



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE
APLICANDO EL BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA
LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS – AZÁNGARO– PUNO 2023

TESIS

PRESENTADA POR:

DANTE SALAS CHÁVEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2024



Dante Salas Chávez

Propuesta de mejora del servicio de agua potable aplicando el bombeo fotovoltaico en la localidad de

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid:::8254:416895135

147 Páginas

Fecha de entrega

17 dic 2024, 8:51 a.m. GMT-5

25,175 Palabras

Fecha de descarga

17 dic 2024, 9:03 a.m. GMT-5

132,680 Caracteres

Nombre de archivo

BORRADOR DE TESIS - FIA - Dante Salas Chavez. final (2).pdf

Tamaño de archivo

6.2 MB



Dr. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA
Director Unidad de Investigación
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA - PUNO

Dr. Teófilo Chirinas Ortiz
Dr. Teófilo Chirinas Ortiz
DOCENTE FIA - UNA PUNO



16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto

389 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. Teófilo Chirinos Ortiz
DOCENTE FIA - UNA PUNO





DEDICATORIA

A mis queridos padres, Francisco y Paulina cuya memoria vive en mi corazón y cuyas enseñanzas siguen iluminando mi camino así mismo; a mis hermanos Pedro, Enriqueta, Maria, Margarita y Doloresa por su apoyo durante mi carrera.

Dedico a Valeria, una persona muy especial en mi vida que, con su paciencia, comprensión, amor y apoyo moral, contribuyó a que esta tesis se hiciera realidad.

Dedico esta tesis para mis dos tesoros que Dios me ha dado Thaisa y Aarón que son el motor y motivo de mi vida.

También está dedicado a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por compartir sus conocimientos, por los momentos gratos compartidos y por estar siempre prestos a ayudarnos en los momentos que los hemos requerido.

Dante Salas Chávez



AGRADECIMIENTO

*A Dios, guía de mi vida, por darme fuerzas, luz y
esperanza en cada momento*

*A nuestra alma mater de la educación universitaria
Universidad Nacional del Altiplano – Puno que me abrió las
puertas para mi formación profesional.*

*Asimismo, agradezco a mi asesor el Dr. Teofilo Chirinos Ortiz
y al Dr. Audberto Millones Chafloque, por sus consejos para
culminar este trabajo de investigación.*



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	20
1.3.1. Hipótesis General	20
1.3.2. Hipótesis Especificas	21
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	22
1.5.1. Objetivo General	22
1.5.2. Objetivos Específicos.....	22

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1.	Antecedentes internacionales	23
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	25
2.1.3.	Antecedentes Regional.....	29
2.2.	MARCO TEORICO	32
2.2.1.	Servicio de agua potable	32
2.2.2.	Sistemas de agua potable	35
2.2.3.	Sistemas energéticos	42
2.2.4.	Fundamentos de Energía	43
2.2.5.	Tipos de Sistema de Instalación Fotovoltaica.....	50
2.2.6.	Componentes de Sistema de Bombeo Fotovoltaico.....	54
2.3.	ANÁLISIS DE FACTORES DIVERSOS EN EL PROYECTO	65

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	AREA DE ESTUDIO.....	68
3.2.	TIPO DE INVESTIGACION	70
3.2.1.	Tipo de investigación	70
3.2.2.	Diseño de la investigación	70
3.3.	POBLACION Y MUESTRA.....	70
3.3.1.	Población.....	70
3.3.2.	Muestra	71
3.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	71
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos	71
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	71
3.5.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	72



3.5.1. Identificar las deficiencias en el actual sistema de bombeo en el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas.	72
3.5.2. Diseñar y proponer un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica.....	73
3.5.3. Realizar un análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto.....	78

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la realidad actual del proyecto y las principales falencias ..	81
4.2. Identificación de deficiencias en el actual sistema de bombeo de agua potable en la localidad de Asillo Salinas	83
4.2.1. Análisis de involucrados	83
4.2.2. Análisis de los problemas identificados en el servicio de agua (Objetivo Específico N° 1)	84
4.2.3. Diseño y propuesta de un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el caudal (el caudal medio diario, el caudal medio horario) de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica (Objetivo Específico N° 2)	91
4.2.3.1. Calculo hidráulico	91
4.2.3.2. Sistema de bombeo	92
4.2.3.3. Cálculo del módulo solar fotovoltaico	98
4.2.4. Resultado final del diseño matemático anterior	105
4.3. Realizar un análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto.	112



4.3.1. Análisis de impacto ambiental	117
V. CONCLUSIONES	122
VI. RECOMENDACIONES	124
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	128

Área: Ingeniería y Tecnología

Temas: Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de Diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Cuadro de limite máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.	33
Tabla 2 Límite máximo permisible de parámetros de calidad organoléptica	34
Tabla 3 Periodo de diseño de infraestructura sanitaria	39
Tabla 4 Dotación por región	40
Tabla 5 Caudales de diseño y almacenamiento	41
Tabla 6 Principales características de las bombas fotovoltaicas.....	63
Tabla 7 Principales datos estadísticos de la población de puno.....	76
Tabla 8 Matriz de involucrados del proyecto a ejecutar.	83
Tabla 9 Aplicación de la ficha de observación a lo largo del proyecto.	85
Tabla 10 Principales factores en el servicio de agua potable a la comunidad.	86
Tabla 11 La matriz de ponderación de los principales problemas identificados.	87
Tabla 12 Matriz de ponderación de los principales problemas.....	88
Tabla 13 Coeficiente de fricción de accesorios de la tubería de impulsión.....	97
Tabla 14 Cálculo de perdida de carga por accesorios	97
Tabla 15 Elementos que comprende el proyecto ya ejecutado.	108
Tabla 16 Distribución de tuberías a lo largo del tramo del proyecto.....	109
Tabla 17 Detalle de velocidades para el cálculo del caudal, ruta y direccionamiento.	109
Tabla 18 Cálculo hidráulico para la distribución de tuberías – según demanda.....	110
Tabla 19 Calculo hidráulico para cada nodo o ramal del proyecto.....	111
Tabla 20 Cuadro de análisis económico	112
Tabla 21 Cuadro de gastos generales.....	114



Tabla 22	Presupuesto total para la ejecución del proyecto	115
Tabla 23	Presupuesto total para la ejecución del proyecto	116
Tabla 24	Costos por mantenimiento correctivo de electrobombas	116
Tabla 25	Medición del var y tir del proyecto	117
Tabla 26	Matriz de leopold del proyecto planteado.....	119
Tabla 27	Matriz de leopold del proyecto planteado.....	143
Tabla 28	Matriz de leopold del proyecto planteado.....	144
Tabla 29	Matriz de leopold del proyecto planteado.....	145



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Tipos de captación de agua y sus correspondientes modelos.	35
Figura 2 Funciones importantes de los reservorios de agua.....	37
Figura 3 Componentes del sistema de bombeo fotovoltaico.....	47
Figura 5 Horas Pico Solar (HPS)	50
Figura 6 Sistemas Aislados	51
Figura 7 Sistemas conectados a RED.....	52
Figura 8 Sistemas Híbridos	53
Figura 9 Angulo de inclinación β para la implementación de paneles.....	55
Figura 10 Panel Monocristalino y Panel Policristalino	57
Figura 11 Conexión en Serie.....	58
Figura 12 Conexión en Paralelo	58
Figura 13 Controlador	59
Figura 14 Clasificación de Inversor	60
Figura 15 Tipos de bomba centrífuga.....	62
Figura 16 Vista Interna bomba centrífuga.....	62
Figura 17 Bomba Volumétrica	63
Figura 18 Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bombas solares	65
Figura 19 Mapa Geográfico de ubicación del proyecto.	69
Figura 21 Diagrama Pareto de los problemas que afectan el servicio de agua potable.	89
Figura 22 Calculo Hidráulico	90
Figura 23 Planos de los reservorios y todas las estructuras que estos involucran.....	106



Figura 24 Planos de los diseños internos dentro de los reservorios y cajas rompe-presión	107
Figura 25 Resultados de encuesta	143
Figura 26 Resultados de encuesta	144
Figura 27 Resultados de encuesta.....	145



ACRÓNIMOS

KW:	Kilovatios
MXN:	Peso mexicano
PV:	Fotovoltaico
LCC:	Costo de ciclo de vida (Life Cycle Costing)
CV:	Caballo de vapor
Wh:	vatio hora
Ah:	Amperio hora
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
MINAG:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
CECADE:	Centro de Capacitación Para el desarrollo
CDT:	Carga Dinámica Total
LMP:	Límites Máximos Permisibles
MVCS:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
PETAP:	Planta de Tratamiento de Agua Potable
Qmd:	Caudal máximo diario
Qmh:	Caudal máximo horario
Qb:	Caudal de bombeo
Pb:	Potencia de bomba
HDT:	Altura Hidrodinámica Total
SGDS:	Centro de Negocios tecnológicos
PWM:	ancho de pulso modulado (Pulse-Width Modulation)
MPPT:	Seguidor del punto de máxima potencia (Maximun Power Point Tracking)



CIEMAT:	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
UEFSA:	Unidad Ejecutora Fondo Sierra Azul
Hfs:	Perdida de carga de tubería de succión
Hfi:	Perdida de carga en tubería de impulsión
Hfa:	Perdida de carga por accesorios
HPS:	horas pico solar
Cb:	Capacidad de la batería



RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo proponer la mejora del servicio de agua potable aplicando bombeo fotovoltaico en la localidad de Asillo Salinas, con el fin de hacer frente al problema de los escasos del agua y la falta de un servicio continuo. Para cumplir tal objetivo se hizo uso metodológico de una ficha de observación, a través de la que se efectuó el diagnóstico del sistema de bombeo actual, el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico, y la evaluación económica del sistema mejorado. En cuyo sistema se identificaron diversas falencias que no hacen posible un abastecimiento integral del servicio. Se propuso un cálculo hidráulico, para una población futura de 325 habitantes, un caudal medio diario de 0.30 l/s, un caudal máximo de 0,39 l/s. para el bombeo se fijó una presión de 914.46 W (Aprox. 1.5HP), sistema alimentado por 6 paneles de 4.73 Wh que captan la energía solar, con capacidad de 1.524.1 Ah para poder abastecer a todos los involucrados. Finalmente, la evaluación de económica que arrojó un VAN S/. 6,4101.82. En base a ello se concluye que la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable representa un paso significativo para asegurar un suministro de agua más confiable, sostenible y accesible para la comunidad. Logrando mejorar la disponibilidad y calidad del agua potable, y reduciendo la fuente de energías no renovables, sofocando deficiencias del sistema anterior y brindando un suministro más confiable y estable disponibilidad y calidad del agua potable, abordando las deficiencias del sistema anterior y brindando a la población local un suministro más confiable y estable a través de energías naturales.

Palabras clave: Bombeo fotovoltaico, mejora del servicio, vida útil, agua potable, eficiencia y mejora.



ABSTRACT

The objective of this study was to propose the improvement of the drinking water service by applying photovoltaic pumping in the town of Asillo Salinas, in order to address the problem of water scarcity and the lack of a continuous service. To achieve this objective, a methodological observation sheet was used, through which the diagnosis of the current pumping system, the design of the photovoltaic pumping system, and the economic evaluation of the improved system were carried out. In this system, various deficiencies were identified that do not make a comprehensive supply of the service possible. A hydraulic calculation was proposed for a future population of 325 inhabitants, an average daily flow of 0.30 l/s, a maximum flow of 0.39 l/s. For pumping, a pressure of 914.46 W (Approx. 1.5 HP) was set, a system powered by 6 panels of 4.73 Wh that capture solar energy, with a capacity of 1,524.1 Ah to be able to supply all those involved. Finally, the economic evaluation that yielded a NPV S/. 6,4101.82. Based on this, it is concluded that the implementation of a photovoltaic pumping system to improve the drinking water service represents a significant step to ensure a more reliable, sustainable and accessible water supply for the community. Achieving an improvement in the availability and quality of drinking water, and reducing the source of non-renewable energy, suffocating deficiencies of the previous system and providing a more reliable and stable supply availability and quality of drinking water, addressing the deficiencies of the previous system and providing.

Keywords: Photovoltaic pumping, service improvement, useful life, drinking water, efficiency and improvement.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de los escasos del agua, siempre ha representado una amenaza a nivel mundial, así, Medina (2016) afirma que ante la escasez del recurso y las deficientes condiciones en que debe obtenerse, el hombre ha buscado la forma de localizar fuentes o corrientes de agua para extraerlas y ofrecer a la población un mejor servicio. Este servicio se conoce como agua potable y se considera un derecho humano fundamental. Sin embargo, en muchas comunidades rurales y periurbanas se enfrenta a una serie de dificultades, como el acceso limitado a servicios de agua potable fiables y de alta calidad. La incapacidad de estas comunidades para hacer funcionar los sistemas de bombeo tradicionales debido a la falta de energía restringe su capacidad para suministrar agua potable de forma fiable y eficaz (p 25).

En muchos países de Latinoamérica, ante este problema, se ha recurrido a la utilización del bombeo fotovoltaico se presenta como una solución potencialmente viable y sostenible para mejorar el servicio de agua potable en estas comunidades. El bombeo fotovoltaico consiste en la utilización de paneles solares para generar la energía necesaria para operar los sistemas de bombeo, lo que no solo permite superar la dependencia de fuentes de energía convencionales, sino que también reduce los costos operativos y minimiza el impacto ambiental (Acolt G. M., 2016).

Aun así, en Ecuador, como indica Morales (2014), sigue habiendo muchos obstáculos y dificultades en el camino de la aplicación real del bombeo fotovoltaico. En primer lugar, las comunidades y las autoridades responsables tienen dificultades para



adoptar esta tecnología porque desconocen sus ventajas e inconvenientes. Además, la ejecución de proyectos de bombeo fotovoltaico se ve obstaculizada por la insuficiencia de fuentes de financiación y la falta de conocimientos técnicos.

El Perú es una nación rica en biodiversidad y recursos naturales, sin embargo, décadas de sobreexplotación industrial de los recursos hídricos, unidas a las consecuencias del cambio climático, el crecimiento demográfico y los métodos agrícolas deficientes, han hecho que el agua escasee y obstaculizado la búsqueda de un desarrollo sostenible, donde es obvio que la contaminación de un recurso del que depende la sociedad también está causada por la actividad humana, este recurso escaso es el agua (Crespo, 2018).

Generalmente en Puno, todo sistema de agua potable cuenta con uno o varios sistemas de bombeo de agua, el cual siempre depende de energía eléctrica, siendo este el método tradicional para mantener la operatividad del servicio. Por tanto, si el suministro de electricidad es interrumpido, también se afecta el servicio de agua, causando molestias, incomodidades y gastos de operación y mantenimiento por parte de los usuarios; por ello es mucho mejor la implementación de un sistema de bombeo usando la energía solar. Además, este método tradicional generalmente funciona para zonas urbanas, pero las zonas rurales y alejadas son afectadas puesto que el servicio resulta ineficiente y no cubre las necesidades básicas (Corrales, 2014).

Para ello es necesario identificar los problemas y fallas más comunes que se presentan en el actual sistema de bombeo que abastece a la comunidad; luego de eso, ya se puede diseñar un sistema de bombeo basado en la energía fotovoltaica para mejorar el servicio de agua potable a la comunidad, lo cual implica servicio constante, abundante caudal y menos fallas en el servicio. Finalmente se realizó un análisis económico de la



propuesta. Este sistema al igual que otras tecnologías tradicionales, es la solución para implementar métodos de bombeo fotovoltaico, que es aceptable y confiable, lo que asegura una larga vida útil del sistema de bombeo a un costo operativo prácticamente nulo.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿De qué manera el uso de bombeo fotovoltaico puede mejorar el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas – Azángaro – Puno 2023?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las principales deficiencias actuales en el sistema de bombeo agua potable en la localidad de Asillo Salinas?

¿Cuál es el diseño técnicamente adecuado para proponer un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica?

¿El sistema de bombeo fotovoltaico es viable económica y ambientalmente durante el ciclo de vida del proyecto?

1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. Hipótesis General

La aplicación del bombeo fotovoltaico logra mejorar el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas, Puno 2023.



1.3.2. Hipótesis Específicas

Las principales deficiencias actuales y los costos de operación y mantenimiento influyen negativamente en la operatividad del sistema de bombeo de agua potable en la localidad de Asillo Salinas.

Un diseño adecuado en el sistema de bombeo fotovoltaico mejorará la disponibilidad del servicio de agua potable a la comunidad.

La propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico será viable económicamente durante el ciclo de vida del proyecto.

1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

La presente investigación se justifica porque primero identifica las principales falencias en el proyecto ejecutado y mediante este estudio se busca eliminar y reducir esas problemas y anomalías con el fin de abastecer de agua potable a toda la comunidad de Asilo, teniendo en cuenta que los involucrados del mismo son los comuneros, autoridades y entidad administradora del servicio. va a mejorar el servicio de agua potable para la comunidad, dotándole de una mayor operabilidad al sistema mismo, presentando menos cortes o disminuciones de líquido, incrementando la circulación del caudal y garantizando un servicio estable e ininterrumpido. Todo esto se logrará con la utilización de nuevas tecnologías incorporadas para mejorar el servicio de agua en la comunidad de una manera efectiva, asequible y sostenible en el tiempo (Donoso, 2017).



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.5.1. Objetivo General

Proponer la mejora del servicio de agua potable aplicando bombeo fotovoltaico en la localidad de Asillo Salinas – Azángaro – Puno 2023.

1.5.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar el sistema actual de bombeo del sistema de agua potable en la localidad de Asillo Salinas

Diseñar el sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas.

Realizar la evaluación económica del sistema de agua potable mejorado de la localidad de Asillo Salinas



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Martínez (2020), en su trabajo de investigación titulado “*Diseño de un sistema de bombeo a base de energía solar para el suministro de agua, Veracruz, México*”, tuvo como objetivo el diseño de sistemas de bombeo con energía solar utilizando la teoría fundamental para comprender conceptos clave y desarrollar modelos experimentales para el funcionamiento del sistema de bombeo. Luego se analizan las diferencias económicas entre los sistemas de bomba de calor solar y los sistemas de bomba de agua a gasolina. Concluyendo que el caudal mínimo alcanzado a 10 metros de altura de 0.612 m³/h con una potencia de 0,07 kW y el caudal máximo fue de 4,1 m³/h con una potencia de 0,318 KW A una altura de 15 metros, el caudal varió de 0,108 m³/h a 3,24 m³/h, con potencias de 0,065 kW a 0.323 kW Finalmente se consiguen caudal mínimo de 0 m³/h con una potencia de 0.066 kW y un caudal máximo de 2,7 m³/h con una potencia de 0,324 kW a una altura de 20 m. El costo de material del sistema de bombeo solar es de MXN 52,245.24, el costo de mano de obra es de MXN 17,168.00, el costo de mantenimiento es de MXN 7,540.00, para un total de MXN 76,953.24, mientras que el costo de material del sistema de bombeo de gasolina es de MXN 15.62 MXN costo de mano de obra. el costo fue de \$73,770.06 MXN para un total de \$92,874.10.



Otieno et al., (2018) en la investigación titulada “*Evaluaron el rendimiento y la viabilidad financiera de un sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico (PV), Jucuntuma, Honduras*”. Se recopilieron datos en tiempo real sobre indicadores de rendimiento importantes mediante un registrador de datos integrado. Además de definir y determinar indicadores de desempeño, se utilizó la técnica del costo del ciclo de vida (LCC) para examinar la viabilidad económica y se contrastaron los costos con los de un sistema de bombeo con generador diésel. El rango de irradiación solar estuvo entre 63 y 857 W/m², o 11,75 kW en su punto más alto. Finalmente se concluyó que la eficiencia del conjunto fotovoltaico fue del 12,1%, el subsistema fue del 91,82% y la eficiencia general fue del 5,14%; estos números son muy comparables a las eficiencias *registradas* en otros lugares para sistemas similares. En conclusión, según el análisis de LCC, los sistemas solares fotovoltaicos tienen un costo de agua unitario promedio de 20 años de 0,25 dólares estadounidenses/m³.

Crespo (2018), en su investigación “*Evaluación del sistema de agua potable de la cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras*”. El sistema actual consta de un pozo excavado de 45 m³ de profundidad, un sistema de bombeo sumergible, un depósito elevado y una red de distribución por tuberías de polietileno. Los residentes de lugares aislados se ven obligados a recoger el agua en recipientes y dejarla reposar un rato antes de beberla, hasta que las partículas dispersas se asientan. Esto se debe a que estas zonas tienen poco caudal y baja presión. Los ingresos económicos del servicio son insuficientes para hacer frente a los gastos de explotación y mantenimiento del sistema. Los principales objetivos de la aireación son oxidar el hierro y eliminar los gases del agua. La metodología empleada tiene en cuenta los atributos socioeconómicos de la población,



recopilando la bibliografía existente y datos de campo, tanto nacionales como extranjeros. Para evaluar el rendimiento hidráulico de la red de distribución se utilizaron diversas normas y principios hidráulicos, como los de Hardy Cross y Hazen-Williams. Según las conclusiones del estudio, la cantidad, la calidad y los niveles de presión del sistema están fuera de lo que se exige actualmente en Ecuador. La mejora propuesta incluye la perforación de un nuevo pozo, la instalación de una electrobomba sumergible de 12,5 CV, el tratamiento del agua mediante aireación, filtración y desinfección, la instalación de dos tanques de reserva (185 m³ para baja capacidad y 94 m³ para alta capacidad) y la instalación de dos sistemas de suministro de agua independientes de 1.000 m³ (Crespo J. M., 2018).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Dávalos, J. (2019) realizó la investigación *“Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba distrito de Bellavista en Cajamarca”*, cuyo propósito principal consistió en Crear un sistema de bombeo solar para el riego agrícola en el caserío la Guayaba, en el Distrito de Bellavista, en la Provincia de Jaén-Cajamarca. En esta investigación se empleó una metodología aplicada, con un grado de investigación descriptiva y un diseño de investigación de campo de gabinete (no experimental). Según la investigación, cuando la demanda es baja y el uso de generadores es más caro, la aplicación de energía solar fotovoltaica para el riego agrícola puede ser la solución más rentable en lugares desconectados de la red. Concluye que el nivel de radiación fluctúa con las regiones investigadas, oscilando entre 3,71 WH/m²/día en febrero y 5,10 WH/m²/día en noviembre, con un ángulo de 5°. Para aplicaciones de diseño del



sistema, que son estándares mensuales desfavorables, el promedio de febrero fue de 3.71 $\text{wh/m}^2/\text{día}$. Al final concluyen que el consumo energético estimado es de 31174 Wh/día y la potencia hidráulica es de 840,77 W La eficiencia de la electrobomba es del 65% y la potencia eléctrica de la electrobomba es de 1.29 kW

Guevara (2018), en el proyecto de investigación *"Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para el cultivo de espárragos en la finca Bobadilla - Ferreñafe"* tiene como objetivo crear un sistema de bombeo fotovoltaico que pueda satisfacer las necesidades de los cultivos de espárragos en la provincia de Ferreñafe Departamento de Lambayeque proporcionando los recursos hídricos que necesitan. Se determinó que, al diseñar la tecnología de celdas solares, es necesario un modo de bombeo de 40051h. La carga de bombeo se determinó en 142 Ah/día a 25,06 A de corriente. Los módulos solares tenían dos configuraciones en serie y cinco en paralelo, cada una capaz de bombear 4580 litros de agua al día a una potencia de 900 vatios. Todos los cálculos están hechos para el funcionamiento de bombas centrífugas, tanto hidráulicas como eléctricas Activadas por energía fotoeléctrica. Se concluyó que 10 ha de terreno destinado al cultivo y cosecha de espárragos perdieron 5,58 mm/día de agua por evaporación. Se otorgó el permiso para desarrollar un sistema de riego para el cultivo de espárragos en la finca Bobadilla en Ferreñafe utilizando energía solar alternativa. Se puede concluir que el uso de paneles solares en células fotoeléctricas es un elemento favorable del cultivo de espárragos.

Farfán (2019) en el trabajo *"Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea, Olmos - Lambayeque"*, tiene por objetivo la radiación que emite cotidianamente el sol como astro fuente de vida constituye una fuente de



energía inagotable, universal, ecológica, gratuita y de disponibilidad inmediata; la misma que puede ser utilizada para la generación de calor y electricidad mediante el uso de colectores solares y paneles fotovoltaicos respectivamente. La potencia media que recibe la Tierra del Sol es de $1,2 \times 10^{17}$ vatios al día. A nivel nacional y en la actualidad, los motores de combustión interna y las bombas hidráulicas instaladas en pozos entubados o pozos abiertos son comúnmente utilizados para la extracción de aguas subterráneas, y los combustibles fósiles (petróleo crudo, gasolina) se utilizan como fuentes de energía. El coste de estos sistemas de bombeo es considerable, y su funcionamiento y mantenimiento aumentan el riesgo de contaminación atmosférica local y los peligros para la salud debido a la liberación de gases nocivos (CO_2 , SO_2 , NO_x , Pb) durante la combustión de dicho combustible. Finalmente, se llegó a las siguientes conclusiones: en la cuenca Motupe-Olmos-La Leche, según el censo 2014 de la Agencia Nacional del Agua (ANA)-MINAG-2014, se reportaron un total de 4,339 pozos entubados y pozos abiertos; Se puede obtener mediante un sistema de bombeo solar. Los mapas solares desarrollados por el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Perú (SENAMHI) muestran una alta disponibilidad de energía solar en el área de estudio, que oscila entre 5,5 y 6,5 kWh/m². el cielo. Según la Tabla 2, los cálculos solares se calculan con una radiación solar disponible correspondiente de 4,21 kWh/m²/día en julio.

Tinta (2017) en la investigación, “*Aplicación de la Energía Solar en Línea de Impulsión de Sistema de Abastecimiento y Eliminación de Excretas en la Localidad de Isla Soto*”. Su principal objetivo es utilizar la energía solar en la línea de impulsión del sistema de abastecimiento y evacuación de aguas residuales de la localidad de Isla Soto. La investigación llega a la conclusión de que las



investigaciones topográficas, edafológicas e hidrológicas son los estudios fundamentales que inciden en el diseño de la impulsión solar. El cálculo de la población de diseño, la demanda y la distribución, el diseño y las fuentes de suministro, el diseño electromecánico, el modelado hidráulico de la red de impulsión y el modelado hidráulico de la red de distribución son los requisitos de diseño de los sistemas de impulsión solar. Se concluyó que los aspectos a considerar al dimensionar un generador de celdas solares requieren conocimiento de radiación, radiación solar, luz solar, tipo de panel solar, flujo máximo diario, cabeza de presión para bombeo, longitud de conducción (impulsión), etc. Los costos de operaciones y mantenimiento del proyecto anual son s/. 8,240.00.

Asmat, C. (2018) en la investigación "*Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico, Cuzco*", plantea como objetivo evaluar la eficiencia del sistema fotovoltaico de bombeo de agua y determinar el volumen diario de bombeo de agua en las condiciones climáticas de la región Paluro Yaurisque del Cusco. Del estudio se extrajeron las siguientes conclusiones: Al comparar los datos de radiación obtenidos con los datos históricos, se puede concluir que la radiación estimada fue en promedio un 7% más alta en comparación con los años históricos de 2014 a 2016. Esto podría ser un signo de agotamiento de la capa de ozono, etc. También se observó un índice UV alto (mayor a 10) en las estaciones meteorológicas del CECADE. Con base en la CDT evaluada, de, 10 a 15m, se puede concluir que la CDT de 15m logra el mejor resultado de eficiencia de electrobomba con un promedio de 33,58%, variando de 24,33% a 44,91%. Se concluye que esta variación de eficiencia se debe a la radiación solar variable externa, y durante el día presenta una variación de caudal entre 0,55 y 1,53 m³/h.



2.1.3. Antecedentes Regional

Peralta (2018) en el estudio titulado “*Evaluación técnico-económica de un sistema de bombeo solar fotovoltaico aplicado a la ampliación de la frontera agrícola en zonas rurales de Puno*”. La investigación contempla la aplicación de este sistema a la frontera agrícola en zonas aisladas de Puno. Se instaló una bomba solar fotovoltaica sumergible en los viñedos de la Empresa Majes Tradición SAC (Arequipa, Perú) para trasladar el agua desde el trasvase del río Majes hasta el reservorio superior para el riego de la uva. Se instaló una estación meteorológica para medir la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar con el fin de determinar los parámetros climáticos. Se instalaron sensores de corriente, tensión, caudal másico y presión hidráulica en los sistemas eléctrico e hidráulico. Para comparar la rentabilidad del proyecto con las tecnologías de bombeo tradicionales, también se evaluaron los parámetros económicos del proyecto. Los resultados muestran que el sistema de bombeo fotovoltaico funciona una media de ocho horas al día, de 7:30 a 15:30. El rendimiento global del sistema es del 7%, lo que significa que el rendimiento de un módulo fotovoltaico es del 12%. Se determina que el caudal másico fluctúa entre 2 kg/s y 6,3 kg/s, y el rendimiento hidráulico varía entre el 55% y el 75%. Estos valores corresponden a irradiaciones solares de 200 W/m² y 1190 W/m², respectivamente. Luego del análisis económico, se concluye que la inversión del sistema fotovoltaico, comparado a la electricidad de la red pública, se recupera en 5.3 años, comparado con los costos de generación eléctrica a partir de un generador a combustión interna (diésel y/o GLP) la recuperación es en 2.8 años.

Medina, A. (2019) realizó un estudio titulado "*Análisis comparativo de un sistema de bombeo de agua potable en la localidad de Chaupi*



Sahuacasi mediante energía solar fotovoltaica y energía eléctrica convencional - Provincia de Azángaro - Puno", cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad y rentabilidad de un sistema de bombeo de agua potable con energía solar frente a un sistema eléctrico tradicional; Chaupi para la localidad de Sahuacasi. Concluyendo a lo largo del estudio se demostró la funcionalidad del sistema de bombeo fotovoltaico con un diseño adecuado; con junio como punto de partida, el año es el más crítico con una irradiancia media de 4,85 kWh/m². Función 81.96 %. El costo total de los sistemas convencionales y fotoeléctricos es S/. 341,281.61 y S/. 123,442.96, respectivamente, lo que es 2,8 veces más caro por el mismo precio. Por lo tanto, es muy rentable para la ciudad de Chaupi Sahuacasi invertir en energías renovables. Si la zona cuenta con energía eléctrica, el costo total del sistema convencional y solar es de S/176,426.65. y S/123,442.96.

Arizaca, A. (2022) en la disertación titulada "Utilización de energía fotovoltaica en un sistema de riego por aspersión en el Centro Experimental de Chuquibambilla" tuvo como objetivo evaluar la energía fotovoltaica utilizada en un sistema de riego por aspersión y realizar los cálculos agronómicos e hidráulicos necesarios pertinentes al sistema de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa, alimentado con energía fotovoltaica en el Centro Experimental de Chuquibambilla. La metodología de investigación empleada en este estudio es de naturaleza explicativa, ya que busca dilucidar las causas subyacentes de los fenómenos observados. Los hallazgos indican que el suministro de agua durante la estación seca se registra en 1,88 l/s, mientras que durante la estación lluviosa mide 2,34 l/s; con respecto a los cálculos agronómicos, se determinó una tasa de evapotranspiración de los cultivos de 2,56 mm/día, junto con láminas de riego netas y brutas de 1,42 mm/día, respaldadas por intervalos de riego de 0,56 días y



una duración de riego de 14 minutos por día, lo que requiere una demanda de agua de 25,60 m³/día para un área de cultivo de 1,80 hectáreas de alfalfa. En consecuencia, los cálculos hidráulicos arrojaron un caudal de bombeo requerido de 0,00167 m³/s utilizando una tubería motriz de 1,5 pulgadas de diámetro, con una altura dinámica total de 34,15 metros y un diámetro de tubería de succión de 2 pulgadas; este sistema necesita una bomba con una potencia nominal de 1 HP (768 Wp), que a su vez requiere 25 paneles solares, cada uno con una potencia nominal de 50 Wp.

Finalmente, Juchani (2022), en su tesis "*Gestión del servicio de agua potable y la satisfacción de los usuarios del centro poblado Ancoputo de Zepita-Puno, 2022*", en la cual busca determinar la relación entre la gestión del servicio de agua potable y la satisfacción de los usuarios del centro poblado de Ancoputo de ZepitaPuno. El estudio adopta un método cuantitativo y se aplica, adoptando un diseño no experimental, transversal, descriptivo y correlacional. Las variables de estudio son: gestión del servicio de agua potable y satisfacción de los usuarios. Como métodos e instrumentos para su medición se utilizan la encuesta y el cuestionario, respectivamente, el primero compuesto por 18 ítems para cada variable, y la escala de medición es ordinal. La población y el estudio incluyeron 302 y 170 usuarios, respectivamente. En relación con los instrumentos de recogida, la fiabilidad se verifica con el alfa de Cronbach y su validez se corrobora con tres másteres. Los resultados a nivel descriptivo son presentados en tablas elaboradas con Microsoft Excel, para las pruebas de hipótesis se hace uso del programa SPSS 22, aplicando la prueba de Rho de Spearman. Finalmente, se concluye la existencia de una correlación positiva alta entre las variables gestión



del servicio de agua potable y la satisfacción de los usuarios, obteniendo como coeficiente de correlación $r=0.765$ (Juchani, 2022).

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Servicio de agua potable

Dado que los seres humanos somos un 70% de agua, un líquido esencial para la vida, el objetivo principal de un sistema de abastecimiento de agua potable es suministrar a la población local agua suficiente, en cantidad y calidad determinadas, para satisfacer sus demandas. Entender qué se entiende por "agua potable" es uno de los temas clave de este capítulo. El agua que cumple la norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS) -que especifica la concentración mínima de sales minerales disueltas necesaria para que el agua tenga calidad potable- se considera agua potable. El agua que es "apta para el consumo humano" -es decir, que puede consumirse sin contaminación- es la definición ampliamente reconocida de agua potable (Gonzales, 2014).

La polución del agua provocada por las aguas residuales municipales es la causa principal de enfermedades hídricas debido a virus, bacterias y otros agentes biológicos presentes en las excretas (heces), especialmente si provienen de individuos enfermos. Por tal motivo es indispensable conocer la calidad del agua que se piense utilizar para el abastecimiento a una población (Jiménez, 2013).

A continuación, se muestran las tablas de límites máximos permisibles según Ministerio de Salud (2011).



Tabla 1

Cuadro de limite máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Parámetros	Unidad de Medida	Limite Máximo Permissible
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0(*)
E. coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0(*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0(*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
Virus	UFC/MI	0
Organismos de la vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadizos evolutivos	N° org/L	0

Nota. Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos y parasitológicos existentes en el agua.

Fuente: Ministerio de Salud. (2011).



Tabla 2

Límite máximo permisible de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de Medida	Límite Máximo Permissible
Olor	--	Aceptable
Sabor	--	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Ph	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad	mho/cm	1500
Solidos Totales Disueltos	mgL-1	1000
Cloruros	mg Cl-L-1	250
Sulfatos	mg SO-L-1	250
Dureza total	mg CaCO ₃ -L-1	500
Amoniac	mg N-L-1	1.5
Hierro	mg Fe-L-1	0.3
Manganeso	mg Mn-L-1	0.4
Aluminio	mg Al-L-1	0.2
Cobre	mg u-L-1	2
Zinc	mg Zn-L-1	3
Sodio	mg Na-L-1	200

Nota: Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros organolépticos existentes en el agua.

Fuente: Ministerio de Salud. (2011).

2.2.2. Sistemas de agua potable

Captación

Las obras donde se recoge el agua para abastecer a la población constituyen este primer tramo del sistema hidráulico. Pueden ser una o varias; lo importante es que funcionen conjuntamente para proporcionar a la ciudad la cantidad de agua necesaria. Para especificar la fuente que se utilizará, se toman en cuenta las siguientes formas de agua según su distribución en el mundo, determinada por el ciclo hidrológico (Jiménez, 2013).

Rodríguez (2002) hace una clasificación de distintos tipos de aguas, a partir de las cuales se han operaciones hidráulicas diversas, entre las más importantes tenemos los siguientes tipos de captaciones que se aplican:

Figura 1

Tipos de captación de agua y sus correspondientes modelos.

Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Aguas meteóricas (atmosférica)
<ul style="list-style-type: none">• Captaciones con grandes variaciones de nivel de ríos.• Captaciones con pequeñas oscilaciones de nivel• Captaciones para escurrimiento• Captación directa por gravedad o bombeo.	<ul style="list-style-type: none">• Captaciones directa y obligatoria por bombeo• Captaciones por elevación de nivel - Norias• Pozos tubulares• Pozos Tipo Caisson	<ul style="list-style-type: none">• Captaciones en tejados• Captación natural acumulativa

Nota: Tipos de captación de agua y sus correspondientes modelos en lo referente obras de captación de agua.

Fuente: Elaboración propia.



Líneas de conducción

El objetivo de este sistema de tuberías, estaciones de bombeo y accesorios es conducir el agua desde la fuente de abastecimiento, las obras de captación, el depósito de regularización, la planta de tratamiento de agua potable o directamente a la red de distribución. Dependiendo de dónde se encuentre la fuente de abastecimiento en relación con las actividades de regularización, existen dos métodos posibles para llevar a cabo esta conducción (Parillo, 2022).

Rodríguez (2001) afirma al respecto que en el caso de que la fuente de abastecimiento esté situada por encima del tanque de almacenamiento en términos topográficos, la conducción se producirá por gravedad y funcionará como una tubería que opera bajo presión o como un canal que opera sin presión, siendo este último el más típico en los sistemas de abastecimiento de agua potable (p.34).

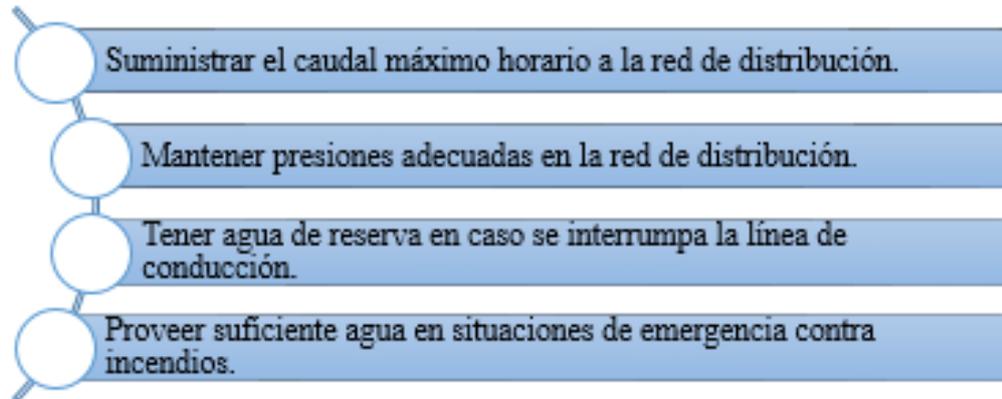
Reservorio de almacenamiento

El almacenamiento de agua es la finalidad de los depósitos de almacenamiento, que son edificios civiles. Su función es garantizar que la red de distribución tenga una presión de servicio adecuada para satisfacer la demanda de agua y conservar un volumen adicional como reserva. (Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 2004, p. 254).

En función de las necesidades de agua previstas y del rendimiento admisible de la fuente, la importancia del embalse reside en garantizar la funcionalidad hidráulica del sistema y la preservación de un servicio eficaz (Aguero, 1997, p. 77).

Figura 2

Funciones importantes de los reservorios de agua



Nota. Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: Pittman (1997)

Por tanto, los reservorios apoyados, que principalmente tiene forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo (Agüero, 1997).

Redes de distribución

La red de distribución es un sistema de tuberías, accesorios y otros equipos que permite a los clientes recibir agua de forma continua a la presión adecuada, en cantidad suficiente y de calidad suficiente para sus necesidades residenciales, comerciales, industriales y de otro tipo. (Ministerio de servicios y obras pública, 2004, pág. 284).

Las presiones tienen que cumplir los requisitos mínimos y máximos para cada uno de los posibles escenarios de análisis. Así, para suministrar agua al interior de las viviendas (parte alta de la ciudad), la red necesita mantener presiones de servicio mínimas. Además, la red debe tener restricciones de presión máxima que eviten daños en las conexiones y permitan el servicio sin perjudicar



significativamente la experiencia del usuario (parte baja). Cuando se garantiza una presión adecuada en toda la red y la captación y/o el depósito de almacenamiento se encuentran a un nivel superior al de la red de distribución, se utiliza la distribución por gravedad (Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 2004, p. 284).

Conexiones domiciliarias

De acuerdo con el Ministerio de vivienda y saneamiento (2012), el objetivo de la conexión domiciliaria de agua potable es regular el suministro de agua potable a una vivienda. Esta se situará entre la tubería de la red de suministro de agua y el registro de la caja. Cuando la colocación de la captación o del depósito de almacenamiento no garantiza una presión adecuada en toda la red, se puede recurrir a la distribución por bombeo. En estos casos, deben utilizarse aparatos y mecanismos que fuercen el agua a través de la red. (Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 2004, p. 284).

En el año 2018, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) emitió la Fuente: Según la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018), que otorgó su aprobación a la normativa técnica que define las alternativas tecnológicas para sistemas de saneamiento en zonas rurales. Por lo tanto, la planificación y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento para las comunidades rurales deben acatar las directrices dictadas por esta normativa, que funciona como un patrón esencial.



Tabla 3

Periodo de Diseño de infraestructura sanitaria

Fuente de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Pozos	20 años
Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
Reservorio	20 años
Lineas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
Estación de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	20 años

Nota: Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018)

Población de diseño

Para estimación de población de diseño o futura existen varios métodos; el aritmético, geométrico, exponencial, curva logística, entre otros. La elección depende del aspecto socioeconómico y ambiental de la población.

La resolución de Ministerio de Vivienda construcción y Saneamiento (MVCS) del 2018, recomienda empleo del método aritmético como enfoque preferido para llevar a cabo esta estimación.

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r*T}{1000}\right)$$

Donde:

Pa : Población inicial (habitantes)

Pf : Población futura o de diseño (habitantes)



r : Tasa de crecimiento anual (%)

t : Periodo de diseño (años)

Demanda de agua

los principales factores que afectan el consumo de agua son: el tipo de comunidad, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la población. (Pittman 1997).

Demanda de dotaciones, considerando los factores que determinan la variación de la demanda de consumo de agua en las diferentes localidades rurales; se asignan las dotaciones en base al número de habitantes y a las diferentes regiones del país. (Pittman 1997).

Tabla 4

Dotación por región

REGION	DOTACION (l/hab/dia) Sin arrastre	DOTACION (l/hab/dia) Con arrastre hidráulico
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Nota. Dotación de agua por cada región según la cantidad de habitantes.

Fuente: Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018)

Caudales de diseño y almacenamiento

Caudal promedio diario, el consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población

futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación (Pittman 1997).

Caudal máximo diario (Qmd) y horario (Qmh), se definen como el día de mayor consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año; en cambio, el consumo máximo horario se establece como la hora de mayor consumo del día de mayor consumo.

Tabla 5

Caudales de diseño y almacenamiento

Caudal promedio anual Qp (año 20)	Qp	$Qp = (P20 * Reg + Ep * Dep + Es * Des / 86400) / (1 - Vrs)$
Caudal máximo diario anual Qmd (año 20)	Qmd	$Qmd = Qp * K1$
Caudal máximo horario anual (año 20)	Qma	$Qma = Qp * K2$
Volumen de reservorio año 20	Qma	$Qma = Qp * 86.4 * Vrg$
Caudal promedio anual Qp (año 10)	Qp	$Qp = (P10 * Reg + Ep * Dep + Es * Des / 86400) / (1 - Vrs)$
Caudal máximo diario anual Qmd (año 10)	Qmd	$Qmd = Qp * K1$
Caudal máximo horario anual (año 10)	Qma	$Qma = Qp * K2$

Nota: Caudales de diseño y almacenamiento.

Fuente: Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018).

Caudal de bombeo, tiene como objetivo garantizar un equilibrio entre la previsión adecuada de agua y la eficiencia energética en el funcionamiento del sistema de suministro de agua potable.

$$Q_b = Q_{md} * \left(\frac{24}{N}\right)$$



Donde:

Q_b : Caudal de bombeo l/s

Q_{md} : Caudal máximo diario l/s

N : Números de Horas de bombeo en Hrs

La carga dinámica o altura manométrica total, es el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Se define con la siguiente formula:

$$H_b = H_{s1} + H_i$$

$$H_{dt} = H_g + H_{s2} + H_{ftotal} + P_s$$

Donde:

H_b : Altura dinámica o altura de bombeo en m

H_i : Carga de impulsión en m

H_{s1} y H_{s2} : Carga de succión y altura de aspiración

H_g : Altura geométrica

H_f : Perdida de Carga (totales)

P_s : Presión de llegada al reservorio/ planta (se recomienda 2m)

H_{DT} : Altura dinámica total en el sistema de bombeo.

2.2.3. Sistemas energéticos

Un sistema energético es un conjunto de elementos e infraestructuras que permiten la generación, distribución y consumo de energía. Puede incluir instalaciones de generación de electricidad (como centrales eléctricas), redes de transmisión y distribución de energía eléctrica, infraestructuras de transporte de combustibles fósiles, plantas de producción y distribución de gas natural, entre otros. Los sistemas energéticos pueden ser de diferentes tipos, como sistemas eléctricos, sistemas de combustibles fósiles, sistemas de energía renovable, entre



otros. Cada tipo de sistema energético tiene sus propias características y tecnologías asociadas (Acolt R. M., 2016).

2.2.4. Fundamentos de Energía

Renovables

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotable e indefinida. Por ejemplo, la energía solar (fotovoltaica, térmica), la energía eólica o la energía mareomotriz, Biomasa, Hidráulica y Geotérmica son fuentes renovables de energía. (SGDS, Peru. 2022)

No Renovables

Fuentes de energía que tienden a agotarse, convirtiéndose en demasiados caros o demasiado contaminante para el medio ambiente, en contraposición a las energías renovables, que se reponen de forma natural en un periodo relativamente corto de tiempo, podemos mencionar a continuación: Energía nuclear, Gas natural e Hidroeléctrica. (SGDS, Peru. 2022).

Ventajas

Las principales ventajas que se tiene con las energías renovables con las siguientes: Contaminan menos que las energías convencionales, son recursos inagotables, es previsible y planificable económicamente, rentable económicamente, requiere poco mantenimiento, permite el crecimiento escalonado(modular), no genera contaminación sonora y puede emplearse en el lugar de generación. (SGDS, Peru. 2022).



Desventajas

Entre las principales desventajas tenemos los siguientes: Alta inversión inicial, Obtención de energía irregular, disponibilidad de espacio y baja eficiencia en los módulos solares (SGDS, Peru. 2022).

Energía solar

Los sistemas eléctricos que generan electricidad de fuentes naturales se utilizan paneles solares compuestos por celdas fotovoltaicas que convierten la luz solar en electricidad. Estas celdas están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que liberan electrones cuando son alcanzados por la radiación solar. Estos electrones generan una corriente eléctrica que puede ser utilizada para alimentar dispositivos o almacenada en baterías (Romero, 2021).

Por otro lado, Romero (2021), señala que en los sistemas térmicos, se utiliza la radiación solar para calentar un líquido, como agua o aceite térmico. Este líquido caliente se utiliza para generar vapor y mover turbinas de vapor, que a su vez, generan electricidad a través de un generador. Ambos sistemas tienen ventajas y desventajas. Los sistemas fotovoltaicos son más sencillos y requieren menos mantenimiento, pero son más caros de instalar y la eficiencia de conversión de la radiación solar en electricidad es menor. Por otro lado, los sistemas térmicos son más eficientes, pero son más complejos y requieren más mantenimiento (p.95).

La energía solar es considerada una fuente de energía renovable y limpia, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos durante su utilización. Además, la radiación solar es una fuente



abundante y disponible en todo el mundo, lo que la convierte en una opción atractiva para la generación de electricidad a largo plazo (Ascolt, 2018).

Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la radiación solar. Se basa en la utilización de paneles solares que contienen células fotovoltaicas, las cuales convierten la luz solar en electricidad. La radiación solar está compuesta por partículas llamadas fotones, que, al incidir sobre un material semiconductor en las células fotovoltaicas, generan corriente eléctrica. Estas células están fabricadas principalmente de silicio, que es un material que tiene la capacidad de liberar electrones cuando es expuesto a la luz solar (Marmanillo, 2007).

Los paneles solares fotovoltaicos se componen de varias células fotovoltaicas interconectadas, que juntas forman módulos o paneles. Estos paneles pueden ser instalados en diferentes lugares, como tejados de edificios, estructuras especiales o incluso en espacios abiertos, como campos solares. Esta energía puede ser utilizada directamente para alimentar dispositivos o puede ser almacenada en baterías para su uso posterior. También es posible conectar los paneles solares a la red eléctrica, de manera que el exceso de energía producida puede ser vendido a la compañía de electricidad.

La energía fotovoltaica es una fuente de energía limpia y renovable, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni contribuye al cambio climático. Además, los paneles solares tienen una vida útil larga y requieren poco mantenimiento. Sin embargo, el costo inicial de la instalación de paneles solares



puede ser alto y su eficiencia depende de factores como la ubicación geográfica y la intensidad de la radiación solar. Además, la generación de energía fotovoltaica está limitada por la disponibilidad de luz solar, lo que significa que no se puede generar energía durante la noche o en días nublados.

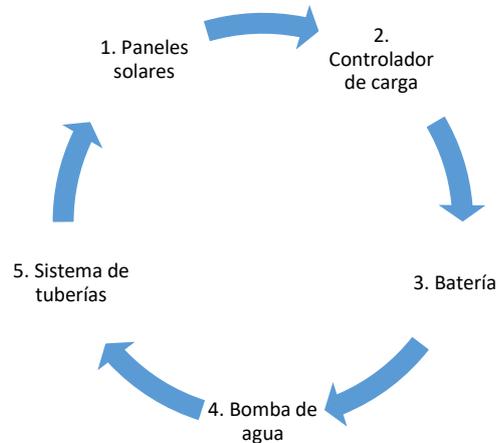
A pesar de estas limitaciones, la energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsada por la conciencia sobre el cambio climático y la búsqueda de fuentes de energía más limpias y sostenibles. Es una alternativa cada vez más viable y utilizada en la generación de electricidad a nivel mundial (Angulo, 2016).

Sistema de Bombeo fotovoltaico

Un sistema de bombeo fotovoltaico es un tipo de sistema de riego que utiliza energía solar para bombear agua. Este sistema utiliza paneles solares para convertir la energía solar en energía eléctrica, que a su vez alimenta una bomba de agua. Este tipo de sistema es muy beneficioso, ya que aprovecha una fuente de energía renovable y no depende de combustibles fósiles. Además, no genera emisiones de gases contaminantes y no tiene costos de funcionamiento una vez instalado.

Figura 3

Componentes del sistema de bombeo fotovoltaico



Nota. Principales componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico.

Fuente: Tomado de Angulo (2016)

Este sistema es especialmente útil en áreas rurales o alejadas de la red eléctrica, donde no hay acceso a energía eléctrica convencional. También se utiliza en zonas agrícolas para el riego de cultivos y en proyectos de desarrollo sostenible en comunidades sin acceso a agua potable.

Además de ser una alternativa sostenible y eficiente, los sistemas de bombeo fotovoltaico permiten un ahorro considerable en el costo de operación y mantenimiento a largo plazo, ya que no requieren combustibles fósiles ni electricidad de la red.

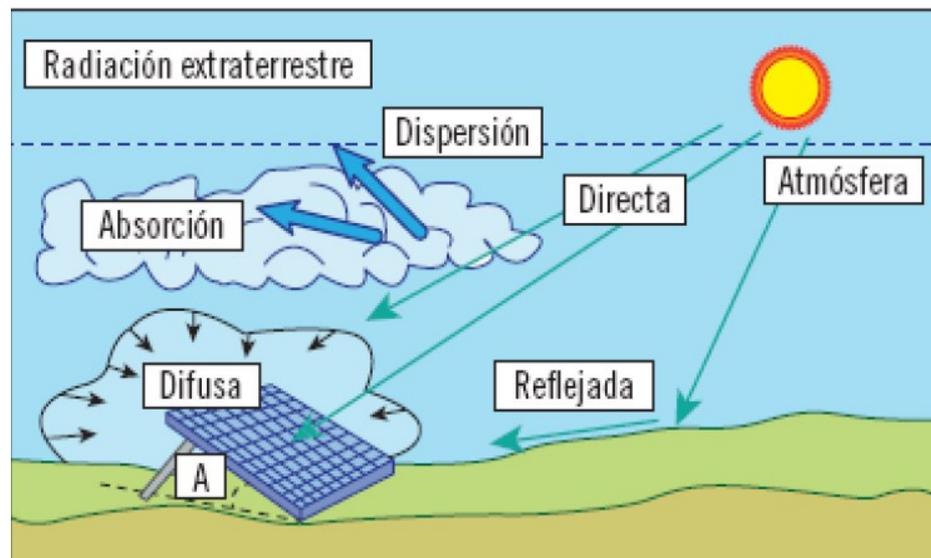
Radiación solar

Se refiere a la transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. La radiación extraterrestre que llega del sol y impacta en una superficie terrestre está formada por:

- a) Radiación Directa: volumen de radiación que llega directamente a la superficie terrestre.
- b) Radiación Difusa: volumen de radiación que se obtiene debido a los efectos de dispersión del aire.
- c) Radiación Reflejada: se refiere a la radiación que una superficie absorbe debido al reflejo con el suelo u otra superficie. También se le conoce como Albedo.
(SEDES, Perú. 2022)

Figura 4

Radiación Directa, Difusa y Reflejada



Nota: Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: (SGDS, Peru. 2022).

Irradiancia

La irradiación solar es la magnitud que mide la energía por unidad de área.

Es decir, la cantidad radiación solar que se tiene en una superficie.



La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Su unidad es W/m². (SGDS, Perú. 2022).

Irradiación

La irradiación es la energía por unidad de superficie a lo largo de un tiempo. Su unidad es J/m² o MJ/m², Wh/m².

Horas Pico Solar (HPS)

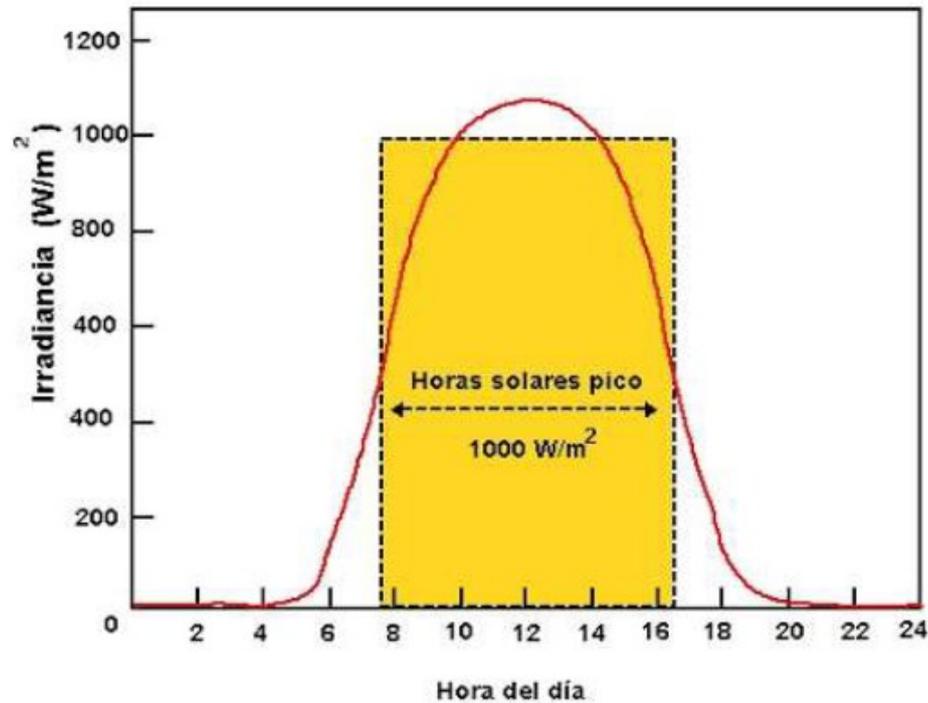
La hora de máxima irradiación solar es una medida que evalúa la irradiación solar y se establece como la energía por unidad de superficie que se obtendría con una irradiancia solar constante de 1000 W/m². Una hora solar pico equivale a 3,6MJ/m² o, lo que es lo mismo, 1kWh/m². (SGDS, Peru. 2022).

Calculo de Horas Pico Solar (HPS), se tiene la Siguiete Formula:

$$HPS = \frac{\text{Irradiacion} \left(\frac{kwh}{m^2} \right)}{1000 \left(\frac{kwh}{m^2} \right)}$$

Figura 5

Horas Pico Solar (HPS)



Nota: En la figura se muestran las horas pico solar.

Fuente: (SGDS, Perú. 2022). Horas pico Solar.

2.2.5. Tipos de Sistema de Instalación Fotovoltaica

Se tiene tres tipos de instalación que podemos describir a continuación:

Sistemas Aislados

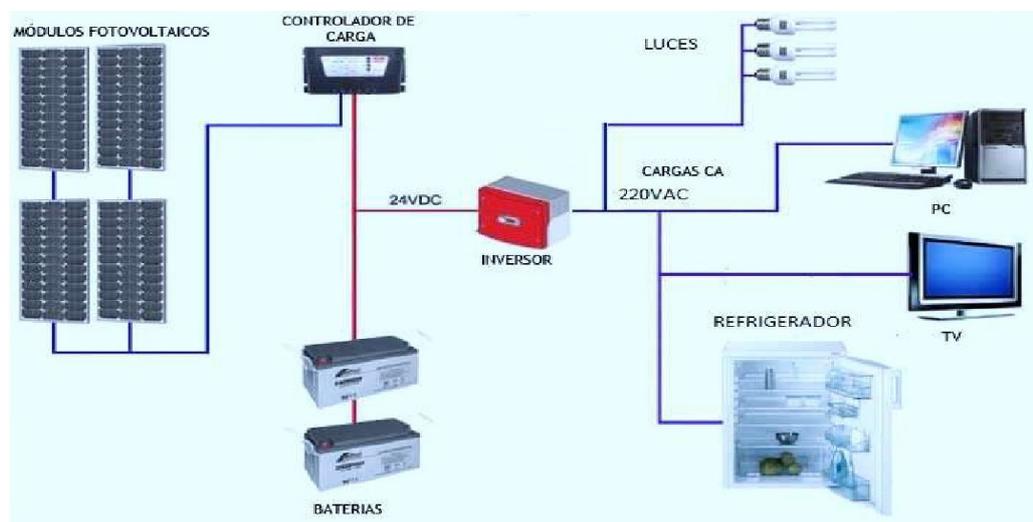
Denominado como: sistema Off Grid, Sistema Autónomo. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas son las que producen electricidad de manera independiente, sin vinculación a la red, y que cuentan con sistemas de acumulación (baterías) y regulación para satisfacer la demanda en todo momento. Estas instalaciones resultan particularmente beneficiosas en áreas rurales y sitios remotos con limitado progreso de las redes eléctricas, aunque recientemente su disminución en costos la están convirtiendo en una opción atractiva para todos los

tipos de consumidores. La clave de este tipo de instalaciones es que estén bien diseñadas, de forma que con su correcto dimensionamiento funcionen con

la mayor fiabilidad y al menor coste posible.(SGDS, Peru. 2022). Se tiene dos tipos, sistemas aislados PWM (Pulse-Width Modulation, o Ancho de Pulso Modulado) y sistemas aislados MPPT (Maximum Power Point Tracking, o seguidor del punto de máxima potencia).

Figura 6

Sistemas Aislados



Nota. Sistemas aislados en lo referente a módulos fotovoltaicos.

Fuente: (SGDS, Perú. 2022). Sistemas Aislados

Sistemas Conectados a RED

Denominado como: Sistemas Interconectados o sistemas ON GRID. Los sistemas de interconexión a la red eléctrica son dispositivos que buscan utilizar la totalidad de energía disponible para el usuario y si se produce un exceso, suministrarlo a la red. Componentes de un sistema conectado a red: Sistemas Solares: Se benefician de la energía solar y producen electricidad en forma de corriente directa. Inversores: Controlan el voltaje y la corriente que reciben los

paneles solares, esta corriente directa de estos paneles se transforma en corriente alterna, sincroniza la fase y la frecuencia de la corriente para adaptarse a la red eléctrica. El voltaje de salida se incrementa un poco más que el voltaje de red para permitir que la electricidad sobrante se desplace hacia la red. Otra función crucial que deben poseer los inversores es el sistema anti-isla. Esta función interrumpirá la energía del inversor en caso de interrupciones en la red eléctrica, impidiendo el envío de energía cuando un trabajador de la empresa eléctrica opere en las líneas. Medidor Bidireccional: Permite contar la energía en ambas direcciones, tanto la que entra de la red eléctrica al inmueble y viceversa. (SGDS, Perú. 2022).

Figura 7

Sistemas conectados a RED



Nota. Sistemas conectados a la red dentro de un sistema fotovoltaico compuesto por paneles, inversor y medidor bidireccional.

Fuente: (SGDS, Perú. 2022). Sistemas Conectados a RED.

Sistemas Híbridos

El principal rasgo de un sistema híbrido es la utilización de dos o más fuentes de energía diferentes, además de la energía solar. En los sistemas híbridos fotovoltaicos, usualmente se emplea un generador diésel, un aerogenerador o la red pública como fuente de alimentación. Los sistemas fotovoltaicos híbridos ofrecen el beneficio de que no es necesario incrementar significativamente el generador solar durante los periodos de baja irradiación. Estas soluciones se han diseñado para aquellas circunstancias en las que la supresión total de grupos electrógenos no es factible. Con la instalación de paneles solares fotovoltaicos y aerogeneradores, se consigue un aporte de energía durante las horas de sol o de máximo viento para un funcionamiento continuado del suministro eléctrico. (SGDS, Perú. 2022).

Figura 8

Sistemas Híbridos



Nota. Principales sistemas híbridos.

Fuente: (SGDS, Perú. 2022). Sistemas Híbridos.

2.2.6. Componentes de Sistema de Bombeo Fotovoltaico

Panel Solar

Los paneles fotovoltaicos solares están formados por numerosas células, conocidas como células fotovoltaicas, que transforman la radiación solar en energía eléctrica. El efecto fotovoltaico causado por la energía solar (fotones) produce electricidad, creando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de diferentes clases, generando un campo eléctrico que generará corriente eléctrica.

Los materiales más empleados en la producción de estas células son el arseniuro de galio (GaAs), empleado en otros aparatos electrónicos complejos, y el silicio (Si), de menor costo y también empleado en la industria de la microelectrónica. Las células de silicio se encuentran entre las más habituales y más empleadas.

Orientación de los paneles

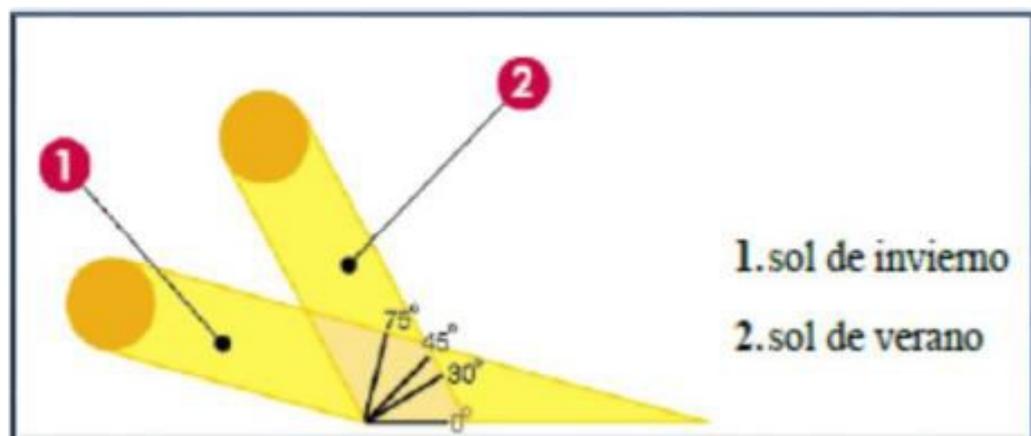
Teniendo en cuenta que la energía solar, en su mayoría, se propaga en una dirección recta, los módulos deben situarse "frente" al sol. No obstante, dado que el sol no se mantiene inmóvil, es necesario determinar ciertos parámetros para determinar la dirección del arreglo. El acimut (medida del ángulo de salida del sur hacia la latitud norte y del norte hacia la latitud sur) y la altitud (medida que evalúa la divergencia del norte en el hemisferio sur) define esta disposición.

- Azimut: Es la disposición que debe estar en línea recta con el ecuador de la tierra (orientada al sur en la región norte, orientada al norte en la región sur) para absorber la mayor cantidad de radiación posible durante la jornada diurna.

- **Inclinación:** representa el pico más elevado donde se puede observar el sol en un día específico; varía con las estaciones, llegando a su máximo nivel en el solsticio de verano y a su mínimo en el solsticio de invierno. Es posible tener dos tendencias, una para el verano y otra para el invierno, con una notable variación en el consumo durante el verano.

Figura 9

Angulo de inclinación β para la implementación de paneles.



Nota. Demostración del ángulo de inclinación para la implementación de paneles.

Fuente: Arizaca H.A. 2022.

Tipos de paneles fotovoltaicos

a) Monocristalinos

Son los módulos fotovoltaicos más eficientes que se pueden hallar, siempre sobrepasan en eficiencia y desempeño a los módulos policristalinos. El método más habitual de producción de células de silicio monocristalino (sc-Si) implica partir de un lingote de un solo cristal de silicio, y luego cortarlo en obleas que conforman el sustrato en el que se llevará a cabo todo el proceso residual (unión “p-n”, metalización, etc.).



b) Policristalinos

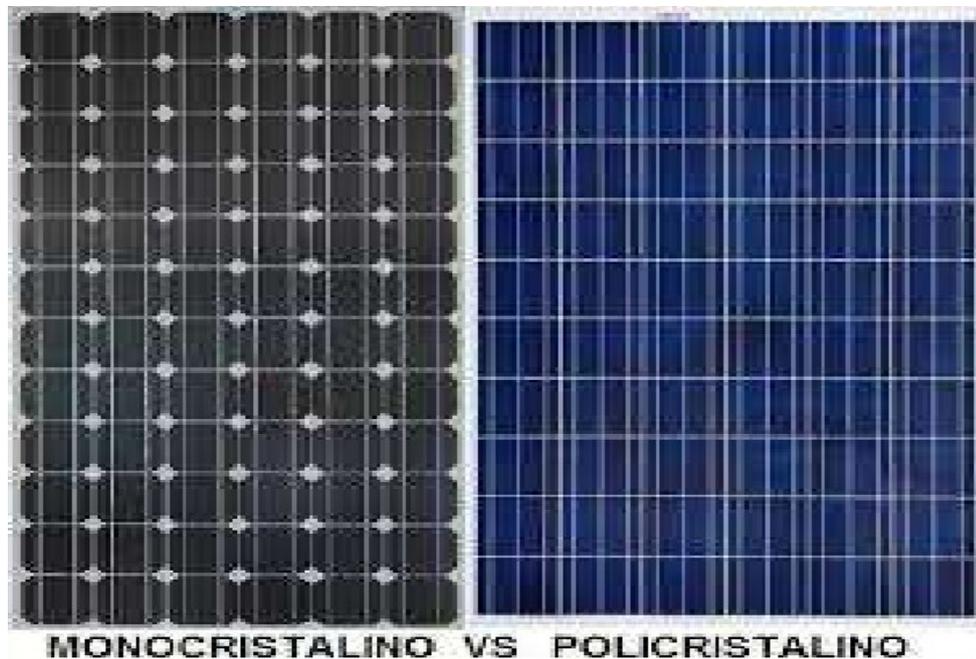
Los paneles solares, que se componen de células de silicio policristalino, se basan en células creadas a través de la combinación de múltiples cristales de silicio. El panel solar policristalino, compuesto por células de silicio policristalino, se logra enfriando de manera artificial el material de silicio fundido. Se funde y vierte el silicio en bruto en un molde cuadrado. Seguidamente, se refrigera y se recorta en láminas perfectamente cuadradas. Este procedimiento se lleva a cabo con el silicio en bloque, que posteriormente se divide en placas para crear las células que se presentan en los módulos fotovoltaicos de tecnología policristalina.

Los paneles solares de silicio policristalinos debutaron en el mercado en 1981. En contraposición a los paneles monocristalinos, su producción no utiliza el procedimiento Czochralski.

El panel solar policristalino proporciona el voltaje ideal para instalaciones de consumo reducido. Los paneles solares hechos de silicio policristalino se utilizan más debido a su coste de producción reducido y su alta eficiencia.

Figura 10

Panel Monocristalino y Panel Policristalino



Nota: Panel Monocristalino y panel policristalino.

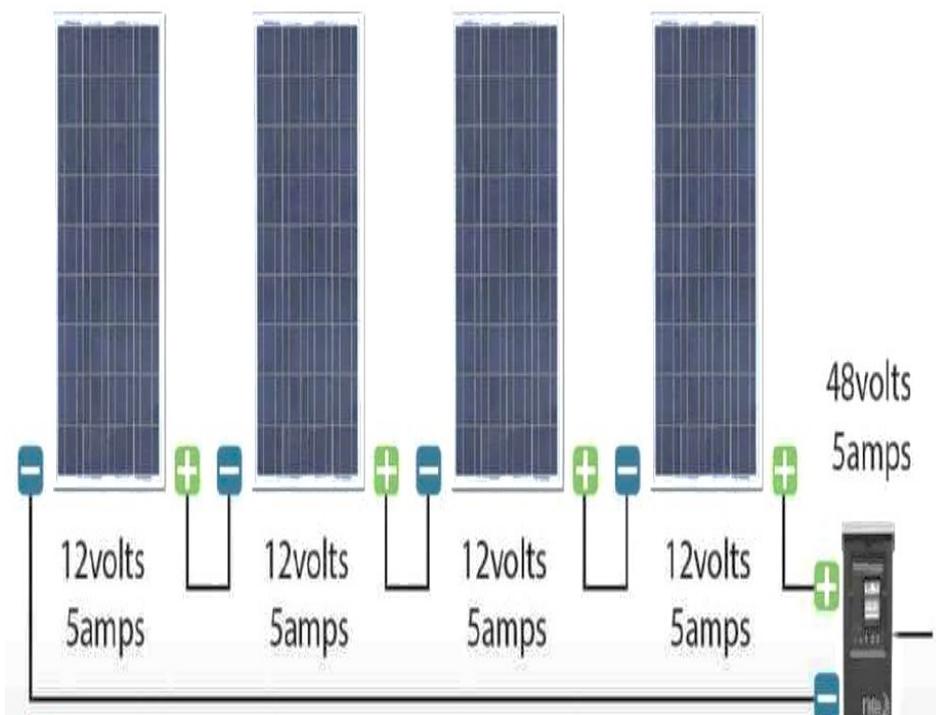
Fuente: (SGDS, Perú. 2022).

Conexión Serie y Paralelo

Una célula FV habitual produce un voltaje de circuito abierto cercano a los 0.6 V y una corriente de cortocircuito que varía según la superficie de la célula (3 V para una célula con 100 cm² de superficie). Por su escasa potencia. Las células se unen en serie y paralelamente en módulos FV, que también proporcionan un respaldo sólido y una defensa frente a los impactos del entorno. cuando las células se asocian en Serie, circula la misma corriente a través de ellas, y el voltaje resultante es la suma de los voltajes de cada una. Cuando se asocian en paralelo, por el contrario, se suman las corrientes para cada valor de tensión. (CIEMAT 2010).

Figura 11

Conexión en Serie

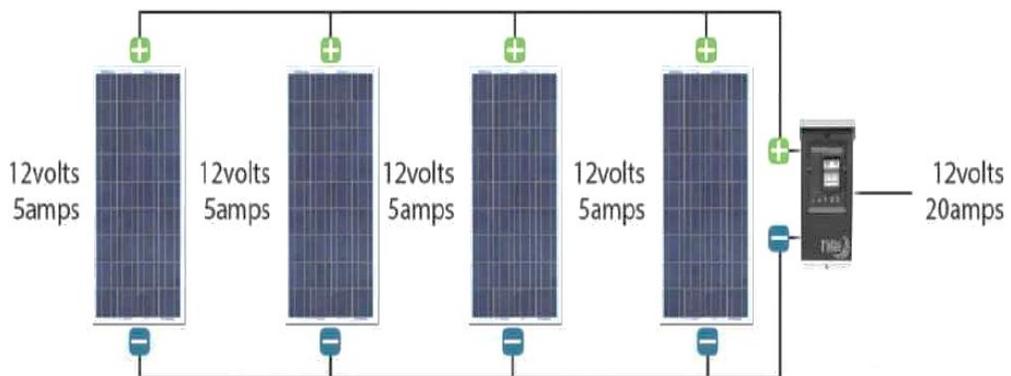


Nota. Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: SGDS, Perú. 2022).

Figura 12

Conexión en Paralelo



Nota. Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: SGDS, Perú. 2022).

Batería

La utilización de baterías en un sistema de bombeo FV, como sistema de acondicionamiento de potencia, posibilita establecer un voltaje de trabajo del generador fotovoltaico. Esto permite que el sistema opere cerca del punto de máxima potencia, sin importar el nivel de irradiancia, y proporcionar la corriente requerida al motor, así como la corriente de inicio. Las baterías permiten almacenar la energía sobrante durante las horas del sol para reutilizarla durante las horas nocturnas o en el momento de muy baja irradiancia. (CIEMAT 2010).

Controlador

Es un dispositivo electrónico que realiza el control de un sistema fotovoltaico aislado o autónomo. Controla los procesos de carga y descarga de la batería, evita la sobrecarga y sobredescarga, desconectando cargas o consumos de ser necesario. Los reguladores con tecnología MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia) consiguen que el módulo fotovoltaico funcione en el punto de máxima potencia de su curva de Intensidad – Tensión. (SGDS, Perú. 2022).

Figura 13

Controlador



Nota. Funciones importantes en la construcción de reservorios.
Fuente: SGDS, Perú. 2022).

Inversor

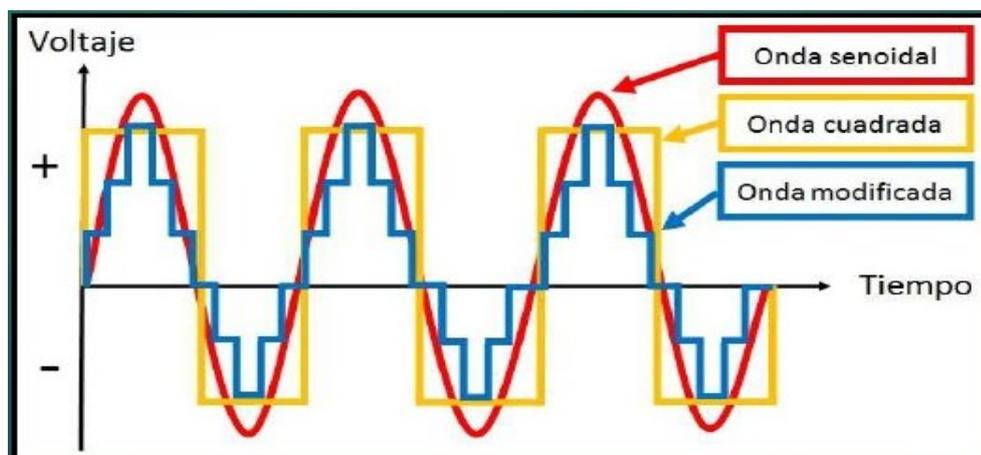
Es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna. Convierte la tensión nominal de trabajo de la instalación (12v,24v,48v).

Clasificación de los inversores:

- Inversor de Onda cuadrada: El gran problema de estos inversores es que la tensión de salida no se mantiene fijo, varía en función a la tensión de la batería.
- Inversor de onda cuadrada modificada: Presenta una forma de onda entre la senoidal pura y la onda cuadrada.
- Inversor de onda senoidal pura: A la salida del inversor tenemos una forma de onda senoidal, con características parecidas a la red eléctrica. (SGDS, Perú. 2022).

Figura 14

Clasificación de Inversor



Nota. Funciones importantes en la construcción de reservorios.

Fuente: SGDS, Perú. 2022.

Sistema de bombeo

Los sistemas de bombeo solar operan mediante la energía producida por los paneles fotovoltaicos, o sea, se sustentan en una fuente renovable y sostenible. En años recientes, su aplicación se ha ampliado, dado que facilita el acceso a fuentes de agua sin la necesidad de emplear combustibles fósiles.

Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos.

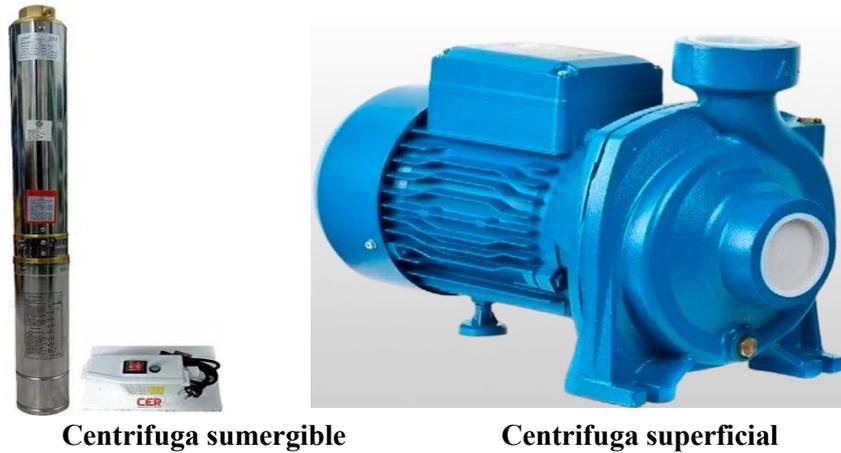
Las bombas habituales en el mercado han sido creadas considerando que existe una fuente constante de potencia. En cambio, la potencia generada por los módulos FV se relaciona directamente con la disponibilidad de la radiación solar. En otras palabras, cuando el sol fluctúa en su posición durante el día, la potencia producida por los módulos cambia, y por ende, la potencia proporcionada a la bomba. Por esta razón se han diseñado algunas bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen, desde el punto de vista mecánico, en centrífugas y volumétricas (Hernández, 2017).

a) Bombas centrífugas

Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear el agua a 60 metros de carga dinámica total, o más, dependiendo del número y tipo de impulsores (Jiménez, 2015). Se tiene dos tipos Centrifugas superficiales y centrifugas sumergibles como se muestra en la figura.

Figura 15

Tipos de bomba centrífuga



Nota. Tipos de bomba centrífuga.

Fuente: SGDS, Perú. 2022.

Figura 16

Vista Interna bomba centrífuga



Nota. Vista interna de bomba centrífuga.

Fuente: SGDS, Perú. 2022.

b) Bombas volumétricas

Las bombas volumétricas (Figura 24) o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas emplean un cilindro y un pistón para desplazar paquetes de agua por una cámara sellada; mientras que otras emplean un pistón con

diafragmas. Cada ciclo transporta un pequeño volumen de líquido ascendiendo.

El flujo es equivalente al volumen de agua.

Figura 17

Bomba Volumétrica



Nota: Tipos de bomba centrífuga.

Fuente: SGDS, Perú. 2022.

Tabla 6

Principales características de las bombas fotovoltaicas

Bombas Fotovoltaicas	Características y Ventajas	Desventajas
Centrifugas sumergibles	Comúnmente disponibles.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT.
	Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena.	Se dañan si trabajan en seco.
	Pueden utilizar el agua como lubricante.	Deben extraerse para darles mantenimiento.
	Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA.	Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.
	Manejan flujos altos.	
	Operan a cargas dinámicas grandes.	

	Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar más módulos fotovoltaicos.	
Centrifugas de succión superficial	<p>Comúnmente disponibles.</p> <p>Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena.</p> <p>Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales.</p> <p>Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA.</p> <p>Manejan flujos altos.</p> <p>Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.</p>	<p>Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT.</p> <p>Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.</p> <p>Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.</p>
Desplazamiento positivo de pistón	<p>Soportan cargas dinámicas muy grandes.</p> <p>La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.</p>	<p>Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón.</p> <p>No toleran arenas o sedimentos.</p> <p>La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro.</p> <p>Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos .</p> <p>No dan grandes flujos.</p>
Diafragma	<p>Operan a cargas menores de 40 metros.</p> <p>Son muy económicas.</p>	<p>No toleran arenas o sedimentos.</p> <p>No trabajan a cargas dinámicas grandes</p> <p>Bajos flujos.</p>

Nota. Descripción de las principales características de las bombas centrífugas.

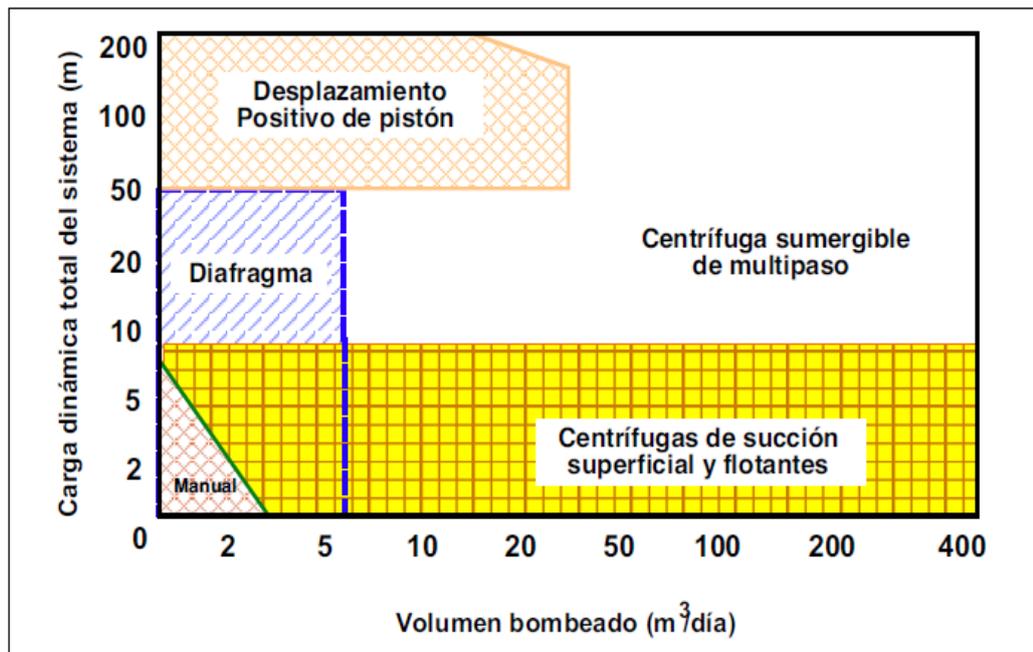
Fuente: SGDS, Perú. 2022.

Como se ha visto, las bombas centrífugas y volumétricas ofrecen diferentes alternativas para diferentes rangos de aplicación; El proceso de

selección de la bomba para un proyecto es de suma importancia, a continuación, se muestra una gráfica de intervalos de diferentes bombas solares.

Figura 18

Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bombas solares



Nota: Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bombas solares.

Fuente: SGDS, Perú. 2022.

2.3. ANÁLISIS DE FACTORES DIVERSOS EN EL PROYECTO

Según Paredes (2013) en todo proyecto se pueden evidenciar diversos factores, los cuales se detallan a continuación:

Factores socioeconómicos

Incluyen el nivel de ingresos de la comunidad, la disponibilidad de recursos financieros para el proyecto, la accesibilidad a servicios bancarios y las tasas de pobreza.



Factores técnicos

Como el acceso a fuentes de agua potable y la calidad del agua existente, la infraestructura para la distribución del agua, las conexiones a la red de agua potable, el sistema de tratamiento de agua, entre otros.

Factores ambientales

Se refieren a los aspectos ambientales relacionados con el proyecto, como el impacto en los recursos hídricos locales, la sostenibilidad a largo plazo, la gestión de residuos y la protección del ambiente natural.

Factores culturales

Consideran los valores, creencias, tradiciones y prácticas culturales de la comunidad campesina en relación con el agua y la gestión del agua. Esto puede incluir la participación comunitaria en la toma de decisiones, la aceptabilidad de nuevos sistemas de tratamiento de agua y la educación ambiental.

Factores legales y regulatorios

Tales como las leyes y regulaciones aplicables a la gestión del agua potable, los permisos y licencias necesarios para implementar el proyecto, las normas de calidad del agua y las políticas de gobierno relacionadas con el acceso al agua potable.

Factores políticos y de gobernanza

Reflejan la capacidad de las instituciones locales y nacionales para implementar y gestionar el proyecto, así como las relaciones de poder y los conflictos de interés que pueden afectar la implementación exitosa del proyecto.



Factores de riesgo y resiliencia:

Esto incluye los riesgos naturales, como sequías, inundaciones o contaminación de fuentes de agua, así como la capacidad de la comunidad para responder y recuperarse de estos eventos adversos.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio para la presente investigación está ubicado en la localidad de Asillo Salinas - San Juan de Salinas - Azángaro - Puno, a una altitud que va desde los 4 230,00 m.s.n.m. a 4 700,00 m.s.n.m.. La proyección de coordenadas UTM Zona del esferoide 19 S. Parámetros del elipsoide internacional WGS 84: Latitud: 15° 00' 24.8" S y Longitud: 70° 06' 01.4" W.

La localidad de Asillo Salinas se encuentra en el distrito de San Juan de Salinas, en la provincia de Azángaro, en el departamento de Puno, Perú.

El área de estudio, hidrográficamente se encuentra dentro de la cuenca del Ramis, río alimentado por el río Azángaro y que finalmente desemboca en el Titicaca.

Figura 19

Mapa Geográfico de ubicación del proyecto.



Nota. En la figura se muestra el área geográfica, conjuntamente con todos los involucrados para la presente investigación dentro del área de estudio.



3.2. TIPO DE INVESTIGACION

3.2.1. Tipo de investigación

El estudio constituye una investigación de tipo exploratoria, cuantitativa, es decir, el trabajo a realizar, se aplica de tal manera que se utilizan conocimientos científicos, métodos y/o tecnologías (por ejemplo, bombas solares) para identificar la realidad del proyecto y así lograr los objetivos. Según Hernández (2020), la investigación exploratoria se refiere al uso de la investigación, la investigación científica y otros medios probados para encontrar soluciones a necesidades reconocidas o específicas.

3.2.2. Diseño de la investigación

La investigación tiene un diseño descriptivo ya que parte de la información verificada del proyecto y de su funcionamiento actual y sobre eso avanza en los objetivos utilizando información científica, técnicas y/o tecnología, como el bombeo fotovoltaico. Según Hernández (2019), la investigación descriptiva hace uso de aspectos reales y actuales de los fenómenos en estudio y se contrasta con estudios, investigaciones científicas y otros métodos probados para abordar un problema particular y apremiante al que se enfrenta actualmente la empresa o la sociedad.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

3.3.1. Población

En esta investigación la población está conformado por los 411 habitantes de la localidad de Asillo Salinas que se benefician del servicio de agua potable o que podrían verse afectados por la propuesta de mejora.



3.3.2. Muestra

En relación a la muestra, teniendo en cuenta los 411 beneficiarios (55 familias), un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, se tuvo un tamaño de muestra de 199 beneficiarios, dentro de los cuales se tendría que verificar el servicio, y describir la deficiencia que se encontraron en estos.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Entre las técnicas que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación se detallan las siguientes, las cuales sirvieron para recoger toda la información y los datos necesarios para la consecución de la misma:

- La Encuesta
- La observación
- El análisis documental en relación al proyecto.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Con respecto a los principales instrumentos usados en relación con las técnicas empleadas, sobresalen dos fundamentalmente:

- Cuestionario (Ver anexo N° 13)
- La ficha de observación (Ver anexo N° 13)

También se tiene los instrumentos y equipos utilizados podemos nombrar los siguientes: Microsoft Excel, Civil 3D, WaterCAD, GOOGLE EARTH, PVGIS, SENAMHI, NASA, Laptop, GPS, Celular.



3.5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.5.1. Identificar las deficiencias en el actual sistema de bombeo en el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas.

Para identificar las falencias y problemas en el actual sistema de agua potable, se analizó el proyecto haciendo uso de diferentes herramientas como el la Ficha de observación, el Diagrama Ishikawa y la Matriz de Priorización de problemas, aplicándose en el proyecto ubicado en la localidad Asillo Salinas, distrito de San Juan de Salinas.

En cuanto al análisis del área, esta población no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, la población solo se abastece de pozos rustico de tajo abierto, riachuelos y otros se suministran limitadamente de agua de pozos rústicos, norias y caisson antiguos y por lo tanto carece de limpieza los pozos, en la época de estiaje el líquido elemento es limitada e insuficiente el agua dulce, se abastecen de algunos pozos rústicos, aguas extraídos con baldes o utensilios insalubres; la mayoría de los beneficiarios, consumen agua no tratada, la cual es captada, entubada y llega al hogar.

Para un buen diagnóstico se hizo una inspección física de las bombas, tuberías y equipos asociados para detectar signos visibles de desgaste, fugas o daños. Además, se midió y registro el rendimiento de las bombas, como el caudal y la presión, para identificar cualquier desviación de los valores esperados. Luego se hicieron registros históricos de mantenimiento y operación para identificar patrones o tendencias que puedan indicar problemas recurrentes. Para el tema de la calidad del agua se hicieron análisis de muestras de agua para detectar



contaminantes o cambios en la calidad que puedan ser indicativos de problemas en el sistema de bombeo.

Toda esta información recabada del diagnóstico de la investigación y la realidad problemática, luego de ser procesada en la base de datos del tesista, esta misma servirá para el planteamiento de propuestas de mejora que van desde un mejor mantenimiento de todo el sistema hasta la instalación de un sistema fotovoltaico que aprovechara la luz solar y con ello, se solucionarían muchos de los problemas identificados en esta primera parte.

A través de este sistema se pretende dotar de un servicio constante e ininterrumpido, mejorando las condiciones actuales del proyecto; ya que a la actualidad el proyecto ejecutado resulta ineficaz y ineficiente para cubrir las necesidades de la población, haciendo fácil la generación de enfermedades sobre todo en niños debido a la falta de servicios básicos y el consumo de aguas de pozos, puquios, quebradas y depósitos de agua de lluvia, no contribuyendo a la mejora de la calidad de vida de la población.

3.5.2. Diseñar y proponer un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica.

Una vez analizada la situación actual del sistema, se buscaron alternativas de solución y posibles rutas para el proyecto en la localidad de Asillo, pero para ello se consideraron diversas actividades previas a la propuesta, tales como:

- Determinar la cantidad de agua necesaria para la comunidad y las horas pico de consumo.



- Medir la cantidad de radiación solar disponible en la zona para asegurar que haya suficiente energía para el sistema de bombeo.
- Elegir paneles solares, inversores y bombas adecuadas según la capacidad de bombeo requerida y la disponibilidad de energía solar.
- Planificar la configuración del sistema, incluyendo la ubicación de los paneles solares, la instalación de la bomba y el almacenamiento de energía (si es necesario).
- Utilizar software especializado para simular el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones y optimizar el diseño.
- Desarrollar un cronograma detallado para la instalación del sistema, asegurando que se minimicen las interrupciones en el suministro de agua.
- Ahora bien, para el diseño de la propuesta, se analizan rutas, tiempos, área geográfica y entorno social, se consideran los siguientes aspectos:

A través del dimensionamiento del sistema Fotovoltaico, Captación de pozo tipo caisson, Línea de impulsión, Reservorio apoyado, Red de distribución, Línea de impulsión y Piletas domiciliarias; componentes que ya están contemplados en el proyecto ejecutado, pero que tendrán que ser replanteados con el sistema fotovoltaico.

Con ello, se propuso un sistema que funcionará con energía solar fotovoltaica, lo cual dará a la población un servicio ininterrumpido. Ello porque según comentó la población el fluido eléctrico no era continuo, con lo cual este se interrumpía, también se cortaba el servicio de agua, y es justamente lo que se quiere mejorar con la presente propuesta.



En dicha propuesta se tendrán en cuenta ciertos procedimientos para que el proyecto mantenga su operatividad y cumpla con los objetivos propuestos:

a) Evaluación de requisitos de agua:

Es importante determinar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas de la comunidad. Esto incluye considerar el consumo diario, la población servida y las estacionalidades del consumo. Se realizó la proyección para 20 años, correspondientes del año 2023 al 2043; ello se realizará según tasa de crecimiento poblacional del periodo 2007 al 2017.

Para cálculo de población futura se utiliza el método aritmético sugerido por la “Norma Técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural” (RM. N° 192-VIVIENDA, 2018), el cual asume que el crecimiento poblacional es constante, responde a la siguiente ecuación:

• **Población futura**

$$Pf = Pa * (1 + r * t/1000)$$

Donde:

Pf: Población futura

Pa: Población actual

r: Tasa de crecimiento anual (%)

t: Periodo de diseño (años)

• **Consideraciones:**

Según el último censo nacional realizado por INEI fue el año 2017, donde la tasa de crecimiento anual en la región de Puno es -0.9, en ese sentido se

empleará una población de diseño que se alinee con la actual ($r = 0$). Si la tasa de crecimiento para la región estudiada no se encuentra disponible, se empleará la tasa de otra población con características similares, o también, la tasa de crecimiento del distrito rural.

Tabla 7

Principales datos estadísticos de la población de Puno.

PUNO: POBLACION CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL, SEGUN PROVINCIA, 2007 Y 2017 (Absoluto porcentaje)

Provincia	2007		2017		Variacion intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Total	1268 444	100,0	1172697	100,0	-95744	-7,5	-0,8
Puno	229236	18,1	219494	18,7	-9742	-4,2	-0,4
Azángaro	136829	10,8	110392	9,4	-26437	-19,3	-2,1
Carabaya	73946	5,8	73322	6,3	-624	-0,8	-0,1
Chucuito	126,259	10,0	89002	7,6	-37257	-29,5	-3,4
El Collao	81059	6,4	63878	5,4	-17181	-21,2	-2,4
Huancane	69522	5,5	57651	4,9	-11871	-17,1	-1,9
Lampa	48223	3,8	40856	3,5	-7367	-15,3	-1,6
Melgar	74735	5,9	67138	5,7	-7367	-10,2	-1,1
Moho	27819	2,2	19753	1,7	-8066	-29,0	-3,4
San Antonio de Putina	50490	4,0	36113	3,1	-14377	-28,5	-3,3
San Roman	240776	18,9	307417	26,2	66641	27,7	2,5
Sandia	62147	4,9	50742	4,3	-11405	-18,4	-2,0
Yunguyo	47400	3,7	36939	3,1	-10461	-22,1	-2,5

Nota. Principales datos estadísticos de la población de Puno. Fuente: SGDS, Perú. 2022.



- **Caudal medio diario o anual**

Se refiere al promedio del consumo diario durante un año; el coeficiente de flujo solo se basa en la oferta diaria y en la demanda diaria.

$$Qp = (Pf * Df) / 86400$$

Donde:

Qp: Caudal medio diario (l/s)

Pf: Población futura (hab.)

Df: Dotación futura (l/hab/día)

- **Caudal máximo diario (Qmd)**

El consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una fila de registros observados durante los 365 días del año. coeficiente de variación diario máximo K1, el cual se recomienda el valor de (1.3), se determina por la siguiente formula:

$$Qmd = K1 * Qp$$

Donde:

Qmd: Caudal máximo diario (l/s)

K1 : Coeficiente de caudal máximo diario (1.3)

Qp : Caudal medio diario en (l/s)

- **Caudal máximo horario**

Mientras que el consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. coeficiente de variación horario máximo K2, el cual se recomienda el valor de (2.0), se determina por la siguiente formula:



$$Q_{mh} = K_2 * Q_p$$

Donde:

Q_{mh} : Caudal máximo horario (l/s)

K_2 : Coeficiente de caudal máximo horario (2.0)

Q_p : Caudal medio diario en (l/s)

b) Selección del sistema de bombeo:

Se debe elegir el tipo de sistema de bombeo adecuado para las necesidades de la comunidad. Algunas opciones pueden ser bombas sumergibles, bombas de superficie o bombas de pistón. Se debe tener en cuenta la capacidad de bombeo requerida y la altura máxima de elevación del agua.

c) Dimensionamiento del sistema fotovoltaico:

Se debe calcular la capacidad de paneles solares necesaria para suministrar la energía requerida por el sistema de bombeo. Esto dependerá de la cantidad de agua a bombear y la ubicación geográfica del sistema.

d) Diseño del sistema de almacenamiento de energía:

En algunos casos, puede ser necesario implementar una solución de almacenamiento de energía, como baterías, para garantizar un suministro continuo de agua, incluso durante la noche o en días nublados.

3.5.3. Realizar un análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto.

Teniendo en cuenta que el análisis económico y ambiental dentro del ciclo de vida del proyecto es una herramienta importante para evaluar los costos y beneficios asociados con el proyecto en términos tanto económicos como



ambientales; es importante realizar el análisis económico para evaluar los costos y beneficios económicos del proyecto a lo largo de su ciclo de vida; lo cual incluye la inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento, los ingresos generados y los beneficios económicos directos e indirectos del proyecto.

En cuanto al análisis ambiental, se evaluará el impacto del proyecto en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, lo cual involucra los efectos sobre los recursos naturales, como el agua y el suelo, así como sobre la biodiversidad y la calidad del aire. El análisis ambiental también puede evaluar los impactos negativos y positivos del proyecto en términos de muestras de gases de efecto invernadero, utilización de energía y generación de residuos.

Por tanto, el análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto permite identificar los costos y beneficios económicos y ambientales más relevantes, así como evaluar su magnitud y probabilidad de ocurrencia. Esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre el proyecto, como la selección de alternativas más sostenibles desde el punto de vista económico y ambiental.

Además, es importante señalar que para este tipo de proyectos no sean observados y cumplan con los objetivos para los que fue planificado, es necesario hacer una **PRUEBA DE BOMBEO**, para de esta forma saber el rendimiento del pozo que alimenta a toda la red de agua potable de este poblado, pero realizar dicha prueba implica costos elevados, los cuales no están concretados en la presente propuesta, ya que no se cuenta con ningún tipo de financiamiento externo. Al margen de ello, es importante repetir que la obra que se menciona en el presente proyecto ya estuvo funcionando por casi 3 años, sin necesidad de ese tipo de



pruebas mencionadas, por lo cual el pozo garantiza el rendimiento y abastecimiento de toda la población interesada.

CAPÍTULO IV

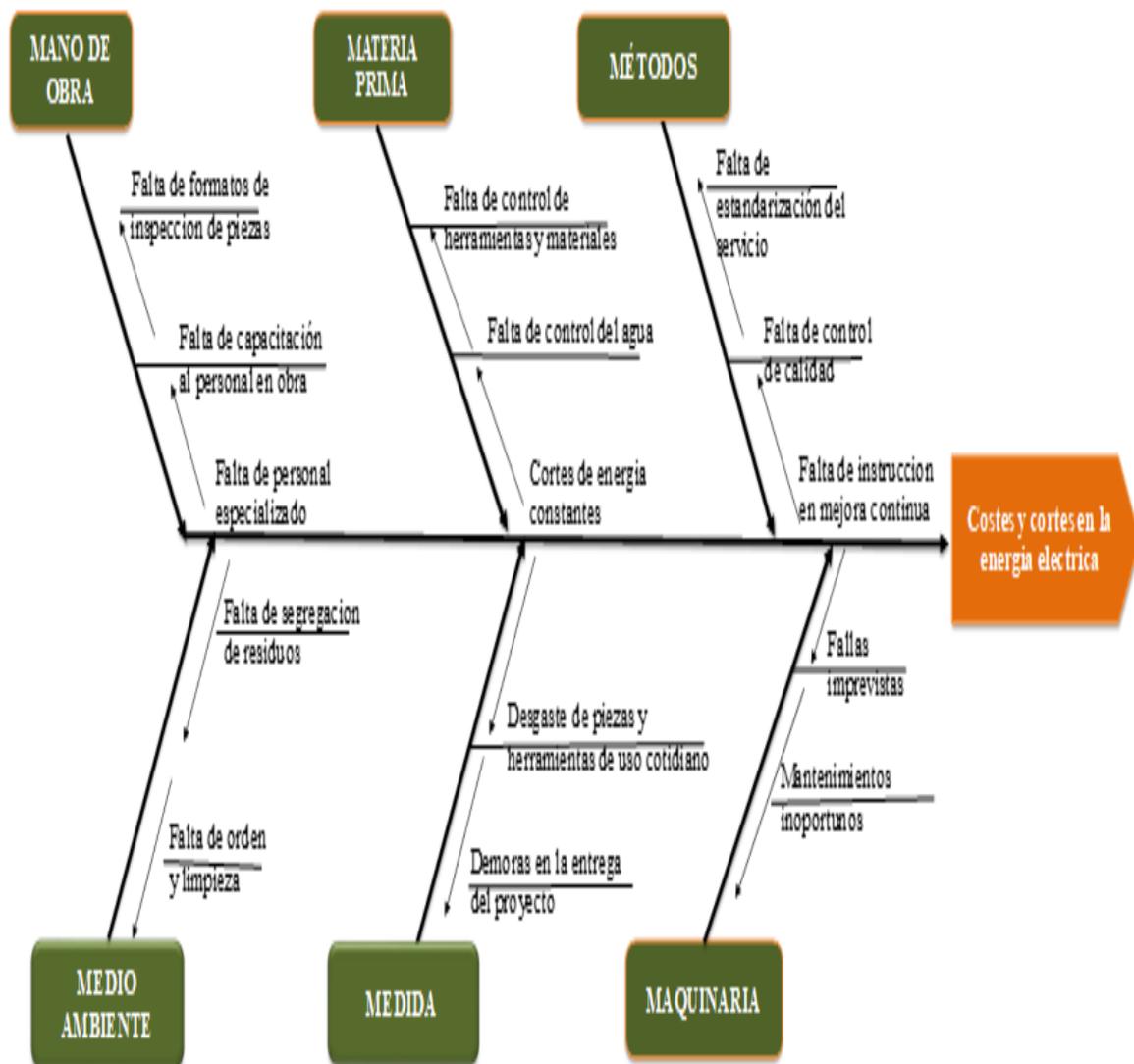
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la realidad actual del proyecto y las principales falencias

Diagrama Ishikawa

Figura 20

Diagrama Ishikawa del análisis de la problemática actual identificada



Nota: Diagrama Ishikawa del conjunto de causas y efectos de los problemas identificados según cada dimensión analizada. Fuente: Elaboración propia.



En la figura 20 se muestran cada una de estas categorías se desglosaría aún más en causas específicas mediante la identificación de factores clave que podrían estar afectando el servicio de agua potable en Asillo Salinas. El objetivo final de utilizar este diagrama es visualizar de manera estructurada las posibles áreas problemáticas que podrían abordarse con la implementación de sistemas de bombeo fotovoltaico, ayudando así a generar propuestas de mejora fundamentadas y efectivas para tu tesis.

Entre las causas identificadas, se han verificado causas relacionadas con el personal involucrado en la gestión y mantenimiento del sistema de agua potable. Por ejemplo, la insuficiencia de personal técnico capacitado, la energía inestable y sus costos elevados, etc.

Además, se han podido ver según el diagrama, factores relacionados con los métodos y procesos utilizados en la gestión del servicio de agua potable. Aquí se podrían incluir problemas con los métodos de bombeo convencionales, ineficiencia en el uso de energía, falta de métodos adecuados de gestión de recursos hídricos, etc.

Entre otros aspectos, se puede evidenciar causas relacionadas con el equipo y la maquinaria utilizada en el bombeo de agua potable. Podrían ser fallos frecuentes en equipos de bombeo, obsolescencia de la maquinaria, falta de mantenimiento preventivo, etc.

4.2. Identificación de deficiencias en el actual sistema de bombeo de agua potable en la localidad de Asillo Salinas

4.2.1. Análisis de involucrados

Tabla 8

Matriz de involucrados del proyecto a ejecutar.

GRUPO DE INVOLUCRADOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	CONFLICTOS	ESTRATEGIAS
Comité zonal del agua	Brindar las condiciones para el servicio	Inactividad	Con la población	Comunicación con usuarios del servicio
Pobladores usuarios del servicio	Velar la continuidad del servicio Satisfacer sus necesidades	Población indiferente al problema Falta de educación ambiental	Con personal de mantenimiento y comité zonal	Aplicación y uso de herramientas de gestión Actas de reunión comunales
Personal de mantenimiento del servicio de agua	Atención de fallas y averías en toda la red	Incumplimiento de programa de mantenimiento	Con la población	Planificación y gestión de costes

Nota: Vista de la matriz de todos los involucrados en relación a la ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



El cuadro de involucrados de la tabla 8 permite visualizar cómo cada uno de estos actores clave desempeña un papel fundamental en el éxito del proyecto de mejora del servicio de agua potable mediante el bombeo fotovoltaico en Asillo Salinas. Identificar sus responsabilidades potenciales y sus intereses ayuda a diseñar estrategias de colaboración efectivas, garantizar la asignación adecuada de recursos y la coordinación entre todos los participantes. Además, facilita la comprensión de cómo las decisiones y acciones de cada entidad pueden influir en el resultado final del proyecto y en la sostenibilidad a largo plazo del sistema mejorado de agua potable en la comunidad.

4.2.2. Análisis de los problemas identificados en el servicio de agua (Objetivo Específico N° 1)

En la tabla 10 se muestra la matriz de priorización de problemas o también llamada de enfrentamiento se emplea cuando se compara una serie de deficiencias de forma individualizada, pero se desea evaluar y clasificar todos los factores de manera global y al mismo tiempo (Flores, 2017).

Para este apartado fue necesario la compilación de información con respecto a la realidad actual del sistema, logrando identificar diversas falencias; ello a través de instrumentos de investigación diversos como la encuesta y la observación directa, ayudándose de dichas herramientas para recabar toda la información posible y de esta forma ver las deficiencias y hacerles frente en la presente propuesta, planteada a nivel académico funcional, basándose en las principales carencias identificadas en el proyecto.

Tabla 9

Aplicación de la ficha de observación a lo largo del proyecto.

Nº	ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO	TAL VEZ	OBS.
1	Todos las conecciones comiciliarias de agua se encuentran abastecidos.		X		
2	El flujo de agua es constante en cada zona evaluada.			X	
3	Los usuarios están satisfechos con el servicio brindado.		X		
4	La energía para el bombeo es constante y estable.		X		
5	Las llaves y conexiones de todos los usuarios están en buen estado.		X		
6	La distribución de las cajas de rompe presión es la adecuada.			X	
7	Existe supervisión y monitoreo constante de cada uno de los trabajos.			X	
8	Existen constantes cortes de energía en la zona.	X			
9	Existen reportes de problemas de rupturas por parte del comité.		X		
10	Existen quejas constantes de los usuarios del servicio.		X		
11	El servicio se brinda solo por horas específicas.		X		
12	Los pobladores consideran que las mejoras solucionarían sus problemas		X		

Nota: Principales aspectos evaluados a lo largo del proyecto a través de la ficha de observación.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta esta información, más los resultados del vaciado de datos de la encuesta, se procedió a realizar el análisis y recopilación de la problemática actual identificada a lo largo del proyecto (Ver anexo 14).

Con estas, a continuación, se presenta una secuencia de los principales problemas identificados para establecer cuál de ellos es el más frecuente y más importante, con el cual se tiene que trabajar en la propuesta para hacerle frente con la misma (Tabla 9).

Tabla 10

Principales factores en el servicio de agua potable a la comunidad.

Nro.	FACTORES
F1	Costo de la energía
F2	Servicio de agua no potable
F3	Uso de pozos rústicos y convencionales
F4	Uso de riachuelos y otros siniestros naturales de agua
F5	Falta de conocimiento de la importancia de tratar el agua
F6	Deficiente gestión por parte de las autoridades con respecto al agua
F7	Alta porcentaje de enfermedades sanitarias
F8	Falta de capacitación a los pobladores
F9	Falta de mantenimiento a los pozos y lugares de recepción de agua
F10	Escases de agua durante los meses de sequía.

Nota: Identificación de los principales factores que dificultan el servicio de agua potable en la comunidad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se hace referencia a los causales de los problemas previamente identificados en el diagrama de Ishikawa, esto con el objetivo de evaluar y ponderar de estos en el problema principal.

Tabla 11

La Matriz de ponderación de los principales problemas identificados.

	Factor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	Total	PESO
F1	Costo de la energía	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7	14.0%
F2	Servicio de agua no potable	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	7	14.0%
F3	Uso de pozos rústicos y convencionales	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	6	12.0%
F4	Uso de riachuelos y otros siniestros naturales de agua	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	5	10.0%
F5	Falta de conocimiento de la importancia de tratar el agua	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	6	12.0%
F6	Deficiente gestión por parte de las autoridades con respecto al agua	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	5	10.0%
F7	Alto porcentaje de enfermedades sanitarias	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	6.0%
F8	Falta de capacitación a los pobladores	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3	6.0%
F9	Falta de mantenimiento a los pozos y lugares de recepción de agua	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	6	12.0%
F10	Escases de agua durante los meses de sequía.	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	4	8.0%
	TOTAL											50	100%

Nota. Matriz de ponderación con los principales factores que ocasionan problemas en el proyecto evaluado y sus incidencias cuantitativas.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se pueden observar el resumen de los principales problemas que se presentan en la localidad y la cantidad verificada en la observación directa, calculando también el porcentaje que cada problema afecta al servicio,

cuantificando el porcentaje final de cada problema según la frecuencia identificada en el proceso.

Tabla 12

Matriz de ponderación de los principales problemas.

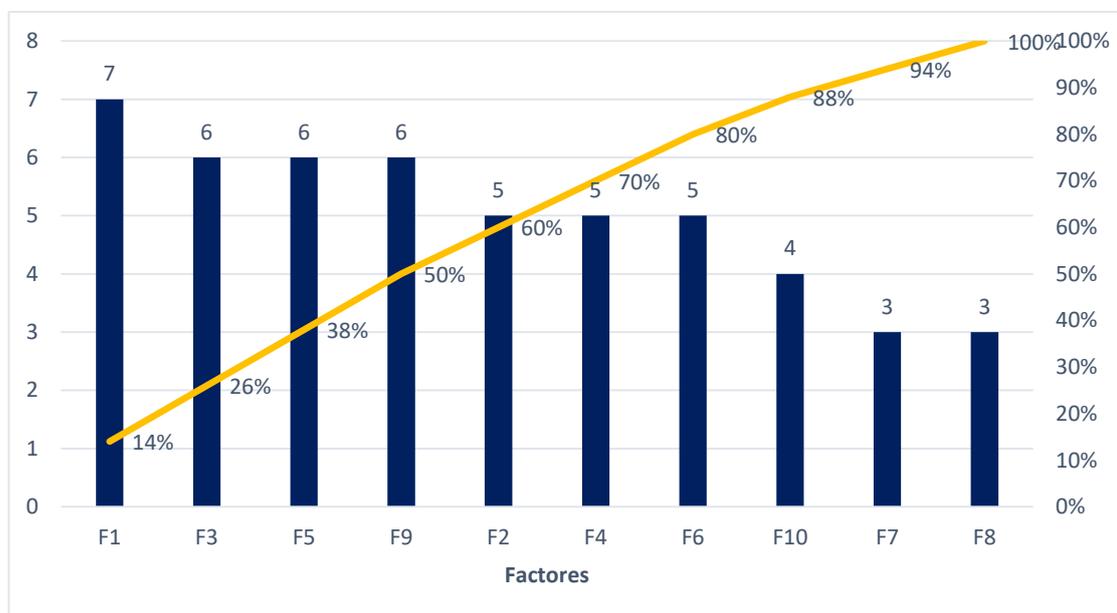
Orden	DESCRIPCIÓN	TOTAL	PESO	% ACUMULADO
1°	Costo de la energía	7	14.0%	26.0%
2°	Escases de agua durante los meses de sequía	6	12.0%	14.0%
3°	Servicio de agua no potable		12.0%	38.0%
4°	Uso de riachuelos y otros sinistros naturales de agua	6	12.0%	50.0%
5°	Falta de conocimiento de la importancia de tratar el agua	5	10.0%	60.0%
6°	Uso de pozos rústicos y convencionales	5	10.0%	70.0%
7°	Falta de mantenimiento a los pozos y lugares de recepción de agua	5	10.0%	80.0%
8°	Falta de capacitación a los pobladores	4	8.0%	88.0%
9°	Alto porcentaje de enfermedades sanitarias	3	6.0%	94.0%
10°	Deficiente gestión por parte de las autoridades con respecto al agua	3	6.0%	100.0%

Nota: Matriz de ponderación en orden ascendente con los principales factores que dificultan el servicio de agua potable en la comunidad

En la tabla 12 se describen cada uno de los problemas de forma ascendente, siendo el primero el de mayor frecuencia e incidencia dentro del servicio de agua en la comunidad, de esta manera se puede identificar cuáles son los de mayor incidencia y contra los cuales irían reforzadas las mejoras de la presente investigación. Se muestra el conteo total observado de cada problema, así como los porcentajes de la incidencia dentro del servicio.

Figura 21

Diagrama Pareto de los problemas que afectan el servicio de agua potable.



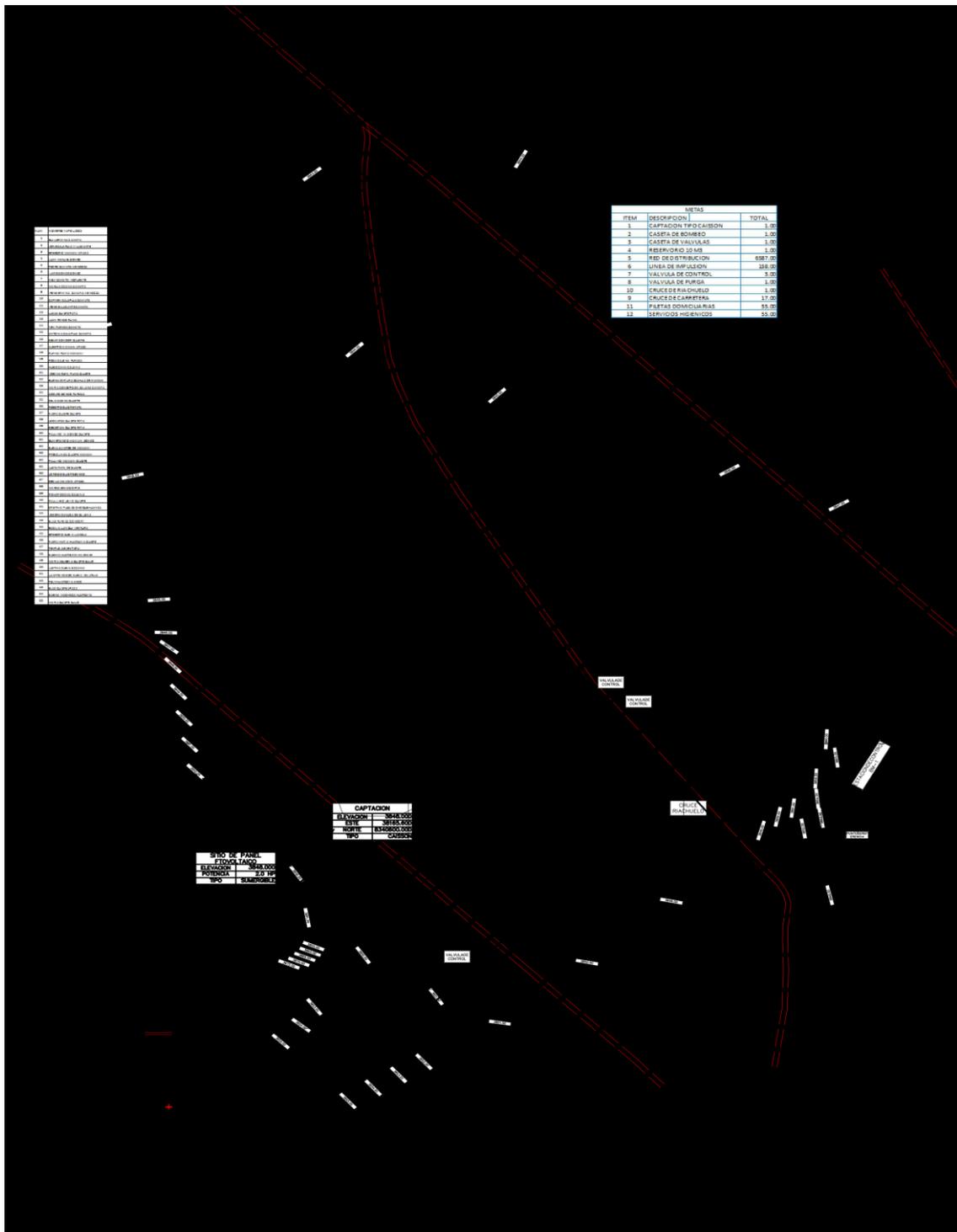
Nota. Diagrama Pareto con el orden descendente de los principales problemas.

Fuente: Elaboración propia.

Según lo verificado en la figura 21, se muestran los hallazgos evidenciados en el análisis de la problemática del área, los cuales realmente se tiene que enfrentar para poder mitigarlos son los 5 primeros, los cuales se logrará reducir o eliminar, a través del diseño de mejora del servicio de agua potable en la comunidad de Asilo, Salinas.

Figura 22

Calculo Hidráulico



Nota: Plano del cálculo hidráulico para el diseño del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.3. Diseño y propuesta de un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el caudal (el caudal medio diario, el caudal medio horario) de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica (Objetivo Específico N° 2)

4.2.3.1. Calculo hidráulico

a) Población futura

Según datos de censo realizado por INEI de tasa de crecimiento poblacional consideramos el valor promedio de crecimiento de 0.9%, proyectado para el departamento de Puno.

para 20 años.

$$Pf = Pa * (1 + r * t/1000)$$

$$pf = 275 * \left(1 + 9 * \frac{20}{1000}\right)$$

$$pf = 325 \text{ Hab.}$$

b) Caudal medio diario

$$Qp = (Pf * Df) / 86400$$

$$Qp = \left(325 * \frac{80}{86400}\right)$$

$$Qp = 0.30 \text{ l/s}$$

c) Caudal máximo diario

Para el cálculo de caudal máximo diario el coeficiente de variación diario K1 considerar el valor (1.3) en la formula.

$$Qmd = K1 * Qp$$



$$Qmd = 1.3 * 0.3$$

$$Qmd = 0.39 \text{ l/s}$$

d) Caudal máximo horario

Para el cálculo de caudal máximo horario el coeficiente de variación diario K2 considerar el valor (2.0) en la formula.

$$Qmh = K2 * Qmd$$

$$Qmh = 2 * 0.39 \text{ l/s}$$

$$Qmh = 0.78 \text{ l/s}$$

4.2.3.2. Sistema de bombeo

a) Cálculo de diámetro de impulsión

$$D = Ko * \frac{\sqrt{Qb}}{0.0254} \quad (\text{Ec. 1})$$

D : Diámetro de tubería (pulgadas)

Ko : Tiempo de bombeo de agua (asumido 8 horas)

Qb : Caudal de bombeo

a) Cálculo de Caudal de bombeo

$$Qb = Qmd * \frac{24}{1000 * X} \quad (\text{Ec. 2})$$

Qmd : Caudal máximo diario (l/s)

X: Tiempo de bombeo (horas)



$$Qb = 0.39 * \frac{24}{1000 * 8}$$

$$Qb = 0.00117 \text{ m}^3/\text{s}$$

Seguidamente reemplazando en la Ec. 1 calculamos el diámetro de impulsión:

$$D = Ko * \frac{\sqrt{Qb}}{0.0254} \quad (\text{Ec. 3})$$

El valor de coeficiente de Bresse Ko se asumirá (1.3) para cálculo del diámetro de impulsión.

$$D = 1.3 * \frac{\sqrt{0.00117}}{0.0254}$$

$$D = 1.75 \text{ pulg}$$

Diámetro Asumido en línea de impulsión será: 2"

b) Cálculo de Diámetro de tubería de succión

Tratándose de electrobomba sumergible no está considerado tubería de succión:

c) Cálculo de Potencia de la Bomba

La fórmula que se aplica para el cálculo de potencia de la bomba se efectuó de la siguiente forma:

$$Pb = 1000 * Qb * \frac{HDT}{(75*n)} \quad (\text{Ec. 4})$$



Donde:

P_b : potencia de la bomba

Q_b : caudal de bombeo

HDT : altura dinámica total

n : eficiencia de la bomba

d) Cálculo de la altura hidrodinámica total

$$HDT = H_s + H_i + \Sigma h_{fs} + \Sigma h_{fi} + \frac{v^2}{2g} + P_s \quad (Ec. 5)$$

Donde:

HDT : Altura hidrodinámica total

H_s : Altura de la tubería de succión

H_i : Altura de la tubería de impulsión

Σh_{fs} : Perdida de carga de la tubería de succión

Σh_{fi} : Perdida de carga de la tubería de impulsión

V : Velocidad del flujo de agua (m/s)

g : Gravedad de la tierra (9.81 m/s²)

P_s : Presión de salida de agua

e) Cálculo de la velocidad

$$V = 4 * \frac{Q}{\pi * D^2} \quad (Ec.6)$$



Donde:

D : diámetro Interior de la tubería (pulg)

Q_b : Caudal de bombeo (m³/s)

$$V = 4 * \frac{0.00117}{\pi * (0.0544)^2}$$

$$V = 0.51 \text{ m/s}$$

f) Cálculo de las pérdidas de carga de tubería de succión

Con el empleo de fórmula de Hazen Williams se realizó el cálculo de las pérdidas de carga de tubería de succión.

$$hfs = 10.679 * \frac{L}{C^{1.852} * D^{4.87}} * Q^{1.852} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

hfsi : Perdida de carga para tubería de impulsión y sección.

L : Longitud de tubería (m)

C : Coeficiente de rugosidad (PVC = 150)

D : Diámetro de tubería (pulgadas)

Q : Caudal requerido

Tratándose de una bomba Sumergible de 4” que se plantea, al realizar el análisis, se llega a la conclusión que no existe longitud de tubería de succión por lo tanto reemplazando en la fórmula de Hazen Williams la perdida de carga en tubería de succión resulta nulo.



g) Cálculo de las pérdidas de carga de tubería de impulsión

Al igual que en tubería de succión para en calculo de perdida de carga de tubería de impulsión se emplea fórmula de Hazen Williams.

$$hfs = 10.679 * \frac{L}{C^{1.852} * D^{4.87}} * Q^{1.852} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

hfs : Perdida de carga para tubería de impulsión

L : Longitud de tubería (m)

C : Coeficiente de rugosidad

D : Diámetro de tubería (pulgadas)

Q : Caudal requerido

Realizamos el cálculo de las pérdidas de carga por accesorio en el punto de longitud de tubería, para ello se ha empleado la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$hfa = K * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

hfa : Perdida de carga por accesorios

K : Constante de accesorio (de acuerdo a las especificaciones del material)

V : Velocidad del flujo de agua (m/s)

g : Gravedad de la tierra (9.81 m/s²)



En la siguiente tabla N° 4 se muestra los accesorios a emplear en la línea de impulsión con su coeficiente de Fricción (K) correspondiente

Tabla 13

Coefficiente de Fricción de accesorios de la tubería de impulsión

N°	Accesorios	K
1	Válvula de Retención	2
1	codo D= 2" de 90°	0.75
4	codo D= 2" de 45°	0.4

Nota: Coeficiente de fricción de accesorios de la tubería de impulsión en proyectos de agua potable.

Fuente: (Pirobloc)

En la Tabla 13, se muestra pérdida de carga del accesorio Válvula de retención y según fórmula resulta que la pérdida de carga es:

Tabla 14

Cálculo de pérdida de carga por accesorios

N°	Accesorios	Cantidad de accesorios en la tubería de succión	K	Total	Velocidad de flujo (m/s), para un diámetro de 2"	
1	Válvula de Retención	2	2	0.51	0.02651	
2	Codo D= 2" de 90°	2	0.75	1.5	0.51	0.01988
3	Codo D= 2" de 45°	4	0.4	1.6	0.51	0.02121
4	Unión Simple	1	0.4	0.4	0.51	0.00530

Nota: Cálculo de la pérdida de carga por accesorios de tubería y canalización de agua.

Fuente: Elaboración Propia.



Seguidamente realizamos el cálculo de pérdida de carga en tubería de impulsión, para la tubería HDPE coeficiente de rugosidad de Hazen Williams será ($C= 150$), distancia desde el punto de captación hasta el reservorio es 148 metros reemplazamos en la ecuación (Ec.07).

$$hfi = 10.679 * \frac{(148 + 0.02651 + 0.01988 + 0.02121 + 0.00530)}{(150)^{1.852} * (0.060)^{4.87}} * (0.00117)^{1.852}$$

$$hfi = 0.489 \text{ m}$$

Remplazando los datos calculados en la ecuación (Ec- 5

$$HDT = Hs + Hi + \Sigma hfs + \Sigma hfi + \frac{v^2}{2g} + Ps$$

$$HDT = 1 + 45.5 + 0 + 0.489 + \frac{(0.51)^2}{2(9.81)} + Ps$$

$$HDT = 47 \text{ mca}$$

4.2.3.3. Cálculo del módulo solar fotovoltaico

Para nuestro proyecto optaremos por un sistema aislado o también llamado autónomo MPPT (Maximum Power Point Tracking, o seguidor del punto de máxima potencia), con el único fin de aprovechar solo la energía FV.

a) Cálculo de horas pico Solar (HPS)

Para el cálculo o identificación de horas pico solar (HPS) recurrimos al aplicativo de la NASA, que proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de investigaciones de la energía renovable.



De acuerdo a la ubicación del proyecto localidad de c.c. Asillo Salinas con Latitud: -15.006700° y Longitud: -70.100183° el resultado que se obtiene es la irradiación mínima se da en mes de Julio con 5.62 hr.

b) Cálculo de Angulo de inclinación

Según teoría el ángulo de inclinación es muy próximo a la latitud de la zona en estudio, en este caso recurrimos al sistema de la PVGIS donde nos muestra que en el lugar Asillo Salinas el ángulo de inclinación será de 18° grados y un ángulo de Azimut de -123° grados.

c) Orientación

Es el Angulo creado por la dirección del meridiano y la perpendicular de la superficie del módulo. Según nuestra ubicación, el hemisferio Sur la orientación será al NORTE. Para una mejor captación de la energía solar

d) Altura

Según la inclinación de nuestro modulo 18° , multiplicando por su altura recomendada de 1570 mm y se añade 200., los módulos se elevan considerablemente del suelo Según Aquino (2017), aplicamos la siguiente ecuación.

$$h = \text{sen}(A) * 1570 + 200 \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

h: Altura del módulo solar fotovoltaico

A: Angulo de inclinación del módulo fotovoltaico

$$h = \text{sen}(18) * 1570 + 200$$

$h = 685.156 \text{ mm} = 0.68 \text{ m}$, altura de ubicación del módulo FV sobre la superficie será a 0.68 m.

e) Distancia

De acuerdo con Vargas (2018) detalla cómo se emplean las características del panel para calcular la distancia. La separación d , calculada de manera horizontal entre filas de módulos de altura h , que pueden generar sombras en la instalación, debe asegurar al menos cuatro horas de luz solar al mediodía del solsticio invernal. Esta separación d se efectúa a través de la expresión siguiente:

$$d = \frac{h}{\text{Tan}(61^\circ - A)} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

h : Altura del módulo solar fotovoltaico

A : Angulo de inclinación

$$d = \frac{0.68}{\text{Tan}(61^\circ - 18)}$$

$$d = 0.73 \text{ m}$$

Entonces se tiene que la distancia de cada módulo solar FV será de 0.73 m



f) Dimensionamiento de paneles solares MPPT

- Cálculo de energía del Panel

$$E_{panel} = P_{ma} * HPS * E_f \quad (Ec.11)$$

Donde:

e_{panel} : energía del panel

p_{max} : Potencia Maxima Nominal (Wp)

HPS : hora pico solar

E_f : Eficiencia (85%)

$$E_{panel} = 550 \text{ Wp} * 5.62 \text{ h} * 0.85$$

$$E_{panel} = 2627.35 \text{ Wh}$$

Entonces según calculo la energía del panel se tiene 2627.35 Watts hora o 2,62 kilowatts hora.

- Cálculo de potencia de la bomba

Analizando las características ventajas y desventajas de las diferentes bombas, para nuestro proyecto la electrobomba más adecuada es Centrifuga Sumergible, el cálculo de potencia de la bomba se realizó con la siguiente formula:

$$P_{bomba} = J * Q_b * \frac{H_t}{n_1 * n_2} \quad (Ec.12)$$



Donde:

J: peso específico del agua (1000 kg/m³)

Q_b : Caudal de bombeo (m³/s)

H_t : Altura Dinámica Total (m)

n₁ : eficiencia del motor (70%)

n₂ : eficiencia de la bomba (85%)

$$P_{bomba} = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.001174 \left(\frac{m^3}{s} \right) * \frac{47.26 m}{0.7 * 0.85}$$

$$P_{bomba} = 914.46 W$$

Realizando la conversión en HP se tiene 1W equivale a 0.00134102HP entonces finalmente se tiene la potencia de la electrobomba es P_{bomba}=1.23 HP, por lo tanto, se recomienda utilizar una bomba de 1.5 HP o 2HP.

- **Cálculo de consumo diario (Wh)**

El consumo diario se refiere a la carga que genera el gasto de la energía que resulta del producto de la potencia de la electrobomba por las horas de funcionamiento de la misma.

$$\text{Consumo} = \text{potencia bomba} * \text{\#horas} \quad (\text{Ec.13})$$

$$\text{Consumo} = 914.46 W * 8h$$

$$\text{Consumo} = 7,315.68 Wh$$



- **Cálculo de numero de paneles**

Para determinar el número de paneles se realizará el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$\#Panel = \frac{\text{consumo}(wh\text{-}dia)}{HPS * P_{panel} * Ef} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

#panel : Numero de paneles

Consumo diario a suministrar (wh-dia)

HPS : hora pico solar

Panel : Potencia panel

Ef : eficiencia del sistema (50%)

$$\#Panel = \frac{7,315.68 Wh}{5.62 * 550 * 0.5}$$

$$\#Panel = 4.73 = 6 \text{ und.}$$

Finalmente, según cálculo se necesita la instalación de 6 paneles FV

g) Dimensionamiento de la batería

para calcular la capacidad de la batería, el tiempo de autonomía (Ta) asumiremos 2 días para garantizar el buen funcionamiento del equipo en épocas donde no se tenga buena irradiación, del mismo modo el coeficiente de descarga profunda (DOD) será 50%, utilizaremos la siguiente formula.



$$Cb = Ep * \frac{Ta}{DOD * Vb * Ef}$$

Donde:

Cb: Capacidad de la batería (Ah)

Ep: Energía promedio diaria consumida

Ta: Tiempo de autonomía (días)

DOD: Coeficiente de descarga profunda (80%)

Vb: Voltaje de la Batería

$$Cb = 7,315.68 Wh * \frac{2Dias}{0.8 * 12 * 100\%}$$

$$Cb = 1,524.1 Ah$$

Se tiene como resultado que la capacidad de batería (Cb) es 1,524.1 Ah., para nuestro proyecto de investigación tenemos baterías con capacidad nominal de 200 Ah, entonces podemos determinar que la cantidad de baterías que necesitaremos será; 1,524.1/200, resulta:7.6, es decir que para el diseño del módulo necesitamos 8 baterías de 12 V y 200 Ah que serán instalados 4 baterías en serie en paralelo con 4 baterías restantes, haciendo un total de 48 V y 400Ah.

h) Dimensionamiento del inversor

El inversor es el dispositivo electrónico que se encargara de convertir la corriente continua en corriente alterna. Para el cálculo de potencia del inversor utilizaremos la siguiente formula.



$$Potencia\ inversor = Consumo\ Diario * \frac{1.25}{Ef.\ inversor}$$

$$Potencia\ inversor = 7315.68 * \frac{1.25}{0.93\ \%}$$

$$Potencia\ inversor = 9,832.9\ W$$

Según resultado la entrada de corriente alterna (AC), la potencia máxima de salida será entre 6500 W a 11000 W, que se encuentra en el cuadro de ficha técnica del Inversor GOSPOWER 48V/6000VA/6000W/ CONTROLADOR MPPT 120A – 450VDC/IP54.

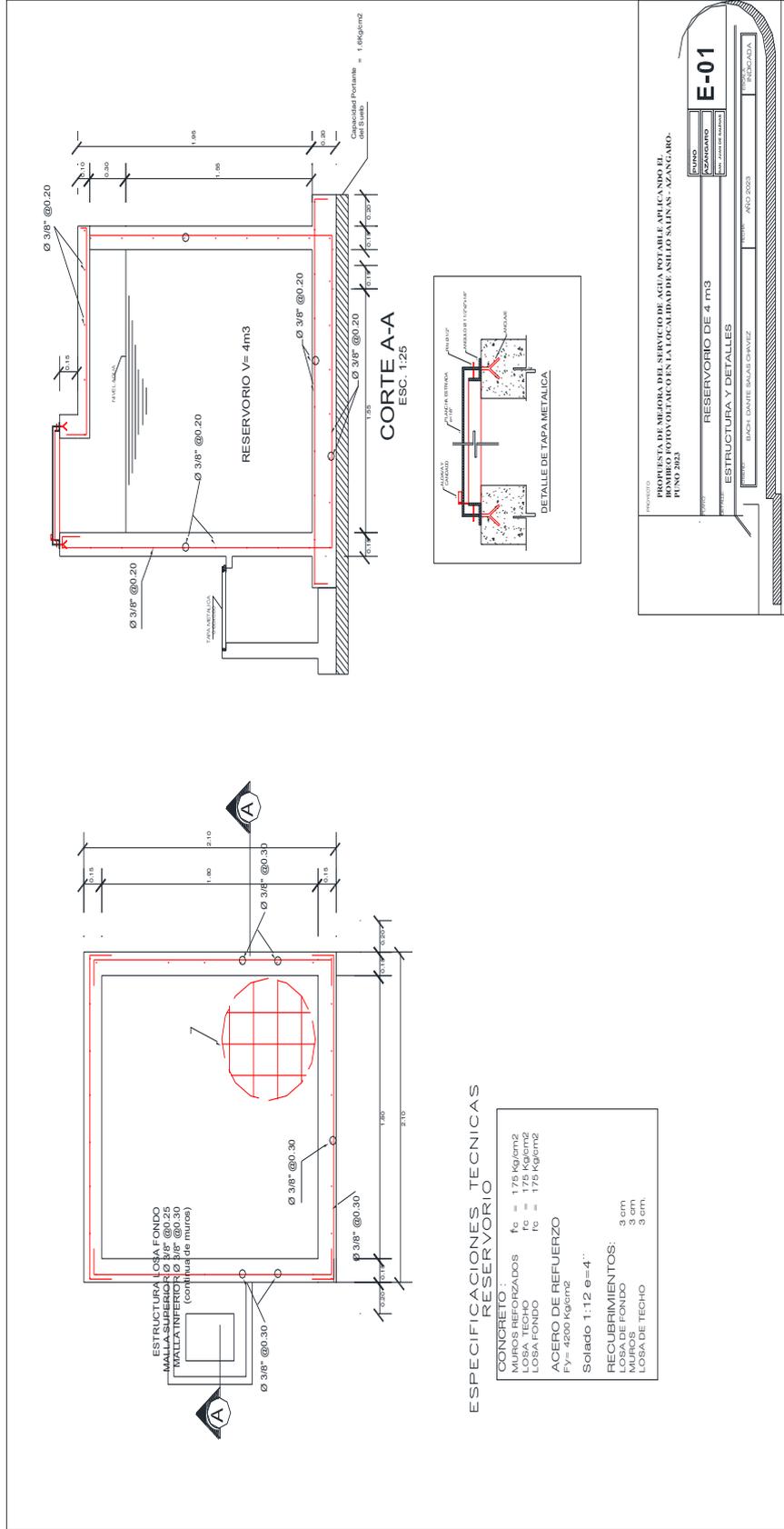
4.2.4. Resultado final del diseño matemático anterior

Luego de haber realizado los cálculos respectivos para el bombeo fotovoltaico, todo lo relacionado a potencia, voltaje, eficiencia del motor, consumo de energía, y otros aspectos importantes dentro del diseño, se procedió a realizar los diseños respectivos teniendo en cuenta toda la información proveniente de los cálculos y delimitaciones con respecto a la energía fotovoltaica y la bomba, diseños que tendrían que cubrir todas las expectativas de la población y los principales objetivos por los que fue presentado y diseñado el presente proyecto de investigación.

A continuación, los planos presentados en las figuras 23 y 24 delimitan todo el diseño que se realizó para mejorar el sistema de agua de la población en estudio, de esta manera brindar el servicio a la población.

Figura 23

Planos de los reservorios y todas las estructuras que estos involucran.



Nota. Especificaciones técnicas de los reservorios y todas las estructuras y dispositivos internos que involucran.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Elementos que comprende el proyecto ya ejecutado.

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
1	CAPTACION DE FONDO	1.00
2	CASETA DE BOMBEO	1.00
3	VALVULA DE PURGA	1.00
4	RESERVORIO 4 M3	1.00
5	CASETA DE VALVULAS	1.00
6	RED DE DISTRIBUCION	6735.00
7	LINEA DE IMPULSION	148.00
8	VALVULA DE CONTROL	3.00
9	CRUCE DE CARRETERA	21.00
10	PILETAS DOMICILIARIAS	57.00
11	SERVICIOS HIGIENICOS	57.00

Nota: Total de elementos que abarcó la ejecución del presente proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15 podemos verificar la totalidad de elementos que comprende el proyecto ejecutado en su totalidad, materiales involucran todo el proceso de la prestación del servicio de agua. Cada elemento aporta al total del proyecto desde el la captación de la fuente de agua hasta la llegada a cada habitante beneficiario del proyecto.

Tabla 16*Distribución de tuberías a lo largo del tramo del proyecto.*

N°	TIPO	METRADO			
		Distribución	Total	Impulsión	Distribución
1	TUBERIA DE 2 1/2"		0		
2	TUBERIA DE 2"		589	148	441
3	TUBERIA DE 1 1/2"		1468		1468
4	TUBERIA DE 1"		1112		1112
5	TUBERIA DE 3/4"		1281		1281
6	TUBERIA DE 1/2"		2285		2285
			6735		6587

Nota: Distribución de tuberías a lo largo del tramo que abarca el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 16, para diseñar una distribución eficiente de tuberías a lo largo de un tramo de proyecto, es necesario considerar varios factores, como el tipo de fluido que transportarán las tuberías, la distancia a recorrer, las condiciones del terreno, los cambios de elevación, las restricciones ambientales y las regulaciones locales.

Tabla 17*Detalle de velocidades para el cálculo del caudal, ruta y direccionamiento.*

DETALLE DE VELOCIDADES		
VELOCIDAD (m/s)	UBICACIÓN DE LA TUBERIA	
V. MINIMA=	0.02	P-86
V. MAXIMA=	0.39), 72,80,82

Nota: Detalle de las velocidades para el cálculo del caudal, ruta y direccionamiento. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 17, para cada tipo de fluido que vaya a transportarse a través de las tuberías (agua potable, aguas residuales, gas, etc.), necesitarás determinar los requisitos de caudal. Esto puede basarse en factores como la demanda de usuarios, la capacidad de tratamiento, etc. Las velocidades de flujo recomendadas varían según el tipo de fluido y el diámetro de la tubería. Para el agua potable, por ejemplo, las velocidades típicas pueden oscilar entre 0.6 y 3 metros por segundo. Consulta las normativas locales o los estándares de la industria para determinar las velocidades recomendadas.

Tabla 18

Cálculo hidráulico para la distribución de tuberías – según demanda.

CALCULO HIDRAULICO										
DISTRIBUCION										
ID	Label	Length (Scaled) (m)	star Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
677	P-1	3	N-1	N-2	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
680	P-2	2	N-3	N-4	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
689	P-3	3	N-5	N-6	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
695	P-4	4	N-7	N-8	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
698	P-5	5	N-9	N-10	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
701	P-6	5	N-11	N-12	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
710	P-7	6	N-13	N-14	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
716	P-8	6	N-15	N-16	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
719	P-9	7	N-17	N-18	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
731	P-10	8	N-19	N-20	12.7	PVC	150	0.01	0.08	0.001
737	P-11	8	N-21	N-22	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
746	P-12	10	N-23	N-24	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
749	P-13	11	N-25	N-26	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
752	P-14	11	N-27	N-28	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
755	P-15	11	N-29	N-30	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
764	P-16	12	N-31	N-32	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
767	P-17	13	N-33	N-34	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
773	P-18	13	N-35	N-36	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
779	P-19	14	N-37	N-38	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
785	P-20	16	N-39	N-40	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001
791	P-21	17	N-42	N-43	12.7	PVC	150	-0.01	0.08	0.001

Nota: La tabla muestra el cálculo hidráulico para la distribución de tuberías.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del caudal se comienza identificando los requisitos de caudal para cada punto de consumo o suministro a lo largo del tramo de tubería.

Esto puede basarse en la demanda prevista de agua, gas u otro fluido en cada punto, así como en los picos de demanda durante diferentes períodos del día.

Luego se calcula las pérdidas de carga a lo largo del tramo de tubería. Esto incluye las pérdidas de carga debidas a la fricción del fluido contra las paredes de la tubería, las pérdidas de carga localizadas en accesorios como codos, válvulas y cambios de sección, y las pérdidas de carga debido a la elevación del fluido en el sistema.

Tabla 19

Calculo hidráulico para cada nodo o ramal del proyecto.

CALCULO HIDRAULICO DE NODOS					
DISTRIBUCION					
ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
678	N-1	3,850.10	0.01	3,878.36	28
679	N-2	3,850.10	0	3,878.37	28
681	N-3	3,849.00	0.01	3,876.32	27
682	N-4	3,849.00	0	3,876.32	27
690	N-5	3,846.80	0.01	3,875.65	29
691	N-6	3,846.80	0	3,875.65	29
696	N-7	3,854.81	0.01	3,878.52	24
697	N-8	3,854.80	0	3,878.52	24
699	N-9	3,843.00	0.01	3,873.58	31
700	N-10	3,843.00	0	3,873.58	31
702	N-11	3,847.87	0.01	3,876.31	28
703	N-12	3,847.89	0	3,876.32	28
711	N-13	3,850.11	0.01	3,875.28	25
712	N-14	3,850.42	0	3,875.28	25
717	N-15	3,851.60	0.01	3,878.60	27
718	N-16	3,851.50	0	3,878.61	27
720	N-17	3,850.04	0.01	3,875.40	25
721	N-18	3,850.44	0	3,875.41	25
732	N-19	3,843.20	0	3,873.65	30
733	N-20	3,843.21	0	3,873.64	30
738	N-21	3,856.15	0.01	3,878.50	22
739	N-22	3,856.00	0	3,878.51	22
747	N-23	3,846.47	0.01	3,875.23	29

Nota. Calculo hidráulico para cada nodo o ramal del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19 considera el tiempo de retención y la frecuencia de renovación del fluido en el sistema. Esto es especialmente importante para sistemas de agua

potable, donde un tiempo de retención demasiado largo puede provocar problemas de calidad del agua.

4.3. Realizar un análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto.

Para la realización del análisis económico se consideraron diversos aspectos como los costos asociados con el proyecto, desde la adquisición de materiales y equipos hasta la instalación, mantenimiento y operación a lo largo de su ciclo de vida. También identifica los posibles beneficios económicos, como ahorros en costos de operación y mantenimiento, así como los beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero o la conservación de recursos naturales.

Se hicieron el cálculo de los costos de capital necesarios para llevar a cabo el proyecto, incluyendo la compra de terrenos, materiales, equipos y mano de obra. Compara estos costos con los beneficios económicos esperados a lo largo del tiempo para determinar la viabilidad financiera del proyecto.

Tabla 20

Cuadro de Análisis Económico

RESUMEN DE METRADOS			
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS – AZANGARO– PUNO 2023.		
PROPIETARIO	: Bach. DANTE SALAS CHAVEZ		
UBICACIÓN	: LOCALIDAD ASILLO SALINAS - AZANGARO – PUNO		
FECHA	: MAYO DEL 2024		
CODIGO	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO TOTAL
01	SISTEMA DE AGUA POTABLE		
01.01	INSTALACION DE ELECTROBOMBA		



01.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE IMPULSION TUBO F°G° D=2"	m	7.00
01.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACION ELECTROBOMBA SUMERGIBLE =2hp	und	1.00
01.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	und	4.00
01.02	EQUIPO FOTOVOLTAICO		
01.02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	11.00
01.02.02	EXCAVACION DE TERRENO MANUAL PARA ESTRUCTURA METALICA	m3	0.64
01.02.03	ESTRUCTURA METALICA SOPORTE PARA PANELES FOTOVILTICOS	glb	1.00
01.02.04	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P.M. PARA ESTRUCTURA METALICA	m3	0.25
01.02.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS	und	6.00
01.02.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTROLADOR (INVERSOR)	und	1.00
01.02.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE BATERIA	und	8.00
01.02.08	PUESTA A TIERRA A EQUIPOS ELECTRONICOS	und	1.00
01.03	CERCO PERIMETRICO		
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	15.00
01.03.02	EXCAVACION EN TERRENO NORMAL PARA OBRAS DE ARTE	m3	1.00
01.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.00
01.03.04	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	0.35
01.03.05	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:8+25% P.M. PARA SOBRE CIMIENTOS CORRIDOS	m3	0.10
01.03.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTOS HASTA 0.50M	m2	3.20
01.03.07	CERCO PERIMETRICO CON (TUBOS DE F°G° Y MALLA OLIMPICA)	m	22.00
01.03.08	INSTALACION DE PUERTA DE CERCO PERIMETRICO	und	1.00

Nota. Cuadro de análisis de costos basado en los metrados a ejecutar en obra.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se muestra el resumen de metrados, en el cual dentro del proyecto se ha verificado que las mediciones realizadas para las diferentes partidas del proyecto son precisas y están alineadas con los planos y especificaciones técnicas. Esta exactitud

es fundamental para evitar desviaciones durante la construcción y garantizar el uso eficiente de los recursos.

Tabla 21

Cuadro de gastos generales

GASTOS GENERALES DE OBRA					
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS – AZANGARO– PUNO 2023.				
PROPIETARIO	: Bach. DANTE SALAS CHAVEZ				
O					
UBICACIÓN	: LOCALIDAD ASILLO SALINAS - AZANGARO - PUNO				
FECHA	: MAYO DEL 2024				
CODIGO	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO TOTAL	C.U	C. TOTAL
1	PROFECIONAL RESPONSIBLE	GB	1.00	2,000.0	2,000.00
				0	
2	TECNICO ELECTRISISTA	GB	1.00	501.39	501.39

Nota: Análisis económico para la implementación y ejecución del proyecto de mejora.

Los metrados del proyecto fotovoltaico proyectado, son la base para hallar el presupuesto necesario para su ejecución del sistema los cuales fueron calculados a base de planos. El presupuesto se a realizado utilizando el programa de costos y presupuestos S10 , donde se indica que el presupuesto total asciende a S/. 31,154.16, para el buen funcionamiento del sistema de bombeo, el cual abastecerá de forma continua e ininterrumpida toda la población involucrada en el presente proyecto que se viene desarrollando.

Tabla 22

Presupuesto total para la ejecución del proyecto

S10

Página

1

Presupuesto		Presupuesto				
Subpresupuesto	1501001	PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS - AZANGARO- PUNO 2023.				
Cliente	001	PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS - AZANGARO- PUNO 2023.				
Lugar	S10 S.A.C	PUNO - AZANGARO - SAN JUAN DE SALINAS				
		Costo al				13/03/2024
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/	Parcial \$/	
01	SISTEMA DE AGUA POTABLE				28,652.77	
01.01	INSTALACION DE ELECTROBOMBA				3,816.14	
01.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE IMPULSION TUBO F°G° D=2"	m	7.00	205.70	1,439.90	
01.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACION ELECTROBOMBA SUMERGIBLE =2hp	und	1.00	2,213.44	2,213.44	
01.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	und	4.00	40.70	162.80	
01.02	EQUIPO FOTOVOLTAICO				18,517.93	
01.02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	11.00	8.36	91.96	
01.02.02	EXCAVACION DE TERRENO MANUAL PARA ESTRUCTURA METALICA	m3	0.64	22.71	14.53	
01.02.03	ESTRUCTURA METALICA SOPORTE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS	glb	1.00	216.89	216.89	
01.02.04	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P.M. PARA ESTRUCTURA METALICA	m3	0.25	86.04	21.51	
01.02.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS	und	6.00	563.15	3,378.90	
01.02.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTROLADOR (INVERSOR)	und	1.00	3,252.44	3,252.44	
01.02.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE BATERIA	und	8.00	1,435.75	11,486.00	
01.02.08	PUESTA A TIERRA A EQUIPOS ELECTRONICOS	und	1.00	55.70	55.70	
01.03	CERCO PERIMETRICO				6,318.70	
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	15.00	8.36	125.40	
01.03.02	EXCAVACION EN TERRENO NORMAL PARA OBRAS DE ARTE	m3	1.00	22.71	22.71	
01.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.00	7.57	7.57	
01.03.04	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	0.35	86.04	30.11	
01.03.05	CONCRETO CICLOPEO C:H 1.8+25% P.M. PARA SOBRE CIMIENTOS CORRIDOS	m3	0.10	115.48	11.55	
01.03.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMENTOS HASTA 0.50M	m2	3.20	82.67	264.54	
01.03.07	CERCO PERIMETRICO CON (TUBOS DE F°G° Y MALLA OLIMPICA)	m	22.00	260.80	5,737.60	
01.03.08	INSTALACION DE PUERTA DE CERCO PERIMETRICO	und	1.00	119.22	119.22	
Costo Directo					28,652.77	
Gastos Generales (8.73%)					2,501.39	
TOTAL PRESUPUESTO					31,154.16	

SON : TRENTIUN MIL CIENTO CINCUENTICUATRO Y 16/100 NUEVOS SOLES

Nota. Presupuesto total para la ejecución del proyecto de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23*Presupuesto total para la ejecución del proyecto*

Total de la propuesta	Monto anual	
Costos por INSTALACION DE ELECTROBOMBA	S/.	3,816.14
Costos por la instalación EQUIPO FOTVOLTAICO	S/.	18,517.93
Costos por CERCO PERIMETRICO	S/.	6,318.70
Costos incurridos en materiales didácticos en el proyecto	S/.	4,320.00
Costo Total	S/.	32,972.77

Nota: Presupuesto total para la ejecución del proyecto de mejora.

La tabla 23 hace un resumen del total de costos incluidos en el proyecto, a los cuales se los ha englobado en 4 grupos principales, separados según su categoría, todos los grupos hacen un total de 32, 972.77 soles

Tabla 24*Costos por Mantenimiento correctivo de electrobombas*

Descripción	Número de reparaciones anuales	Total de la reparación anual	Total anual
Reparación de Electrobomba sumergible 1	1	1300	3900
Total			S/. 3,900.00

Nota: Costos por mantenimiento de equipos instalados.



La tabla 24 hace referencia a los gastos por mantenimientos, contemplados en el presente proyecto, acentuando solo dos reparaciones anuales por cada electrobomba; haciendo un total de 3,900 soles por este concepto.

Tabla 25

Medición del VAR y TIR del proyecto

PARAMETRO	VALOR OBTENIDO
VAN	S/. 6,401.82
TIR	48%
IR	S/. 2.18

Nota. Resultados obtenidos con respecto a los cálculos del VAN y el TIR del proyecto.

Para determinar los indicadores de rendimiento se uso una tasa de interés del 9% basándose en bibliografía de los antecedentes. Una vez obtenidos los indicadores VAN, TIR e IR se puede afirmar que el VAN es de S/. 6,401.82 lo cual supera considerablemente a 0, lo que lleva a aceptar la propuesta de mejora del sistema de agua potable mostrado, por otro lado, el TIR dio un resultado de 48% lo cual indica que es favorable, ya que es mayor a la tasa de 9% presente en el flujo de caja neto, demostrando que el plan de mantenimiento preventivo puede ser aceptado, finalmente el IR proporcionó S/. 2.18 lo cual es beneficioso los gestores del proyecto, debido a que por cada sol invertido se retornaría S/. 2.18.

4.3.1. Análisis de impacto ambiental

En el ámbito medioambiental, a través de la propuesta se busca reducir efectos negativos y situaciones adversas de cada una de las actividades que el proyecto implica en relación con el medio ambiente. Los efectos ambientales de todo proyecto, programa o actividad en la presente propuesta se pueden identificar, evaluar, prever



y mitigar mediante un proceso conocido como evaluación ambiental (EIA). Este proceso ayuda en la toma de decisiones informadas y en la gestión de los riesgos ambientales causados por la actividad humana, logrando dentro de este proceso, la búsqueda de los posibles efectos para llevar a cabo una revisión completa de las interacciones potenciales entre la acción propuesta y el medio ambiente. Además, se tiene que hacer una caracterización del medio ambiente, lo cual incluye variables como la biodiversidad, los recursos naturales, el suelo y la calidad del aire y el agua. Todo ello acompañado de la evaluación de impactos, la identificación de medidas de control y mitigación y finalmente, la participación de todos los involucrados en todo el proyecto.

Tabla 26

Matriz de Leopold del Proyecto planteado

Mejoramiento del servicio de agua potable en una localidad de Azangaro		Diseño	Construcción	Operación			Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto
		Estudios de factibilidad	Excavaciones y plataformas	Instalación de tuberías	Movilidad	Mantenimiento	+	-		
Factores ambientales										
Agua	Calidad del agua	-1 2	-5 1	-7 2	-2 1	-3 2	0	5	5	-29
Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas)	-1 2	-9 2	-7 2	-4 3	-6 1	0	5	5	-52
Procesos	Erosión	-1 2	-5 2	2 2	-1 1	-1 1	1	4	5	-10
Procesos	Estabilidad de taludes (deslizamientos)	1 2	-5 2	2 2	-1 1	-1 1	2	3	5	-6
Flora	Microflora	-1 1	-2 1	-3 2	-1 1	-3 1	0	5	5	-13
Fauna	Animales terrestres, incluyendo reptiles	-1 2	-2 1	-4 1	-3 3	-3 1	0	5	5	-20
Interés estético y humano	Diseño del paisaje	1 1	-5 1	2 2	1 1	-2 1	3	2	5	-1
Interés estético y humano	Condiciones físicas únicas	1 1	-7 3	3 1	1 1	-1 1	3	2	5	-17
Aspectos culturales	Empleo	4 1	5 5	5 5	7 6	3 1	5	0	5	99
Facilidades y actividades humanas	Red de transporte	1 1	3 2	3 2	7 6	-2 1	4	1	5	53
Afectaciones	+	5	2	6	4	1	18	32	50	4
Afectaciones	-	5	8	4	6	9	32			
Total de afectaciones		10	10	10	10	10	50			
Agregado del impacto		0	-42	8	60	-22	4			

Nota: Contrastación y análisis de efectos ambientales por parte los investigadores.

En la tabla 26 se puede apreciar la Matriz de Leopold, la cual se compone en filas y columnas. Las filas representan las acciones del proyecto (como excavación, construcción, operación, etc.), mientras que las columnas representan los factores ambientales (como calidad del aire, suelo, agua, flora, fauna, paisaje, etc.). Además, el cruce de acciones con factores ambientales representa la intersección de cada acción con un factor ambiental, se realiza una evaluación del impacto.



En la matriz se puede apreciar que se ha conseguido un valor de 50 en total de afecciones, lo cual significa que con el proyecto se alterarán ecosistemas existentes por donde se desplazan los trazos y líneas del proyecto. Esto se refiere a la intensidad del impacto en una escala que puede ir de -10 (impacto negativo máximo) a +10 (impacto positivo máximo).

Finalmente se considera la relevancia del impacto en función de la sensibilidad del medio ambiente y otros criterios, en una escala de 1 a 10, lo cual implica que hay impactos positivos, estos refuerzan la justificación del proyecto, pero aun así deben manejarse para maximizar los beneficios.

En cuanto a la discusión de los resultados obtenidos, y de acuerdo al objetivo general de la presente investigación “proponer la mejora del servicio de agua potable aplicando bombeo fotovoltaico en la localidad de Asillo Salinas”, el coeficiente no estandarizado resultó con una desviación de error de 0.104, y una significancia de 0.001, valor inferior a 0.05, por lo cual se puede afirmar con certeza que existe una influencia significativa entre la variable “Mejora del servicio de agua potable” y la variable “Bombeo fotovoltaico en la localidad de Asillo”. Este hallazgo refuerza la importancia de un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable en la localidad y de esta forma dotar de un servicio continuo y eficiente.

Estos resultados se asemejan con el trabajo de investigación de Martínez (2020) titulado *Diseño de un sistema de bombeo a base de energía solar para el suministro de agua, Veracruz, México*, en el sentido que se encontró un caudal mínimo alcanzado a 10 metros de altura de 0.612 m³/h con una potencia de 0,07 kW y el caudal máximo fue de 4,1 m³/h con una potencia de 0,318 KW A una altura de 15 metros, el caudal vario de 0,108 m³/h a 3,24 m³/h, con potencias de 0,065 kW a 0.323 kW. Por lo que la energía



solar tiene un rendimiento igual o superior a la energía tradicional comumente usada para proveer de agua a edificios u otros sistemas.

De la misma manera, los resultados coinciden con los hallazgos de Otieno (2018) en su artículo titulado *Evaluaron el rendimiento y la viabilidad financiera de un sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico (PV), Jucuntuma, Honduras*, en cual la eficiencia del conjunto fotovoltaico fue del 12,1%, el subsistema fue del 91,82% y la eficiencia general fue del 5,14%; estos números son muy comparables a las eficiencias registradas en otros lugares para sistemas similares, muy parecidos al que se esta planteando en la presente investigación, mejorando la cantidad y continuidad del servicio para toda la localidad.

Además, los resultados encontrados ponen de manifiesto las diferencias significativas que tiene la implementación de este sistema en torno a los sistemas tradicionales, buscando el uso de energías renovables y reduciendo los impactos negativos que tiene la producción de energía y la baja productividad que representan estos sistemas sobre todo en áreas rurales. Ello significa, citando a Crespo (2018) quien en su tesis titulada *Evaluación del sistema de agua potable de la cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras*, afirma el sistema actual consta de un pozo excavado de 45 m³ de profundidad, un sistema de bombeo sumergible, un depósito elevado y una red de distribución por tuberías de polietileno.



V. CONCLUSIONES

- Se logró mejorar la disponibilidad y calidad del agua potable, con un caudal medio diario de 0.30 l/s, un caudal máximo de 0,39 l/s. para el bombeo se fijó una presión de 914.46 W (Aprox. 1.5HP), sistema alimentado por 6 paneles de 4.73 Wh que captan la energía solar, con capacidad de 1.524.1 y reduciendo la fuente de energías no renovables, sofocando deficiencias del sistema anterior y brindando un suministro más confiable y estable disponibilidad y calidad del agua potable.
- El análisis detallado del sistema de bombeo en el servicio de agua potable en la localidad de Asillo Salinas ha revelado varios hallazgos que afectan la disponibilidad, la calidad y la confiabilidad del suministro de agua. Además, la falta de capacidad para satisfacer la creciente demanda de agua potable debido al aumento de la población y las actividades económicas en la zona, lo que ha resultado en deficiencias en la distribución y el acceso equitativo al agua.
- El diseño y la propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico para la comunidad de Asillo Salinas han sido desarrollados con éxito, demostrando ser una solución viable y sostenible para mejorar el servicio de agua potable. El sistema propuesto incluye la instalación de paneles solares, una bomba adecuada para las necesidades hídricas de la comunidad y un sistema de almacenamiento de energía en Baterías para asegurar el funcionamiento continuo.
- La implementación exitosa de este proyecto demuestra la viabilidad técnica, económica y social del uso de tecnologías innovadoras como el bombeo fotovoltaico para abordar los desafíos en el suministro de agua potable en áreas rurales y periurbanas. Además, sienta un precedente importante para futuras iniciativas de



desarrollo sostenible en la región y más allá. En resumen, este proyecto representa un paso adelante hacia la construcción de comunidades más resilientes, prósperas y equitativas en el contexto de un mundo en constante cambio.



VI. RECOMENDACIONES

- Brindar capacitación a la comunidad y a los técnicos locales sobre la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de bombeo fotovoltaico. Esto garantizará la sostenibilidad del proyecto a largo plazo y fomentará la creación de empleo local.
- Establecer programas de financiamiento y subsidios para ayudar a las comunidades a cubrir los costos iniciales de instalación. Esto puede incluir créditos a bajo interés, subvenciones gubernamentales o asociaciones con organizaciones no gubernamentales.
- Desarrollar y aplicar un plan de manejo de residuos electrónicos para asegurar la correcta disposición y reciclaje de paneles solares y baterías al final de su vida útil. Esto puede incluir acuerdos con empresas especializadas en reciclaje de equipos electrónicos.
- Implementar un plan de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del sistema de bombeo fotovoltaico y su impacto ambiental. Esto permitirá identificar problemas tempranos y realizar ajustes necesarios para mejorar la eficiencia y minimizar impactos negativos.
- Considerar la diversificación de fuentes de energía renovable, como la eólica o hidráulica, para complementar el sistema fotovoltaico y asegurar un suministro constante de energía, especialmente en periodos de baja radiación solar.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acolt, R. M. (2016). La disponibilidad a pagar de las familias por mejorar el servicio de agua potable en la ciudad de Aguascalientes. . *Gestión y Ambiente*, 19(1), 63-77.
- Agüero, P.R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales.
- Angulo, K. &. (2016). *Nivel de satisfacción de los usuarios del servicio de agua potable de la ciudad de Cajamarca, 2015*. Cajamarca: Repositorio institucional.
- Ardila, J. A. (2016). La gerencia del mantenimiento. *Dimensión Empresarial*, 2, 14(2), 127-142.
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación* (7 ed.). Caracas: Editorial Episteme.
- Arizaca, H. A. (2022) *Energía fotovoltaica aplicado a un Sistema de riego por aspersión en el centro experimental Chuquibambilla*
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación* (3 ed.). Bogotá: Pearson Educación.
- CIEMAT. (2010) Sistema de Bombeo Fotovoltaico.
- Corrales, M. (2014). Gobernabilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en América Latina. . *Revista Rega*, , 1(1), 47-58.
- Crespo, J. A. (2018). Evaluación del sistema de agua potable de la cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras. *ournal of Science and Research*, 50-61.
- Donoso, G. &. (2017). Sistema tarifario de agua potable en Chile: una propuesta para mejorar su sostenibilidad. . *Propuestas para Chile*, 157.



- Flores, W. (2017). *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED y 5S, en una empresa de confecciones*. Lima.
- Gonzales, E. (2014). Control de calidad de agua potable en la Empresa Prestadora de Servicio de agua potable EPS NOR Puno SA. *Calidad de vida y Salud*, 65-69.
- Guerra, E. &. (2019). Los 20 problemas de la pequeña y mediana empresa. . *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (45), 14-21.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: Mc Graw - Hill.
- Juchani, A. (2022). *Gestión del servicio de agua potable y la satisfacción de los usuarios del centro poblado Ancoputo de Zepita-Puno, 2022*. Ancoputo - Puno: Repositorio institucional UCV.
- Laudon, K., & Laudon, J. (2016). *Sistemas de Información Gerencial* (14 ed.). Ciudad de México: Pearson Educación S.A.
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica*(3), 34-39.
- Marmanillo, I. (. (2007). Agua potable y saneamiento. *Publicación. PERU: La Oportunidad de un País diferente.* , Cap, 14.
- Mendoza, M. (2021). *Propuesta de implementación de un sistema de costos ABC para mejorar la rentabilidad de los productos más comercializados en una empresa de confecciones*. Lima.
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de calidad de agua para consumo humano., DS N°031-2010 - SA.



- Parillo, W. (2022). Beneficios económicos por mejorar los servicios de saneamiento rural del distrito de Taraco, región Puno. . *Semestre Económico*, , 11(1), 44-53.
- Peralta, A. (2018). *Evaluación técnico-económica de una instalación de bombeo solar fotovoltaico aplicada a la ampliación de la frontera agrícola en zonas aisladas de Arequipa*.
- Pereira, C. (2016) *Análisis comparativo de los valores “k”, de pérdida de carga local en accesorios de 3/4”, 1/2” y de 1” de diámetro de fierro galvanizado y pvc, dados por las bibliografías con respecto a los hallados experimentalmente en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Andina del Cusco*.
- Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA, Norma Técnica de Diseño Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural RM 192 2018 VIVIENDA, (2018).
- Romero, M. L. (2021). *Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayaviri, Melgar, Puno-2018*. Ayari - Puno: Repositorio Institucional.
- SGDS, Peru. (2022). Dimensionamiento e instalación de sistemas solares fotovoltaicos .
- Toro, F. (2010). *Costos ABC y Presupuestos Herramientas para la Productividad*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Valdiviezo, J. (2022). *Costo de Ventas de Producción y de Servicios* (1 ed.). Lima: Instituto Pacífico SAC.



ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones Técnicas de Electrobomba

4SR

Electrobombas sumergidas de 4"



Agua limpia
(Contenido de arena
máximo 150 g/m³)

Utilizo doméstico

Utilizo civil

Utilizo industrial

CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 450 l/min (27 m³/h)
- Altura manométrica hasta 425 m

LIMITES DE UTILIZO

- Temperatura máxima del fluido hasta +35 °C
- Contenido de arena máximo 150 g/m³
- Profundidad de utilizo hasta 100 m bajo el nivel del agua con cable de alimentación de longitud adecuada
- Funcionamiento:
 - en vertical
 - en horizontal con los siguientes límites:
 - 4SR7G - 4SR10G - 4SR13G - 4SR25G 18 etapas
 - 4SR33G - 4SR45G - 4SR60G - 4SR75G - 4SR90G 10 etapas
- Arranques/hora: 20 a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo 8 cm/s
- Funcionamiento continuo S1
-
-

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELECTRICO

- Monofásica 220 V - 60 Hz
- Trifásica 380 V - 60 Hz

Cable de alimentación de:

- 1.7 m para potencias de 0.37 a 3 kW
- 2.7 m para potencias de 4 a 7.5 kW

⇒ Las versiones monofásicas 4SR-PD incluyen el condensador en el interior del embalaje.

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

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



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión
certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD
ISO 14001: AMBIENTE



UTILIZOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a 150 g/m³. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, aumento de presión para instalaciones anti-incendio, etc.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Patente n° EP09781276.2

EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes
-



GARANTIA

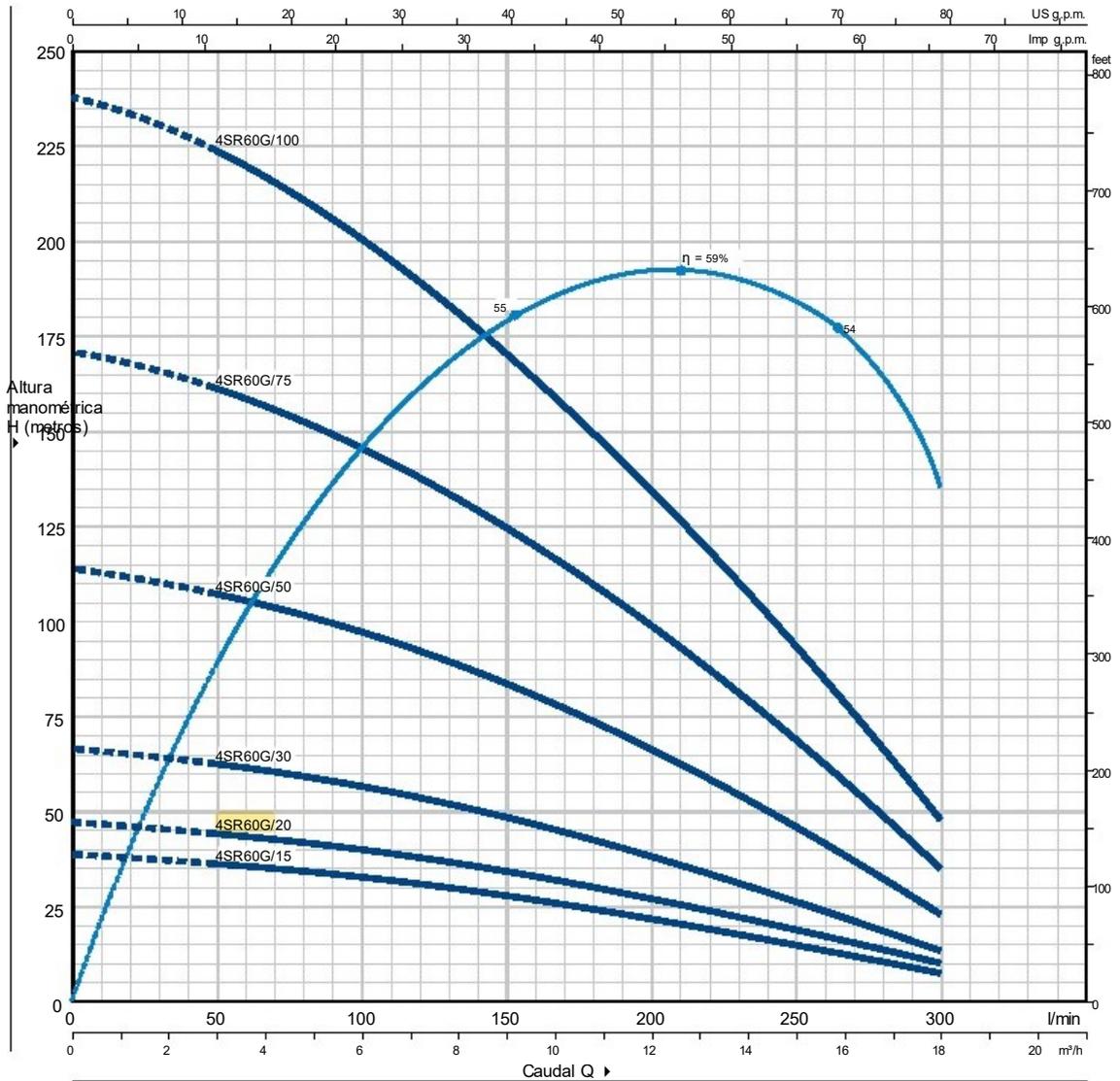


Anexo 2. Especificaciones Técnicas de Electrobomba

4SR60G

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm



MODELO		POTENCIA (P2)		Q	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	50	100	150	200	250	300
4SR60Gm/15	4SR60G/15	1.1	1.5	H metros	38	36	32	28	22	15	8
4SR60Gm/20	4SR60G/20	1.5	2		47	44	39,5	34	27.5	19	10
4SR60Gm/30	4SR60G/30	2.2	3		66	63	56	47.5	38	27	14
-	4SR60G/50	3.7	5		114	108	97	83	66	46	23
-	4SR60G/75	5.5	7.5		171	161	146	124	98	68	35
-	4SR60G/100	7.5	10		238	224	201	172	134	93	48

Q = Caudal H = Altura manométrica total

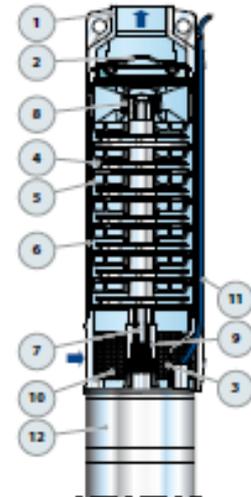
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Anexo 3. Características Constructivas de Electrobomba

4SR

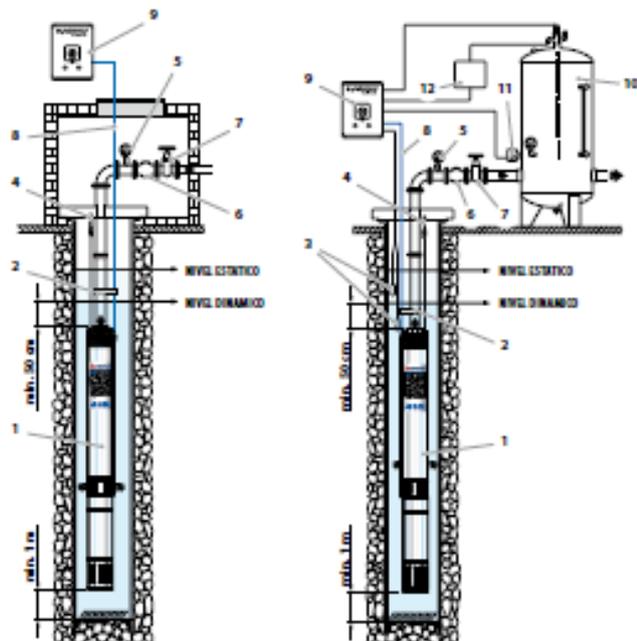


POS. COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS
1 CUERPO DE IMPULSION	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
2 VALVULA DE RETENCION	Acero inoxidable AISI 304
3 SOPORTE	Acero inoxidable AISI 304, dimensiones según norma NEMA
4 RODETE	Lexan 141-R
5 DIFUSOR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



EJEMPLO DE INSTALACION

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



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

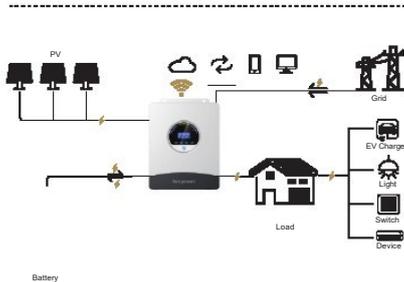
Anexo 4. Especificaciones Técnicas de Inversor

OFF GRID INVERTER

GPEO Single Phase Off-Grid Inverter
Single Phase



Connection



Color Options



		GPEO-3K6L1	
DC Input (PV)	Recommended max. PV input power	4000W	
	Rated input voltage	380V	
	MPPT operating voltage range	85V-450V (@5000V VOC)	
	Number of MPPT	1	
	Max. number of input strings per MPPT	1	
	Max. input current per MPPT	27A	
AC input	Max. short-circuit current per MPPT	35A	
	Max output power	6500W	
	Max output current	30A	
	Rated grid voltage	220/230/240Vac	
	Rated grid frequency	50/60Hz	
	THDi	<3% (@100% Linear load)	
Battery parameters Max	Power factor	1	
	Battery type	Lithium /Lead-acid	
	Battery voltage range	20V-30V	
	charge/discharge current	120A/150A	
AC output (off-grid)	BMS communication mode	RS485	
	Rated output power	3600W	
	Rated output current	15.6A	
	Rated output voltage	220/230/240Vac	
	Frequency	50/60Hz	
	Surge power	7200VA 5s	
Efficiency	THDv (@ linear load)	<3%	
	Switching time	10ms typical (For UPS) 20ms typical (For Home)	
	Max. MPPT efficiency	99.90%	
Protection	Peak efficiency	93.00%	
	Inner protection	√Output short circuit protection √ Output overvoltage	
	Surge protection	PV: Type III, AC: Type III	
General Parameters	IP rating	IP54	
	Operating temperature range	-10°C - 50°C	
	Relative humidity range	5%~95%	
	Max. operating altitude	2000m	
	Standby self-consumption [2]	<10W	
	Installation type	Wall-mounted	
	Cooling mode	Fan cooling	
	Communication	RS232/RS485/Dry contact	
MECHANICAL SPECIFICATION	Display	LCD	
	Inverter dimensions (W*H*D) (mm)	347*445*120	
	Net weight (kg)	12.1	
	Shipping dimensions (W*H*D) (mm)TIONS	465*560*195	
Gross weight (kg)	13.5		

Anexo 5. Especificaciones Técnicas de Panel Fotovoltaico



AE SOLAR
alternative energy

MONO-CRYSTALLINE PV MODULES
HALF-CUT CELLS + MONO-FACIAL

AE MD-144 Series 530W-550W

Mechanical and design specification

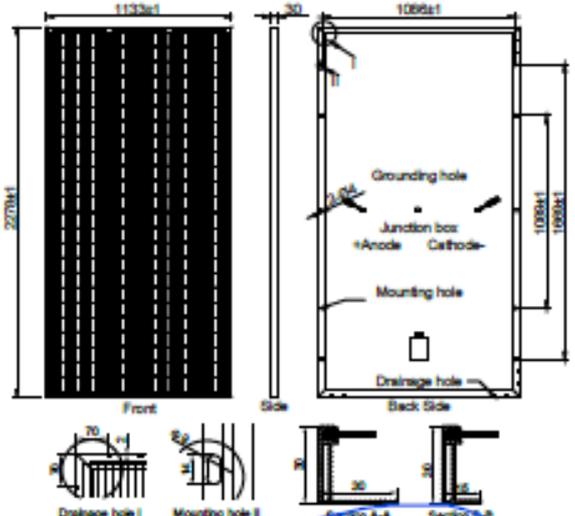
Cell type	Gallium-doped Mono c-Si PERC, Half-cut cells, 182 mm
No. of cells	144
Glass	3.2 mm, high transmission, AR coated, tempered
Encapsulation	EVA
Back cover	White backsheet
Junction box	IP 68 rated
Frame	30 mm anodized Aluminium alloy
Cable	1 x 4 mm ² , 350 mm length or customized
Connectors	MC 4 / MC 4 compatible
Dimension	2278 mm x 1133 mm x 30 mm
Weight	26.5 kg
Hail resistance	Max. Ø 25 mm at 23 m/s
Wind load	2400 Pa/ 244 kg/ m ²
Mechanical load	5400 Pa/ 550 kg/ m ²

Packaging information

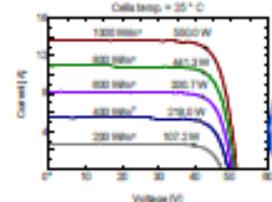
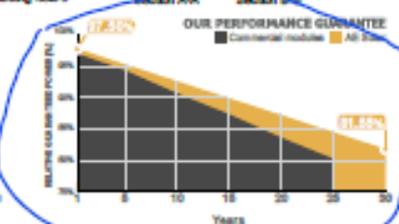
Packaging configuration	72 pcs / double pallets
Loading capacity	720 pcs / 40 HQ
Size / Pallet	2310 mm x 1140 mm x 2490 mm
Weight	1996 kg / double pallets

Temperature ratings

Operating temperature (°C)	-40 to +85
Temp.coefficient of P_{max} (%/°C)	-0.35
Temp.coefficient of V_{oc} (%/°C)	-0.275
Temp.coefficient of I_{sc} (%/°C)	0.045
Nom. operating temp. NOCT (°C)	45 ± 2



Cells temp. = 25 °C

Electrical specifications (STC)*:		AE530MD-144	AE535MD-144	AE540MD-144	AE545MD-144	AE550MD-144
Nominal Max. Power	P_{max} (Wp)	530	535	540	545	550
Maximum operating voltage	V_{MPP} (V)	41.70	41.93	42.15	42.38	42.57
Maximum operating current	I_{MPP} (A)	12.71	12.76	12.81	12.86	12.92
Open-circuit voltage	V_{oc} (V)	49.65	49.78	49.90	50.01	51.44
Short-circuit current	I_{sc} (A)	13.47	13.52	13.57	13.62	13.67
Module efficiency	η (%)	20.53	20.73	20.92	21.12	21.31
Power tolerance	(W)			0~+5		
Maximum system Voltage	(V)			1500		
Maximum series fuse rating	(A)			25		

*STC: Standard test conditions (irradiance 1000 W/m², Cell temperature 25°C and air mass of AM1.5)

Electrical specifications (NMOT):		AE530MD-144	AE535MD-144	AE540MD-144	AE545MD-144	AE550MD-144
Nominal Max. Power	P_{max} (Wp)	400	403	407	410	414
Maximum operating voltage	V_{MPP} (V)	39.30	39.50	39.70	39.90	40.10
Maximum operating current	I_{MPP} (A)	10.17	10.21	10.25	10.29	10.34
Open-circuit voltage	V_{oc} (V)	47.00	47.20	47.40	47.60	47.80
Short-circuit current	I_{sc} (A)	10.78	10.82	10.86	10.90	10.94

*NMOT: Normal Module Operating Temperature (irradiance 800 W/m², Ambient temperature 20°C, air mass of AM1.5 and wind speed of 1 m/s)

Anexo 6. Especificaciones técnicas de la Batería

Durable Battery *Choose CSBattery*



High-Temp Long Life GEL Deep Cycle Battery

HTB12-200

HTB series uses the newly developed nano gel electrolyte with super-C additive plus heavy duty plates design inside. The HTB series has a long service life and can provide optimum and reliable service under extreme condition such as high temperature and frequent power failure, This series is highly suited for tropical area in outdoor applications such as Telecom BTS stations and Off-grid PV system.

12V
200Ah

GEL
Technology

Deep
Cycle



COMPLIED STANDARDS

IEC 60896-21/22 JIS C8704
IEC61427 BS6290 part4
GB/T 19638 CE/ISO

Applications

- > BTS Stations
- > Solar & Wind energy system
- > UPS system
- > Telecom systems
- > Wheel chair, Golf Car

General Features

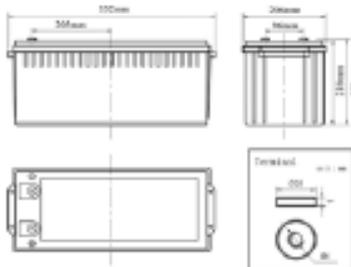
- ✓ Able to operate at 40-60°C
- ✓ DOD 30% 1500 times Cycles
- ✓ Integrated design to ensure the best Uniformity and reliability
- ✓ Long life and high stability under high temp. environment (no air-con needed)
- ✓ Use super-C additives: Deep discharge recovery capability

Dimensions & Weight

Length(mm)	532±1
Width(mm)	206±1
Height(mm)	215±1
Total Height(mm)	219±1
Weight(kg)	58.6±3%

Technical Specifications

Nominal Voltage		12V (6 cells per unit)
Design Floating Life @25°C		20 Years
Nominal Capacity @25°C(20 hour rate@10.0A,10.8V)		200Ah
Capacity @25°C	10hour rate (18.0A,10.8V)	180Ah
	5 hour rate (31.8A,10.5V)	159Ah
	1 hour rate (115.5A,9.6V)	115.5Ah
Internal Resistance	Full Charged Battery@25°C	≤3.0mΩ
Ambient Temperature	Discharge	-25°C~60°C
	Charge	-25°C~60°C
	Storage	-25°C~60°C
Max.Discharge Current@25°C		1200A(5s)
Capacity affected by Temperature (10 hour)	40°C	108%
	25°C	100%
	0°C	90%
	-15°C	70%
Self-Discharge@25°C per Month		3%
Charge (Constant Voltage) @25°C	Standby Use	Initial Charging Current Less than 45.0A Voltage 13.6-13.8V
	Cycle Use	Initial Charging Current Less than 45.0A Voltage 14.4-14.9V



Battery Discharge Table

Discharge Constant Current per Cell (Ampere at 26°C)

EV/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	312.4	185.9	132.0	115.5	70.5	49.5	33.7	22.2	19.8	10.8	2.40
1.65V	306.7	182.5	129.6	113.4	69.2	48.6	33.0	21.8	19.4	10.6	2.35
1.70V	301.0	179.1	127.2	111.3	67.9	47.7	32.4	21.4	19.1	10.4	2.31
1.75V	295.4	175.8	124.8	109.2	66.7	46.8	31.8	21.0	18.7	10.2	2.26
1.80V	284.0	169.0	120.0	105.0	64.1	45.0	30.6	20.2	18.0	10.0	2.22

Discharge Constant Power per Cell (Watts at 26°C)

EV/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	535.5	357.9	254.1	222.3	135.7	95.3	64.8	42.8	38.1	20.8	4.62
1.65V	526.5	351.4	249.5	218.3	133.3	93.6	63.6	42.0	37.4	20.4	4.53
1.70V	517.5	344.8	244.9	214.3	130.8	91.8	62.4	41.2	36.7	20.0	4.44
1.75V	508.5	338.3	240.2	210.2	128.3	90.1	61.3	40.4	36.0	19.6	4.36
1.80V	490.5	325.3	231.0	202.1	123.4	86.6	58.9	38.9	34.7	19.3	4.27

Note: The above data are average values, and can be obtained within 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values. Cell and battery designs/specifications are subject to modification without notice. Contact **CSBattery** for the latest information.

Copyright© 2016 CSBattery Energy Co., Limited

Anexo 7. Resultado de Cálculo de horas pico solar (HPS) con software de NASA

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies
20-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2001 - December 2020)
Location: Latitude -15.0067 Longitude -70.1002
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 4054.94 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance for Equator Facing vertical surface (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance optimal (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance optimal Angle (degrees)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORI SRB V4/CERES SYN1deg solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S orientation)
-END HEADER-
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL 6.57 6.49 6.44 6.11 5.90 5.62 5.75 6.36 6.72 7.08 7.41 6.88 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 6.57 6.49 6.44 6.11 5.90 5.62 5.75 6.36 6.72 7.08 7.41 6.88 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE 6.24 6.31 6.49 6.51 6.75 6.67 6.74 7.05 6.99 6.98 7.02 6.46 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 5.62 5.85 6.22 6.56 7.21 7.33 7.34 7.35 6.88 6.53 6.28 5.74 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL 2.13 2.12 2.68 3.63 4.99 5.65 5.47 4.61 3.25 2.16 1.88 2.09 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL 6.63 6.49 6.50 6.58 7.28 7.56 7.51 7.37 7.00 7.09 7.46 6.99 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG -10.00 -2.00 6.50 22.00 36.50 42.50 41.50 33.00 17.00 1.50 -10.50 -13.00 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORI N N N N N N N N N N N N N

```

Anexo 8. Ventana Principal software PVGIS

The screenshot shows the PVGIS web interface. On the left is a map of San Juan de Salinas with a location pin. The right panel is titled 'RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV AUTÓNOMO' and contains the following configuration options:

- Cursor: Seleccionado 15.007, -70.100
- Elevación: 3845 (m)
- PVGIS ver.: 5.2
- Utilizar las sombras del terreno: Horizonte calculado
- Base de datos de radiación solar: PVGIS-NSRDB
- Potencia FV pico instalada [Wp]: 3300
- Capacidad de la batería [Wh]: 1524
- Limitador de descarga [%]: 40
- Consumo diario [Wh]: 7315.68
- Inclinación [°]: 18
- Azimut [°]: -123

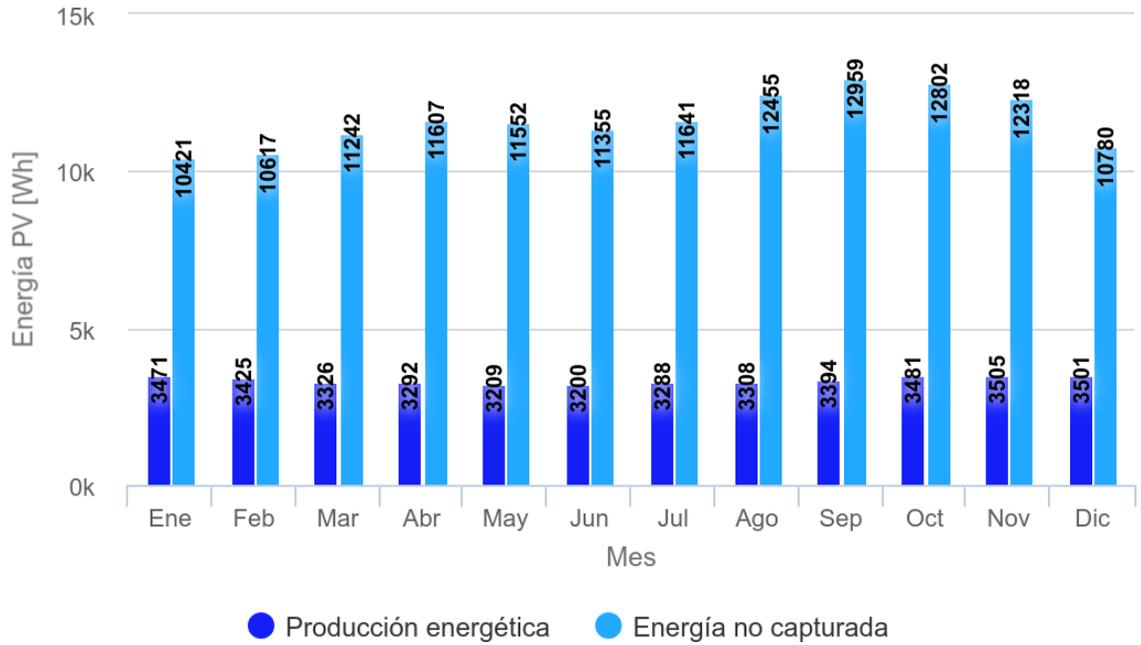
Anexo 9. Resumen de datos proporcionados

Resumen	
Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	-15.007,-70.100
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-NSRDB
FV instalada [Wp]:	3300
Capacidad de la batería [Wh]:	1524.1
Limitador de descarga [%]:	40
Consumo diario [Wh]:	7315.68
Ángulo de inclinación [°]:	18
Ángulo de azimut [°]:	-123
Resultados de la simulación:	
Porcentaje días batería cargada [%]:	100
Porcentaje días batería descargada [%]:	100
Energía media no capturada [Wh]:	11651.89
Energía media que falta [Wh]:	3949.64

Anexo 10. Rendimiento de un sistema fotovoltaico (FV) autónomo

Rendimiento de un sistema FV autónomo: PV energy output

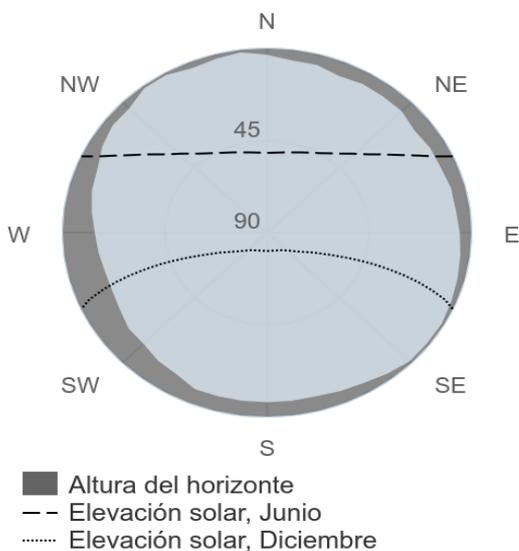
(C) PVGIS, 2024



Anexo 11. Perfil de horizonte

Perfil del horizonte

(C) PVGIS, 2024



Anexo 12: Matriz de Consistencia

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Objetivos
Variable Dependiente: Bombeo fotovoltaico	Constituye un sistema que utiliza energía solar para impulsar agua de forma eficiente y sostenible, ello a través de la instalación de paneles solares fotovoltaicos que captan la energía del sol y la convierten en electricidad. Esta electricidad se utiliza para alimentar una bomba sumergible o de superficie que extrae el agua de un pozo, un río o una fuente subterránea y la impulsa hacia un depósito o hacia un sistema de riego. Este sistema es especialmente útil en zonas rurales o alejadas de la red eléctrica, donde el suministro de agua es escaso o la conexión a la red es costosa. Además, al ser impulsado por energía solar, no produce emisiones de dióxido de carbono ni requiere de combustibles fósiles para funcionar.	Niveles de bombeo profundo	Eficiencia del sistema	Objetivo General
			Caudal de agua bombeado	
		Niveles de bombeo superficial	Altura de elevación	Horas de funcionamiento
Aspectos externos	Vida útil del sistema	Costo de operación	Objetivos Específicos	
	Impacto ambiental			
Variable Dependiente: Mejora del servicio de agua potable	Se refiere a todas las acciones y procesos implementados para aumentar la calidad, disponibilidad y eficiencia de la prestación del servicio de suministro de agua potable a una comunidad o población determinada. Estas mejoras pueden incluir la construcción, rehabilitación o ampliación de infraestructuras como sistemas de captación, tratamiento y distribución de agua, así como la implementación de tecnologías y equipos más modernos y eficientes.	Parámetros de mejora	Calidad del agua	OE: • Identificar las deficiencias en el actual sistema de bombeo en el servicio de agua potable en la localidad de Asilo Salinas
			Presión del agua	
		Cobertura del servicio	OE: • Diseñar y proponer un sistema de bombeo fotovoltaico para mejorar el servicio de agua potable a la comunidad aprovechando la energía fotovoltaica.	
Disponibilidad	Continuidad del servicio	OE: Realizar un análisis económico y ambiental en el ciclo de vida del proyecto.		

Anexo 13: Panel Fotográfico



En la Foto se aprecia la caceta de bombeo



En la Foto se aprecia módulo de bomba eléctrica en la caceta de bombeo



En la Foto se aprecia Reservorio de 4 m³ de capacidad y
Caceta de cloración

A. Cuestionario: ENCUESTA

Este es una evaluación mediante una encuesta realizada al presidente de la comunidad campesina Asillo, conjuntamente con unos usuarios de fácil acceso, acerca del estado de su sistema de bombeo:

1. ¿cuál es la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en su localidad Asillo?
 - a) Manantial
 - b) Pozo
 - c) Riachuelos
 - d) otros

2. ¿Cuál es el número total de personas de la localidad Asillo que consumen agua de pozo?
 - a) >501
 - b) 201 – 500
 - c) 101 – 200
 - d) 1 – 100

()

3. ¿Qué tan exitoso fue el sistema de bombeo utilizando la energía eléctrica antes de su inoperatividad?
 - a) Muy exitoso
 - b) Exitoso
 - c) Algo exitoso
 - d) No muy exitoso
 - e) No exitoso



4. **¿Cuál cree que sean los elementos causales para su inoperatividad del sistema de bombeo?**
- a) Alto costo en tarifa del suministro eléctrico (X)
 - b) Cortes del suministro eléctrico constante ()
 - c) Falta de agua en pozo ()
 - d) Otros ()
5. **¿Cuáles cree Ud. que serían las alternativas de solución a su sistema de bombeo por el cual no tiene servicio de agua potable de forma continua?**
- a) Uso de paneles solares - sistema fotovoltaico (X)
 - b) Mejor administración del sistema de agua ()
 - c) Control de usuarios de forma mensual ()
 - d) Sistema de electricidad continuo ()



B. Ficha de Observación: OBSERVACION DIRECTA

Nombre de la Entidad	
Nombre del Observador	
Nombre del Componente	
Nombre del Proyecto	

INSTRUCCIONES:

Observar si la ejecución de las actividades marcando con una (X) el cumplimiento de acuerdo con la escala establecida (Si, No, Tal vez)

OBJETIVO:

Identificar cada una de las falencias y puntos críticos en cada una de las áreas del proyecto a evaluar

N°	ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO	TAL VEZ	OBSERVACIONES
1	Existen procedimientos para cada trabajo en la empresa.				
2	Todos los puntos de agua se encuentran abastecidos.				
3	El flujo de agua es constante en cada zona evaluada.				
4	Los usuarios están satisfechos con el servicio brindado.				
5	La energía para el bombeo es constante y estable.				
6	Las llaves y conexiones de todos los usuarios están en buen estado.				
7	La distribución de las cajas de rompe presión es la adecuada.				
8	Existe supervisión y monitoreo constante de cada uno de los trabajos.				
9	Existen constantes cortes de energía en la zona.				
10	Existen reportes de problemas de rupturas por parte del comité.				
11	Existen quejas constantes de los usuarios del servicio.				
12	El servicio se brinda solo por horas específicas.				
13	Los pobladores consideran que las mejoras solucionarían sus problemas				

Anexo 14 Principales resultados de la encuesta

Tabla 27

Matriz de Leopold del Proyecto planteado

Descripción	Nº Respuestas	%
Muy exitoso	10	8%
Exitoso	18	14%
Algo exitoso	50	38%
No muy exitoso	49	37%
No exitoso	6	5%
TOTAL	133	100%

Figura 25

Resultados de encuesta

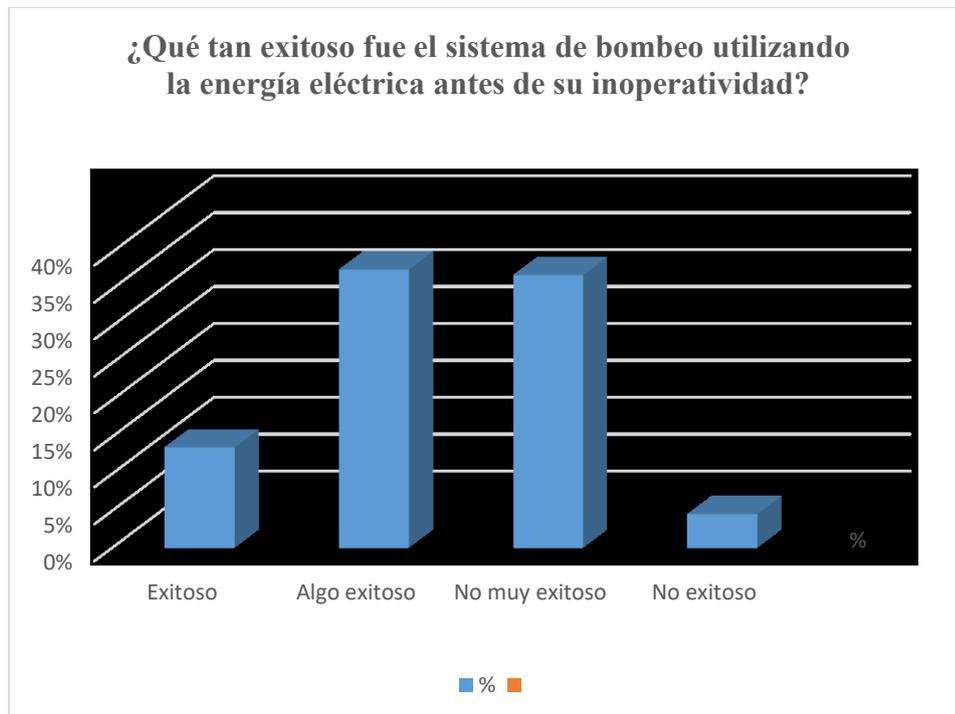


Tabla 28

Matriz de Leopold del Proyecto planteado

Descripción	Nº Respuestas	%
Alto costo en tarifa del suministro eléctrico	51	40%
Cortes del suministro eléctrico	39	31%
Falta de agua en pozo	27	21%
Otros	10	8%
TOTAL	133	100%

Figura 26

Resultados de encuesta

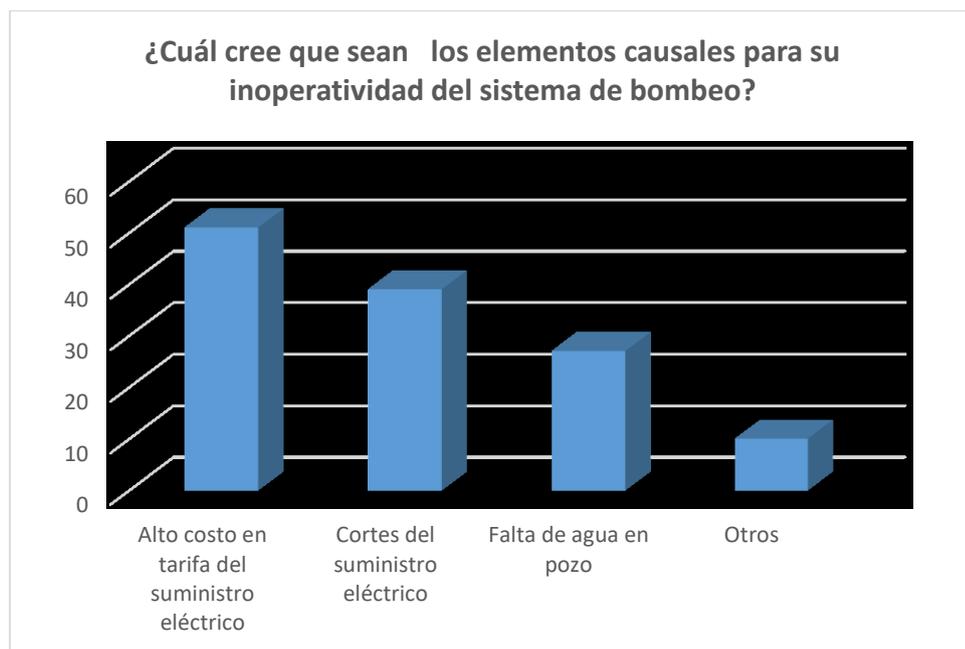


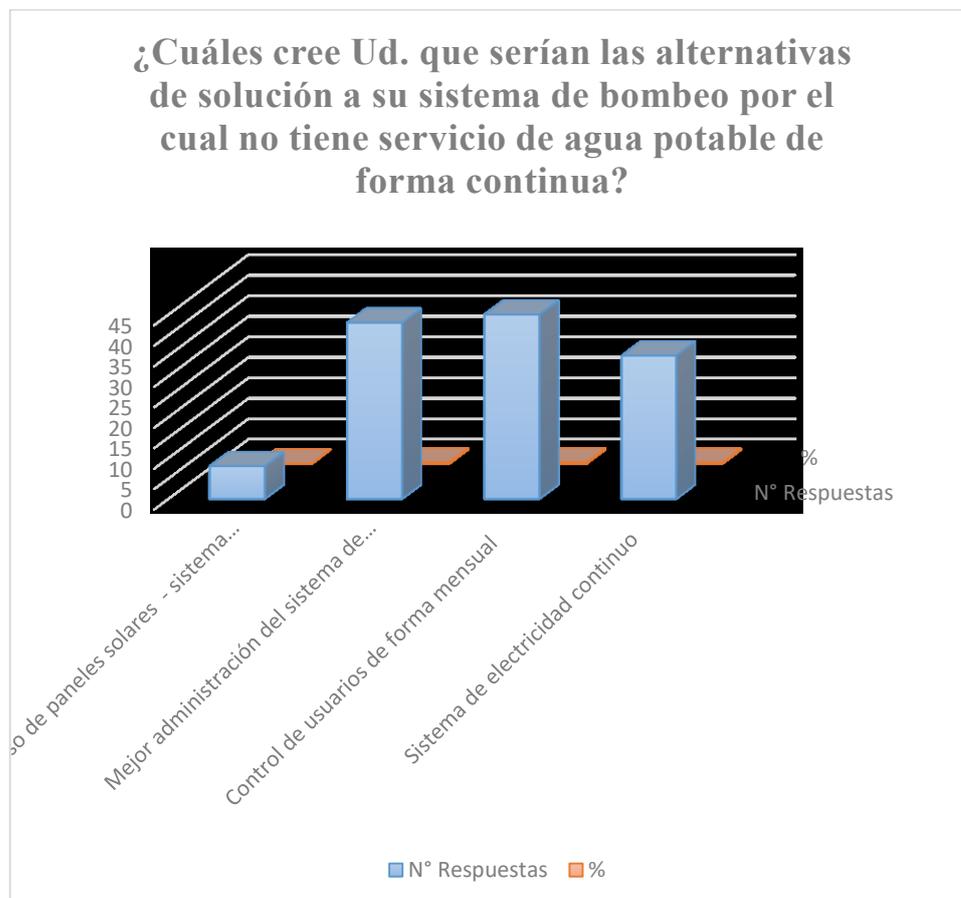
Tabla 29

Matriz de Leopold del Proyecto planteado

Descripción	N° Respuestas	%
Uso de paneles solares - sistema fotovoltaico	8	6%
Mejor administración del sistema de agua	43	32%
Control de usuarios de forma mensual	45	34%
Sistema de electricidad continuo	35	26%
TOTAL	133	100%

Figura 27

Resultados de encuesta





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DANTE SALAS CHÁVEZ
identificado con DNI 41766438 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL
BOMBO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE AGUILA SALINAS - AZANGARO - PUNO 2023”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 13 de Diciembre del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo DANTE SALAS CHAVEZ
identificado con DNI 41766438 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE APLICANDO EL
BOMBO FOTOVOLTAICO EN LA LOCALIDAD DE ASILLO SALINAS - AZANGARO - PUNO 2023 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de Diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella