inversor

Este componente convierte la corriente continua y el bajo voltaje (generalmente 12v o 24v) pertenecientes a la batería o controlador en corriente alterna. Por lo general, se vende sobre la base de la potencia en vatios, que se calcula como voltaje por corriente ($P = VI$). Corresponde a la máxima demanda (potencia) del grupo a conectar. Una vez que el grupo a conectar logra ser alimentado por CC, el componente puede desactivarse.

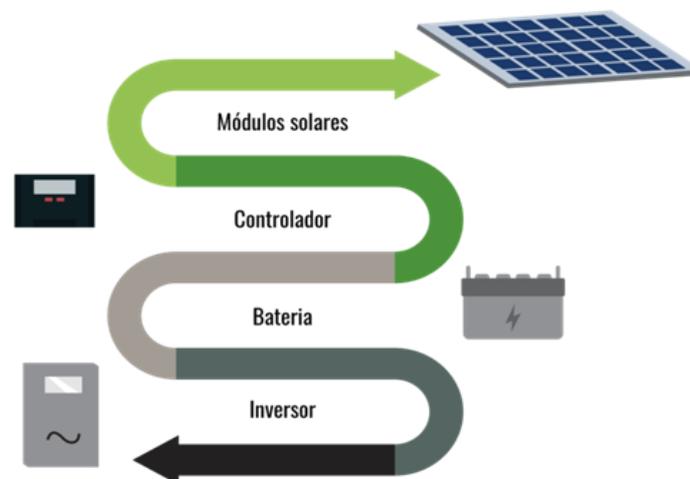
Soportes

te es un elemento pasivo de los sistemas de energía solar. Delegado de conservar en su sitio los módulos fotovoltaicos y debería estar proyectado para tolerar la intemperie de manera constante, expansiones térmicas a lo largo de mínimo 25 años.

Todos los anteriores elementos de un sistema de energía solar usan diferentes tecnologías. Los cuales realizan a los sistemas más o menos robustos y brindan otro tipo de características. La utilización de todos dichos elementos y la tecnología a utilizar es dependiente mucho de la necesidad.

Si se desea un sistema portátil se tendrá que minimizar peso en las baterías lo más adecuado podría ser utilizar baterías iones de litio. En casos de humedad bastante alta se tienen que utilizar controladores encapsulados con elevado nivel de custodia al agua. En la siguiente figura se muestran los componentes del sistema de bombeo de agua fotovoltaico.

Figura 12: Sistema de bombeo de agua fotovoltaico.



Fuente: (Alonso & Chenlo, 2005).

4.1.2 Requerimientos de abastecimiento de agua

En los centros urbanos de comunidades aisladas, las condiciones de abastecimiento de agua existentes resultan muy diferentes a las condiciones de las instalaciones urbanas. En la mayoría de los casos, el número de gente a ser servida por aquel sistema de abasto de agua es diminuto, y la baja densidad de población provoca que el reparto del agua por tuberías sea costoso.

Constantemente la población rural es de bajos recursos, y especialmente en sociedades que subsisten de la agricultura, el dinero disponible es bastante poco. Apenas se dispone de fondos para abonar la operación y el mantenimiento del sistema de suministro de agua, y es poco factible que las sociedades pequeñas logren obtener el capital de inversión sin el apoyo gubernamental nacional o de agencias externas o entidades de préstamo.

En la mayoría de los casos, en estas comunidades aisladas no se dispone de personal preparado para la operación y el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. Se puede obtener personal calificado para diseño y creación por medio de las



fuentes externas que ayudan a que las instituciones nacionales a que se conviertan en autosuficientes. No obstante, elegir y capacitar al personal primordial para la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua podría ser una labor difícil.

Un componente fundamental es el requerimiento del uso de una tecnología apropiada, que sea oportuna para las condiciones locales. Esta tecnología diferirá de la tecnología común, la cual ha sido elaborada primordialmente para aplicarse a los sistemas mayores de abastecimiento de agua de localidades de comunidades aisladas.

Los sistemas de suministro de agua mediante tuberías con conexiones domiciliarias, constantemente no son económicamente factibles. En tales casos, la elección realista es la de proveer un número de fuentes personales o fuentes “puntuales”: ejemplificando, un pozo salvaguardado, equipado con una bomba de mano; una composición de captación de un manantial; o tal vez un sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial. Un sistema de bombeo de agua, utilizando energía solar fotovoltaica no precisamente complicado se diseña, por lo que se debe elegir una tecnología sencilla, confiable y que se adapte a las capacidades técnicas u organizativas accesibles.

Tomando en consideración las necesidades que tiene el centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro de contar con suministro de agua para su consumo, se hizo necesario el proponer un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, de manera tal que sea viable su aplicación para uso doméstico.

Para poder tener las dimensiones específicas del sistema de bombeo, es preciso contar con el conocimiento de las necesidades diarias de agua que con la altura manométrica nos permitirá determinar la energía hidráulica que se necesita cada día, se

escogió como fuente de generación de energía la fotovoltaica debido a la radiación solar que presenta la zona.

Mientras que para el dimensionamiento se tomó en cuenta la cantidad de familias, el número promedio de personas por familia y la cantidad de animales que conviven con ellos. Cabe indicar que estos datos fueron obtenidos mediante encuestas a la población de la zona, porque ellos son los que conocen las necesidades de sus cultivos, estos datos de población y cantidad de agua de riego promedio se observan en la Tabla 2, se realizó según la OMC Organización Mundial del Comercio (OMC, 2019) una persona requiere 50 litros de agua al día, que incluyen todas las actividades de alimentación, sanitarias y de aseo, mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003) recomienda 80 litros diarios.

Según datos obtenidos a través de estas dos instituciones más los recaudados en el centro de poblado de Mororcco, se obtuvieron las siguientes tablas:

Tabla 2: Consumo de agua

Representación	Litros por día de consumo de agua
Personas	20
Ganado equino	15
Ganado vacuno	35
Ganado porcino	4
Ganado lanar	2
Ganado caprino	2
Aves de corral	0.1

Elaboración propia.

Se observa que una persona consume al día 20 litros de agua; mientras que los animales de la zona tienen un consumo de agua diario que va de 0, 1 a 35 litros diario; dando como resultado un promedio de 78,1 litros por día.

Tabla 3: Descripción, consumo de la población

Representación	Total
Número de familias	20
Personas por vivienda	5
Animales domésticos, de crianza, plantas	20

Elaboración propia.

Tabla 4. Demanda de consumo en el Centro Poblado de Mororcco

Descripción	Cant.	Cantidad de agua por Uni/Ltr	Cantidad total Ltrs
Personas	227	20	4.540
Secundarios (animales de crianza)	20	15	300
Riego a pequeñas parcelas	2	1000	2000
Cantidad de agua requerida en la población en litros (Qr)			6.840

Elaboración propia.

Este centro poblado consume 6.840 litros diarios, tanto para consumo humano, como para consumo animal y demás actividades económicas que desarrolla dicho Poblado.



4.1.3 Potencia eléctrica del sistema de bombeo de agua

Para el dimensionamiento del sistema de bombeo solar se usa el procedimiento del peor mes de radiación, en este caso es el mes de noviembre $5.0 \frac{KWh}{m^2} \text{ día}$. La insolación solar día en horas se calcula usando la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{\text{Radiación} \frac{KWh}{m^2 \text{ día}}}{\text{Potencia nominal} \frac{KWh}{m^2 \text{ día}}}$$

La potencia nominal que usan los elaboradores de paneles es de $1 \text{ kW}/m^2 \text{ día}$, por lo cual la insolación va a ser:

$$I_n = \frac{5}{1} = 5$$

Con este dato se obtienen el sistema de bombeo que no es nada más que el caudal solicitado para terminar el volumen de agua primordial, bombeando en las horas de más grande insolación a lo largo del día. Este costo se recibe por la siguiente formula:

$$R_{bom} = \frac{V_r}{I_n}$$

Sistema de bombeo

R_{bom} = Es sistema de bombeo en $m^3/\text{día}$

V_r = Volumen de agua solicitada en m^3

I_n = Insolación solar en h

Con los datos de requerimiento de agua se recibe el sistema de bombeo.

$$R_{bom} = \frac{4300}{5} = 860 \text{ día} = 0.86 m^3 \text{ por hora}$$

Datos del pozo

H_c = elevación de descarga

d_h = distancia del tanque

P_t = hondura total

N_e = grado estático

Ab= abatimiento

Hc = 8.2 m, dh = 2m, Pt = 65m, Ne = 38.6m, Ab = 18m

Ahora con los datos conseguidos del pozo tenemos la posibilidad de proceder al caculo de la potencia solicitada.

Cálculo del componente de pérdida en la tubería

Para encontrar el componente de fricción o pérdida en la tubería, de acuerdo con la tabla, se utiliza el coeficiente de Hazen-Williams (C) del acero galvanizado para obtener el coeficiente de rugosidad del material. Para una tubería con un diámetro interior de 2 pulgadas, el coeficiente es 125. 48.3 milímetros = 0.0483 metros.

Tabla 5: Coeficientes de Hazen – Williams ©

Material	Coeficiente de Hazen Williams
Asbesto / cemento	135
Cobre y latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido (nuevo)	130
Hierro fundido (10 años)	107-113
Hierro fundido (20 años)	89-100
Hierro fundido (30 años)	75-90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado (nuevo)	110
Acero remachado (usado)	85
PCV	140
PE	150
Plomo	130-140
Aluminio	130

Fuente: (Alegret & Martínez, 2019).

Tabla 6: Diámetro nominal



Diámetro nominal	Espesor	Diámetro interno
Pulgadas	(mm)	(mm)
1 1/3	33.9	1.00
2	50.8	1.27
2 2/4	69.9	1.27
3	76.2	1.27
3 ½	88.9	1.27
4	101.6	1.27
5	127	1.27
6	152.4	1.32

Fuente: (Alegret & Martínez, 2019).

Tomando los datos y el caudal de 0.86 m³/h que necesita el sistema de bombeo se aplica la fórmula de Hazen- Williams en funcionalidad del caudal.

Dónde:

$$fr = \frac{10.697}{C^{1852}} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1852}$$

fr= pérdida de carga en m

L=longitud de la tubería en m

D= diámetro interno de la tubería en m

Q=caudal en m³/s

C= coeficiente material y años de uso tuberías de Hazen-Williams

L = Pt + Hc + dh = 65m + 8.2m + 2m = 75.2m Q = 0.76m³/h = 2 * 10⁻⁴ m³/s

$$Q = \frac{076 \text{ m}^3}{h} = 2 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{s}$$

Cálculo de carga dinámica

Una vez definido la fricción procedemos a calcular la carga dinámica:

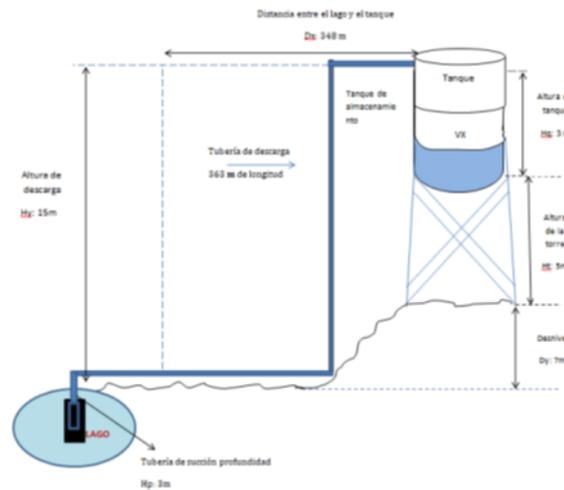
$$CD = \text{Abatimiento} + fr = 18 \text{ m} + 3 * 10 - 2\text{m} = 18.03\text{m}$$

$$L = Pt + Hc + dh = 65\text{m} + 8.2\text{m} + 2\text{m} = 75.2\text{m}$$

$$Q = 0.76\text{m}^3\text{h} = 2 \times 10 - 4\text{m}^3\text{s}$$

Medidas de las unidades hidráulicas para calcular la CD

Figura 13: Unidades hidráulicas para calcular CD



Fuente: (Wekker, 2004).

Cálculo de la carga dinámica total

Entonces la carga dinámica total es:

$$HT = CE + CD = 64.8\text{m} + 18.03\text{m} = 82.83\text{m}$$



Energía eléctrica requerida

Una vez obtenido HT se debe seguir con el cálculo de la energía eléctrica requerida

Dónde: $Q_r = 4.3 \text{ m}^3$

La energía demandada para poder compensar la demanda de agua es:

$$E = 2.275 * ((82.8 * Q_r)n) = 2.275 * (82.8 * 4.307 * 0.5)$$

$$E = 2.273.0 \text{ Wh} = 2.77 \text{ KWh}$$

Cálculo de la potencia de la bomba

A través del siguiente valor:

$$p = E/n = 2.77 \text{ KWh} / 5 \text{ KWh}$$

$$p = 0.55 \text{ KWh} = 1.3 \text{ hp}$$

Es necesario que las siguientes características sean la de la bomba a utilizar:

$$P = 0.55 \text{ KW}, HT = 64.83 \text{ m}, n = 0.7, R_{\text{bom}} = \frac{0.86 \text{ m}^3}{h}, V = 12 \text{ V}$$

Valoración de fuerza demandada por sistema de bombeo solar

El sistema de bombeo requiere una potencia específica, es preciso acotar que con los datos obtenidos teóricamente se verificaron las bombas disponibles dentro de nuestro mercado y verificar que cada una tenga un rango óptimo de operación a través de la búsqueda de una bomba de agua se escogió el modelo 4HS 02/02H MP de la marca NASTEC.

Tabla 7: Dimensionamiento del sistema Motor – Bomba

Potencia	0.55 kWh=1.3hp	1.3 kWh
Altura de descarga	65 m	20-100(m)
Rendimiento	70%	95%
Régimen de bombeo	0.8 m ³ /h	0.5 – 3 m ³ /h

Elaboración propia.

En esta comparación tenemos la posibilidad de mirar una diferencia en donde vemos que se disminuye la potencia, se recibe un mejor rendimiento, y más grande caudal, ya que con el mejoramiento de la tecnología se ha desarrollado un incremento en la proporción de impulsores a las bombas de agua y además se ha mejorado en la obra del motor DC, debido a que este no cuenta con escobillas.

Tabla 8: Características generales de la bomba

4H 02/02H MP	
Max current	13 A (100 VCD)
Power factor	1
Max power p1	1300 W
Lenght	1350 mm
Discharge	1 ¼"
Pump Weight	19,5 Kg
Max diameter	99 mm
Packing dimensions	120 x 20 x 29 cm
Total weight	20,5 kg

Elaboración propia.

Una vez obtenido los datos se escoge el modelo de bomba requerido, a través de la potencia nominal de 1.3 kilovatios para dimensionar el sistema de paneles fotovoltaicos para la ingesta de alimentos del mismo. Advirtiéndose que existe la necesidad de sustentar el sistema de control de carga de batería e iluminación nocturna y el control de la planta de bombeo, se establece la energía eléctrica adicional solicitada que es la siguiente:

Tabla 9: Energía requerida

Ítem	Equipo	Cantidad	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Horas de uso	Energía (Wh)
1	Controlador	1	1.5	12	18	24	432
2	Lámparas	4	10	12	100	12	1200
Energía Total (Ea)						1632	

Elaboración propia.

4.1.4 Viabilidad de la implementación del sistema

Para realizar una evaluación económica es necesario realizar un presupuesto de los materiales y equipos a utilizar para el sistema de bombeo de agua, y definir lo siguiente:

¿Cuáles son las necesidades?

- Requerimiento de agua para consumo del centro de poblado Morocco
- Requerimiento de agua para los animales de crianza de la zona.
- Requerimiento de agua para los cultivos de la zona, entre otros

Fuente de energía

- Recurso solar disponible
- Localización
- Distribución a lo largo del año
- Rendimiento del panel fotovoltaico

A continuación, se muestra el presupuesto total necesario para el diseño del sistema propuesto.

Tabla 10: Presupuesto de sistema fotovoltaico y bombeo

Descripción	Cant.	Precio \$	Descuento	Costo \$	T cambio	Costos C\$
Modulo solar BP MSX 120W-12v-120p-48	14	\$105.00	5%	\$99.75	C\$33.50	C\$3,341.62
Nastec bomba centrifuga sumergible 4MP 02/02 HP	1	\$1,250.00	10%	\$1,115.00	C\$33.50	C\$38,525.00
Inversor Cargador solar PVI 3KW MPPT 80A	1	\$1,100.00	0%	\$1,100.00	C\$33.50	C\$36,841.00
Batería de gel ciclo profundo 12V/105A	4	\$100.00	0%	\$100.00	C\$33.50	C\$3,350.00
Cable de acero galvanizado 2 mm2	8	\$4.00	0%	\$4.00	C\$33.50	C\$134.00
Cable de acero galvanizado 5 mm2	75	\$120.00	0%	\$12000	C\$33.50	C\$4,020.00
Cable de acero galvanizado 1.80 mm2	10	\$8.00	0%	\$8.00	C\$33.50	C\$268.00
Cable de acero galvanizado 7 mm2	8	\$10.5	0%	\$10.5	C\$33.50	C\$351.75
Caja de combinación MC4	1	\$60.00	0%	\$60.00	C\$33.50	C\$2,010.00
Fusibles AND 150 A	2	\$5.00	0%	\$5.00	C\$33.50	C\$167.50
TOTAL		\$ 2,622.25		C\$33.50		C\$87,845.38

Elaboración propia.

Presupuesto (materiales requeridos) para implementar el Sistema fotovoltaico y bombeo de agua en el Poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro, es de aproximadamente C\$ 87.845,38.

Tabla 11: Presupuesto de almacén de agua y accesorios

Descripción	Cantidad	Precio \$	Descuento	Costo \$	T cambio	Costos C\$
Tanque de llenado y torre de elevación	1	\$2,200.00	5%	\$2,090.00	C\$33.50	C\$70,015.00
Rollo de manguera 80 m	1	\$60.00	0%	\$60.00	C\$33.50	C\$2,010.00
Codo 90°2"	4	\$3.00	0%	\$3.00	C\$33.50	C\$402.00
Codo 45°	1	\$5.00	0%	\$5.00	C\$33.50	C\$167.50
Válvula de retención	1	\$55.00	0%	\$55.00	C\$33.50	C\$1,842.00
Válvula esclusa totalmente abierta	1	\$24.00	0%	\$24.00	C\$33.50	C\$804.00
TOTAL		\$2,237.00		C\$33.50		C\$74,939.50

Elaboración propia.

Presupuesto (Almacén de agua y accesorios) para implementar el Sistema fotovoltaico y bombeo de agua en el Poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro, es de aproximadamente C\$ 74.939,50.

Tabla 12: Presupuesto Total

Descripción	Precio C\$	T cambio	Dólar
Presupuesto de sistema fotovoltaico y bombeo	C\$87,845.38	C\$33.50	\$ 2,622.25
Presupuesto de almacén de agua y accesorios	C\$74,939.50	C\$33.50	\$2,237.00
TOTAL	C\$162,784.88	C\$33.50	\$4,859.25

Elaboración propia.

Presupuesto Total para implementar el Sistema fotovoltaico y bombeo de agua en el Poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro, es de aproximadamente C\$ 162.784,88.



V. CONCLUSIONES

1. El diseño de un sistema de bombeo de agua para consumo humano, utilizando energía solar fotovoltaica, y su aplicación para uso doméstico en centro poblado de Mororcco, distrito de Muñani, provincia de Azángaro, es viable y altamente rentables, comparados con los gastos de los que usan energía derivada del petróleo; representa una alternativa para el suministro de agua sencilla, confiable y adaptada a las capacidades técnicas y necesidades de la zona en estudio.
2. Los diferentes elementos requeridos para el funcionamiento de un sistema de bombeo de agua, utilizando energía solar fotovoltaica en comunidades aisladas de fuentes convencionales de energía eléctrica son: un generador fotovoltaico, controlador de carga, bomba sumergible, conductor eléctrico, paneles solares, regulador de carga, batería (acumulador), inversor y soportes.
3. Los requerimientos de abastecimiento de agua tomando en consideración una casa familiar convencional en comunidades aisladas 20 litros de agua al día; mientras que los animales de la zona tienen un consumo de agua diario que va de 0, 1 a 35 litros diario; dando como resultado un promedio de 78,1 litros por día.
4. La potencia eléctrica del sistema de bombeo de agua y paneles solares, tomando en consideración una casa familiar convencional y la radiación solar en comunidades aisladas es de 1.3 kilovatios. Advirtiéndose que existe la necesidad de sustentar el sistema de control de carga de batería e iluminación nocturna y el control de la planta de bombeo, se establece la energía eléctrica adicional solicitada que es la siguiente es de 1632.
5. El presupuesto total para implementar el sistema fotovoltaico y bombeo de agua en el Poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro, es de aproximadamente C\$ 162.784,88.



VI. RECOMENDACIONES

1. Hacer capacitaciones de uso de dichos conjuntos a los respectivos trabajadores que estarán a carga de esa planta, con el fin de asegurar un adecuado uso de los diferentes conjuntos empleados en este diseño, para que dichos realicen sus funcionalidades correctamente, y evadir males en los conjuntos gracias a la carencia de vivencia del desempeño del mismo.
2. Pasado el lapso en el cual se desarrolló el trabajo, se necesita hacer un nuevo sondeo en el mercado nacional y extranjero para la obtención de novedosas y modernas tecnologías y costos actualizados.
3. Al hacer los cálculos se debería cerciorar tener información completa y adicional en cuanto a la geografía del área y al medio que se implementaría para hacer llegar el fundamental líquido a los domicilios
4. Ampliar los conocimientos acerca del funcionamiento e instalación de equipos con el uso de tecnología apropiada.
5. Buscar apoyo de organismos gubernamentales para desarrollar propuestas que generen mayor sustentabilidad de agua potable en el poblado de Mororcco, Distrito de Muñani, Provincia de Azángaro.



VII. REFERENCIAS

- Alegret, & Martínez. (2019). *Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa Dpto. de Ing. Hidráulica, Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH)*. , Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae).
- Alfaro. (2016). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar de agua al caserío plan manzanas, provincia y departamento Cajamarca* . Perú : Tesis de grado. Universidad César Vallejo.
- Alonso, & Chenlo. (2005). *Sistema de Bombeo Fotovoltaico*. Departamento de energías renovables CIEMAT.
- Alonso, & Chenlo. (2005). *Sistema de Bombeo Fotovoltaico*. . Departamento de energías renovables CIEMAT. (Consultado 12-06-2021) file:///C:/Users/User/Downloads/componente45332%20(2).pdf.
- ANA. (2021). *Autoridad Nacional del Agua*. Lima: <https://www.gob.pe/ana>.
- Asmat. (2018). *Determinación de la eficiencia de un sistema de Bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque –Cusco*”. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. : Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/.autosolar.es>. (2021). *Paneles solares* . <https://autosolar.es/>.
- Campuzano, & Campuzano. (2016). *Estudio de perfil de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio de Dirimaba*. Managua, Nicaragua.: Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <https://>.
- Canales, Alvarado, & Pineda. (2006). *Metodología de la Investigación*. Caracas .
- CEPJE. (2021). *Conferencia Episcopal Peruana, Jurisdicciones eclesiásticas* . Lima : https://www.iglesiacatolica.org.pe/cep_mapas/mapas_je/puno.htm. Consultado 25-05-2021).
- Chapoñan. (2018). *Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de cruz de Pañala-Orrope-*



- Lambayeque*. Lambayeque. Perú.: Tesis de Grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- E4e. (2021). *Tipos de radiación*. Lima : <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/angulo-de-incidencia-e-irradiacion-solar-claves-para-generar-electricidad>.
- García, Bedoya, & López. (2013). *Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano*. Colombia : Revista Tecnura. Vol. 17. N°2. Disponible en: <https://>.
- Hernández, Sampieri, Collado, & Bápista. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill. 6ta edición.
- INEI. (2015). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Llima Perú : <https://www.inei.gob.pe/sistema-estadistico-nacional>.
- Lamana. (2018). *Instalación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable*. Cataluña. España: Tesis de Grado. Universidad de Lleida. Disponible en: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/64674/mlamanav.pdf?sequence=1&>.
- López-Rey, D. (2021). *No todos los aires son iguales no todos los aires*. <https://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/las-masas-de-aire.html>.
- MINEM-DGE. (2021). *Ministerio de Energía y Minas* . Lima Perú : <https://www.gob.pe/minem>.
- Moura, Morante, & Fedrizz. (2011). *La problemática de obtención de agua potable en la región semiárida brasileña utilizando sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua*. *Revista Avance en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 15. Disponible e. Brasil: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/101604/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y .
- OMC. (2019). *Organización Mundial del Comercio*. https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/00_wtr19_s.pdf.



- OMS. (2003). *WHO The World Health Organization. The right to water. Geneve: World Health Organization. Health and human rights publication series – 3 .*
- Palella, & Martins. (2009). *Metodología de la Investigación Cuantitativa . Caracas, Venezuela.: Fondo Editorial Universidad Experimental Libertador. .*
- parro.com. (2021). *Diccionario de Arquitectura y Construcción.*
[https://www.parro.com.ar/definicion-de-caja+de+conexiones.](https://www.parro.com.ar/definicion-de-caja+de+conexiones)
- Porteous. (1994). *Dictionary of enviromental science and technology.* New York. Brisbane. Toronto. Singapore: . Revised edition 439 pp,80 figures, 4 Appendices. John Wiley and Sons. Chinchester.. 4ta. Reimpresión .
- Porteous. (1994). *Dictionary of enviromental science and technology .* New York: . Revised edition 439 pp,80 figures, 4 Appendices. John Wiley and Sons. Chinchester 4ta. Reimpresión.
- Rabos. (2013). *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una planta potabilizadora desalinizadora autónoma.* Andalucía. España: Tesis de grado. Universidad Internacional de Andalucía. España .
- Sabino. (2007). *El Proceso de la Investigación.* Argentina: Editorial El Cid.
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología Hidrológica.* Lima :
[https://www.gob.pe/senamhi.](https://www.gob.pe/senamhi)
- Tamayo, T. y. (2007). *El proceso de Investigación Científica.* México: Editorial Limusa.
- UPEL. (2007). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales Universidad Pedagógica Experimental Libertador . Venezuela : FEDUPEL.*
- Valdiviezo. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP.* Lima.
- Wekker. (2004). *Sistemas de bombeo características y dimensionamiento. . Caracas Venezuela : Charla dictada en la Universidad Católica Andrés Bello.*



ANEXOS

Anexo 1. Modelo de entrevista informal

I. Datos generales del entrevistado(a).

1. Nombre y apellidos: _____

2. Edad: _____

¿Cuántos años tienes viviendo en esta zona?

¿Cuántas personas habitan en tu vivienda?

¿Cuenta con algún tipo de servicio sanitario?

- Retrete Letrina
- Letrina orgánica
- No cuenta con ningún tipo de servicio

¿Qué tipos de fuentes de agua abastecen su zona?

- Agua potable
- Agua proveniente de alguna quebrada
- Agua extraída de pozo manual
- Agua comercializada

¿Cuáles son las formas de uso del agua?

- Para tareas domestica
- Para riego de parcelas
- Consumo propio
- Para los animales

¿A qué distancia queda la fuente de agua más cercana?

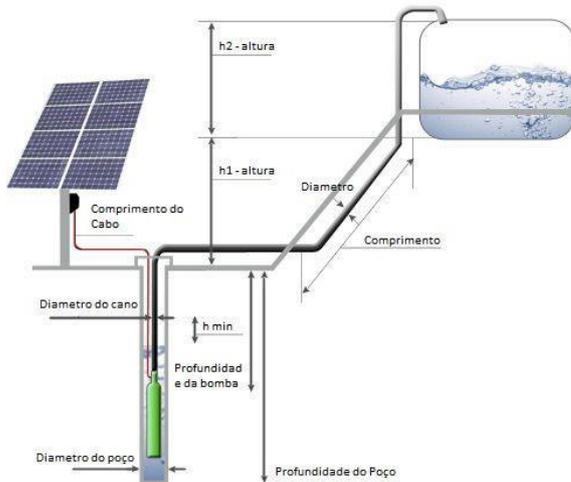
¿Cómo se llama el río más cercano a tu vivienda?

¿Le gustaría contar con un sistema de bombeo de agua con energía solar en su zona?

¿Conoces cuál es la radiación solar y las condiciones climáticas de la región?

¿Cuál consideras que es la demanda de agua de los habitantes en este centro poblado?

Anexo 2. Diagrama de Sistema de bombeo fotovoltaico



Fuente: Helio esfera (2021) <https://www.helioesfera.com/explicacion-de-un-sistema-de-bombeo-solar/> (Consultado 15/06/2021).

Anexo 3. Regulador Fotovoltaico



Fuente: Controlador de carga, qué es, tipos, parámetros. Cumbre pueblos <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/controlador-carga/> (Consultado 15/06/2021).

Anexo 4. Kit solar y paneles solares



Fuente: Renovables del este <https://renovablesdeleste.com/producto/kit-solar-completo-para-consumos-de-hasta-950w/> (Consultado 15/06/2021).

Anexo 5. Bomba sumergible



Fuente: Ecami SA: Power Pont <https://www.powerpro.cl/inicio/483-bomba-sumergible-4sdm214-1hp-pozo-4-bercatti.html> (Consultado 15/06/2021).