



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



**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN DEL
SISTEMA DE BOMBEO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA
EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL
DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RALPH JORGE HUARACO LIPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO

AUTOR

RALPH JORGE HUARACO LIPE

RECUENTO DE PALABRAS

18746 Words

RECUENTO DE CARACTERES

104490 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

109 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.7MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 4, 2023 4:33 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 4, 2023 4:35 PM GMT-5

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


ING. PERCY ARTURO GINEZ CHOQUE
ASESOR DE TESIS



Resumen



DEDICATORIA

La presente investigación lo dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber permitido alcanzar esta meta tan importante de mi formación profesional para obtener un logro y anhelo más deseado.

A mis padres Jorge Huaraco y Rosa Lipe por ser mis pilares fundamentales, en mi vida y por haberme apoyado incondicionalmente, frente a las adversidades e inconvenientes que se presentaron, siento orgullo y privilegio de contar siempre con ustedes, son los mejores padres.

A mis hermanos Lenin, Jackman y Wendy por estar siempre presentes, acompañándome, brindándome apoyo moral a lo largo de esta etapa de mi vida.

RALPH JORGE HUARACO LIPE



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, por haberme permitido concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme, por un buen sendero del desarrollo de la ingeniería y la investigación.

Al personal docente y todo el personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Agrícola, quienes supieron impartir sus conocimientos con mucho esfuerzo, para hacer posible la preparación profesional y en especial a mi asesor, M.Sc. Percy Arturo Ginez Choque, por la acertada dirección del trabajo de tesis quien estuvo guiándome durante todo el proceso de elaboración con su experiencia, profesionalismo y formar parte de otro objetivo alcanzado.

A los miembros de jurado revisor Al M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, Dr. Victoriano Rolando Apaza Campos y al M.Sc. Edgardo Sebastián Guerra Bueno, por todo su apoyo y sugerencias constructivas a mi persona.

Finalmente agradecer a todos mis amigas(os) por brindarme su apoyo en el desarrollo de este trabajo, por extenderme su mano en momentos difíciles.

RALPH JORGE HUARACO LIPE



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. Hipótesis general	20
1.3.2. Hipótesis específicas.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	20
1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	23
1.5.1. Objetivo general.....	23
1.5.2. Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES.....	24
2.1.1. A nivel internacional.....	24



2.1.2. A nivel nacional	26
2.2.3. A nivel regional	27
2.2. MARCO TEORICO	30
2.2.1. Sistemas de bombeo con energía solar	30
2.2.2. Abastecimiento de agua potable	30
2.2.3. Tipos de bombeo.....	36
2.2.4. Funcionamiento de un sistema de bombeo con panel fotovoltaico	38
2.2.5. Beneficios de sistemas de bombeo solar	39
2.2.6. Desafíos y barreras	41
2.2.7. Energía solar fotovoltaica	41
2.2.8. Paneles solares	43
2.2.9. Tipos de paneles solares	43
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.2.1. Método de investigación.....	52
3.2.2. Tipo de investigación.....	53
3.2.3. Nivel de investigación	54
3.2.4. Diseño de investigación	55
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS	56
3.3.1. Población	56
3.3.2. Muestra	56
3.3.3. Muestreo	57
3.3.4. Unidad de Análisis.....	58



3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
3.4.1. Técnica.....	59
3.4.2. Instrumentos	59
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	60
3.5.1. Recolección de datos (radiación solar)	61
3.5.2. Datos de electrobomba	65
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. DETERMINACIÓN DE LA IDONEIDAD GEOGRÁFICA, CLIMÁTICA Y TOPOGRÁFICA DE ATUNCOLLA PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, CONSIDERANDO FACTORES COMO RADIACIÓN SOLAR, ALTITUD Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....	68
4.1.1. Verificación de la viabilidad económica y confiabilidad del sistema de bombeo.....	82
4.1.2. Comparación de la rentabilidad; es decir los costos de construcción, operación y mantenimiento para un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable respecto a un sistema eléctrico convencional.....	90
4.2. DISCUSIONES	93
V. CONCLUSIONES	96
VI. RECOMENDACIONES.....	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	105

Área : Ingeniería y tecnología

Línea : Recursos hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 de octubre del 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria	31
Tabla 2. Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab*d).....	32
Tabla 3. Características de un panel solar monocristalino y policristalino.	44
Tabla 4. Demanda de la potencia.....	66
Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional	71
Tabla 6. Necesidad de agua	72
Tabla 7. Ángulos de inclinación según su latitud.	79
Tabla 8. Características del panel fotovoltaico	80
Tabla 9. Especificaciones del panel fotovoltaico.....	81
Tabla 10. Beneficios totales por año de los usuarios de agua potable.....	86
Tabla 11. Indicadores de costo/beneficio	87
Tabla 12. Análisis de indicador de costo de efectividad.....	90
Tabla 13. Cálculo del costo económico por acarreo de agua de no conectados	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bomba centrífuga superficial y sumergible.....	37
Figura 2. Bomba de desplazamiento positiva.	38
Figura 3. Funcionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico.	39
Figura 4. Celular solar obteniendo electricidad del sol.	43
Figura 5. Panel solar monocristalino y policristalino.	46
Figura 6. Piranómetro.	47
Figura 7. Heliógrafo.....	48
Figura 8. Goniómetro.....	49
Figura 9. Brújula.	49
Figura 10. Inclínometro.	50
Figura 11. Mapa de ubicación de la zona de estudio.	51
Figura 12. Comparación de fuentes de energía.....	61
Figura 13. Radiación solar en el departamento de Puno.....	63
Figura 14. Mapa nacional de energía solar incidente promedio anual.	64
Figura 15. Vista del lago Umayo.	69
Figura 16. Imagen satelital del distrito de Atuncolla.....	70
Figura 17. Bomba sumergible Lorentz	77
Figura 18. Curva Q/Potencia de una bomba Lorentz.....	78
Figura 19. Rendimiento por mes promedio	78
Figura 20. Rendimiento diario promedio.....	78
Figura 21. Arreglo de los paneles fotovoltaicos.	82
Figura 22. Demanda de agua.	83
Figura 23. Valor de beneficios por mayor disponibilidad del servicio de antiguos usuarios.	85



Figura 24. Valor de recurso liberado por familia.....	92
Figura 25. Vista del sistema de agua potable anterior	106
Figura 26. Vista de la ubicación del reservorio	106
Figura 27. Vista de la zona urbana de Atuncolla	106
Figura 28. Vista de laguna de Umayo.....	107
Figura 29. Vista del panel solar	107
Figura 30. Vista de la caseta de bombeo	107



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

EIA	: Evaluación de Impacto Ambiental
GIRH	: Gestión Integrada del Recurso Hídrico
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAM	: Ministerio del Ambiente
ONG	: Organismos no Gubernamentales
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	: Sistema de Información Geográfica
UNAP	: Universidad Nacional del Altiplano Puno



RESUMEN

El propósito de este estudio fue encontrar una solución eficiente y rentable para abastecer de agua potable al distrito de Atuncolla, que consta de 1177 habitantes y enfrenta el desafío de tener sus fuentes de agua a una altitud considerablemente inferior a la de las viviendas. Esto requiere el uso de energía para elevar el agua a un nivel adecuado, y se consideraron dos alternativas: un sistema de bombeo convencional eléctrico y la tecnología solar fotovoltaica. Para determinar la opción más adecuada, se llevaron a cabo varios pasos. En primer lugar, se recopiló información sobre la energía solar disponible. En segundo lugar, se realizó un análisis de rentabilidad a lo largo de un período de 20 años, calculando los costos de inversión, que incluyen insumos, materiales, equipos y mano de obra, así como los costos de mantenimiento y operación, que abarcan reparaciones, repuestos, tarifas eléctricas y mantenimiento general. Los resultados revelaron que el sistema de bombeo solar fotovoltaico es funcional y más rentable en comparación con el sistema eléctrico convencional. Por lo tanto, se concluyó que la implementación del sistema solar fotovoltaico es la opción preferible para abastecer de agua potable a la comunidad de Atuncolla.

Palabras clave: fotovoltaico, funcionalidad, rentabilidad y sistema de bombeo.



ABSTRACT

The purpose of this study was to find an efficient and profitable solution to supply drinking water to the Atuncolla district, which consists of 1177 inhabitants and faces the challenge of having its water sources at an altitude considerably lower than that of the homes. This requires the use of energy to raise the water to a suitable level, and two alternatives were considered: a conventional electric pumping system and solar photovoltaic technology. To determine the most suitable option, several steps were carried out. First, information on available solar energy was collected. Secondly, a profitability analysis was carried out over a period of 20 years, calculating investment costs, which include supplies, materials, equipment and labor, as well as maintenance and operation costs, which include repairs, spare parts, electricity rates and general maintenance. The results revealed that the solar photovoltaic pumping system is functional and more cost-effective compared to the conventional electrical system. Therefore, it was concluded that the implementation of the solar photovoltaic system is the preferable option to supply drinking water to the community of Atuncolla.

Keywords: photovoltaic, functionality, profitability and pumping system.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La provisión de agua potable es un componente esencial de la vida moderna y un derecho humano fundamental (ONU, 2010). A pesar de este reconocimiento universal, millones de personas en todo el mundo, especialmente en áreas rurales de países en desarrollo, continúan enfrentando desafíos significativos para acceder a agua potable segura y asequible. En este contexto, el distrito de Atuncolla, ubicado en la región de Puno, Perú, no es una excepción. Aunque la zona es rica en recursos hídricos naturales, el acceso a agua potable de calidad es limitado, lo que ha generado problemas de salud pública y calidad de vida para sus habitantes.

El propósito principal de esta investigación es evaluar las condiciones de instalación de un sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos como una solución viable y sostenible para el abastecimiento de agua potable en el distrito de Atuncolla. Esta solución representa una respuesta innovadora a un problema persistente que ha afectado a comunidades rurales en todo el mundo. El presente estudio aborda aspectos técnicos, económicos y ambientales para determinar la viabilidad y los beneficios potenciales de esta alternativa.

La electrificación ha sido de difícil implementar en nuestras comunidades rurales, más aún en zonas de difícil acceso, inclusive en aquellas que se ha logrado electrificar pudiéndose hacer uso del mismo para bombear agua con electricidad (Batista, 2012), en la práctica se ha constatado que estos sistemas que funcionan con electricidad no son sustentables con la economía que posee la población, ya que tienen que abonar



mensualmente el consumo de electricidad para poder bombear agua hacia el reservorio (Llanqui, 2013).

En la región de Puno, los sistemas que se instalaron sistemas de bombeo eléctrico en zonas rurales, se pueden considerar como una mala inversión en vista que la mayoría de esos proyectos no funcionan a la actualidad, que a la fecha estaban desconectados de Electro Puno y no cumplían para lo que fueron construidos.

Por otro lado, la energía solar como nueva alternativa a la energía eléctrica convencional va posicionándose cada vez más accesible para implementarse en proyectos de agua potable debido al avance de la tecnología; asimismo el Perú cuenta con un gran potencial energético (Volpi et al., 2006) afirma que:

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano (Bellezoni et al., 2018). En la mayor parte de Perú, la disponibilidad de energía solar es muy alta en comparación con otros países y bastante estable durante todo el año, lo que hace que su uso sea atractivo. En general, se dispone de un promedio de 4-5 kWh/m²-día por año en la costa y selva, y de 5-6 kWh/m²-día de norte a sur.

Los costos de implementación Cruz and Núñez (2014) afirma que “en los últimos años, a medida que el costo de los sistemas fotovoltaicos ha disminuido, estos sistemas se han vuelto más accesibles y brindan una solución alternativa para muchos lugares que enfrentan escasez de energía”.

Considerando las experiencias ya desarrolladas (Medina, 2019), estos pueden ser utilizados para aprovechar la energía solar en la localidad de Atuncolla. Sin embargo, no



está claro hasta qué punto la aplicación de esta metodología es posible y beneficiosa. Como tal, el estudio afirma al final del informe.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso limitado al agua potable en el distrito de Atuncolla, Puno, ha generado una serie de consecuencias adversas para la salud y el bienestar de la población local. A pesar de estar ubicado en una región con abundantes recursos hídricos naturales, la falta de infraestructura adecuada para el abastecimiento de agua potable y la dependencia de fuentes de energía convencionales para los sistemas de bombeo han exacerbado esta problemática. Los sistemas de agua potable en muchas áreas rurales de Perú se basan en motores eléctricos, lo que a menudo resulta en cortes de energía y una dependencia costosa de combustibles fósiles para su funcionamiento (MINAM, 2019).

Además, la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable convencionales a eventos climáticos extremos y la degradación de los recursos hídricos naturales han aumentado la incertidumbre en la disponibilidad de agua potable (IPCC, 2021). Estos problemas se agravan por la falta de recursos financieros para mantener y expandir la infraestructura de abastecimiento de agua en las áreas rurales (INEI, 2020).

El aumento de la demanda de energía está directamente relacionado con el crecimiento de la población, la urbanización y el desarrollo industrial, lo que hace necesario el uso de fuentes renovables de las condiciones ambientales, como la velocidad del viento y la irradiación solar, según lo encontrado por Krishna and Kumar (2015).

El previsible agotamiento de las fuentes primarias fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural, además de los impactos que su uso provoca en el medio ambiente, hace necesaria la búsqueda de nuevas soluciones energéticas. Entre las alternativas



posibles hoy en día, las fuentes renovables surgen como las principales opciones, porque tienen baja emisión de contaminantes en comparación con las fuentes fósiles (Moreira, 2018).

Así, las fuentes de energía renovable, especialmente la eólica, la solar y la biomasa, se presentan hoy como alternativas concretas para conciliar la satisfacción de las demandas energéticas a largo plazo con las medidas medioambientales necesarias para controlar la emisión de gases de efecto invernadero (Materazzi & Foscolo, 2019; Shahsavari & Akbari, 2018). Sin embargo, es necesario superar los retos económicos, operativos y también ambientales para que estas fuentes hayan aumentado, de manera integral y definitiva, su participación en las matrices energéticas (Solangi et al., 2019).

Entre estos retos, el mayor coste de generación en relación con el de las fuentes fósiles sigue presentándose como la mayor barrera para el aumento de la participación de las renovables, aunque, como observan Shayani et al. (2006), cuando se consideran todos los aspectos asociados al proceso de producción, la simplicidad de estas fuentes permite reducir los costes de generación.

En el escenario global, son cada vez más frecuentes las acciones de incentivo para una mayor aplicación de las fuentes renovables, a través de condiciones más atractivas para la financiación de nuevas instalaciones, o para el desarrollo de cadenas productivas asociadas a estas fuentes. También se ha producido un mayor desarrollo de las tecnologías de generación, a través de la investigación destinada a aumentar la eficiencia en la transformación de la radiación solar en electricidad, que se ha llevado a cabo con un éxito constante y creciente.



A partir de las nuevas técnicas de fabricación y construcción, los generadores basados en estas fuentes renovables van ganando más cuota de mercado y, por tanto, permiten reducir el coste de producción y aumentar la escala de producción (Moreira, 2018). Como lo verifica la EPE (2012), la curva de aprendizaje de la industria en el mundo está evolucionando y los costos asociados han presentado disminuciones significativas.

Los sistemas híbridos han surgido debido a las condiciones demográficas, geográficas o económicas de ciertas regiones del mundo, que limitan el suministro de electricidad de las redes nacionales interconectadas. El Sistema Híbrido Fotovoltaico Eólico de Baja Potencia es una instalación pequeña y eficiente, tiene un alto rendimiento porque sus "combustibles" son abundantes y gratuitos, obteniendo una energía limpia y ecológica.

En el aspecto medioambiental, los procesos de transformación utilizados para el uso final de las energías renovables también provocan impactos, ya sean los derivados, por ejemplo, de las inundaciones provocadas por la formación de los embalses de las grandes centrales hidroeléctricas, con las consiguientes emisiones de CO₂, el vertido de las pilas, o incluso la competencia por las tierras agrícolas, entre los bosques de biomasa para la energía y otros cultivos destinados a la alimentación.

Además de los aspectos económicos y medioambientales mencionados, el reto operativo también se presenta como relevante, junto con la reducción del coste de generación. Es, en el aspecto operacional, el desafío de conciliar la imprevisibilidad de la generación, debida principalmente a la intermitencia natural de las fuentes primarias eólica y solar, que provocan inestabilidad para atender las cargas eléctricas y, consecuentemente, imponen la necesidad de la existencia de: (i) otras fuentes de



generación con características de respuesta rápida; o (ii) la imposición de límites a la participación de las fuentes intermitentes a una cantidad total, cuya variación pueda ser compensada por otras fuentes.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la localidad de Atuncolla, el acceso confiable al suministro de agua potable es esencial para garantizar la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, esta comunidad enfrenta desafíos significativos relacionados con la disponibilidad de energía eléctrica y la demanda creciente de agua. En este contexto, surge la siguiente interrogante central: ¿Cuáles son las condiciones de instalación de sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos para el abastecimiento de agua potable en el distrito de Atuncolla, Puno, y cómo podrían mejorarse para garantizar un acceso sostenible y eficiente al agua potable en esta región?

Esta pregunta general se desglosa en los siguientes aspectos:

¿Qué beneficios económicos se derivarían de la implementación de un sistema de bombeo de agua potable con paneles fotovoltaicos en comparación con un sistema eléctrico convencional en el distrito de Atuncolla?

¿Cuál sería el impacto de la adopción de un sistema de bombeo con energía solar en el distrito de Atuncolla en términos de acceso al agua potable?

Estos cuestionamientos fundamentales guiarán la investigación para evaluar las condiciones de instalación, viabilidad técnica y económica, así como los posibles beneficios y desafíos asociados con la implementación de un sistema de bombeo de agua



potable alimentado por energía solar en el distrito de Atuncolla, proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas y mejorar la calidad de vida de la comunidad.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La evaluación de las condiciones de instalación del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos en el distrito de Atuncolla, Puno, respaldará la viabilidad de su implementación y demostrará que este sistema puede mejorar significativamente el acceso sostenible y eficiente al agua potable.

1.3.2. Hipótesis específicas

El sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos ofrece una reducción significativa en los costos operativos en comparación con sistemas convencionales alimentados por electricidad de la red.

Los gastos de mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del sistema de bombeo solar fotovoltaico son inferiores en comparación con un sistema eléctrico convencional, lo que contribuye a una mayor rentabilidad a largo plazo

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El distrito de Atuncolla padece del 61.7 % de pobreza según el INEI (2020) tomado en el año 2020, además según la misma institución en el año 2020 el acceso de agua potable solo era de 4368 habitantes de un total de 5333 habitantes.



En el caso de Atuncolla, la situación es aún más desafiante, ya que 965 habitantes en esta localidad carecen de acceso al suministro eléctrico y tampoco tienen acceso a agua potable. Además, la única fuente de agua disponible en este distrito es la laguna Umayo.

La justificación de esta investigación se fundamenta en la necesidad apremiante de abordar el acceso limitado al agua potable en el distrito de Atuncolla, Puno, y de la búsqueda de soluciones sostenibles y económicamente viables. Esta justificación se respalda con evidencia y argumentos sólidos:

Necesidad humana fundamental: El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental (ONU, 2010), y esta investigación busca contribuir a la satisfacción de esta necesidad básica en el distrito de Atuncolla.

Sostenibilidad y eficiencia energética: La utilización de energía solar fotovoltaica para el bombeo de agua es una alternativa sostenible que puede reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y disminuir la huella de carbono (IPCC, 2021).

Beneficios económicos: Se espera que los resultados de esta investigación proporcionen información valiosa sobre la viabilidad económica de los sistemas de bombeo con paneles fotovoltaicos, lo que podría influir en futuras inversiones y políticas públicas (MINAM, 2019).

Contribución al conocimiento: Esta investigación puede agregar conocimiento significativo al campo de la energía renovable y el abastecimiento de agua potable en áreas rurales, y servir como referencia para investigaciones futuras.

En resumen, esta investigación se justifica en virtud de la urgente necesidad de abordar el acceso limitado al agua potable en el distrito de Atuncolla, Puno, y de la



búsqueda de soluciones sostenibles y económicamente viables que mejoren la calidad de vida de sus habitantes y promuevan el uso de fuentes de energía limpias y sostenibles.

Las declaraciones previas indican la posibilidad de considerar dos enfoques para abordar la demanda de agua potable en la zona: uno basado en un sistema de bombeo eléctrico convencional y otro en un sistema de bombeo fotovoltaico. Sin embargo, la viabilidad de la segunda opción depende de la cantidad de radiación solar aprovechable en la región donde se aplicará el sistema. Este factor es fundamental para determinar las dimensiones del sistema y, en última instancia, sus costos asociados tanto en términos de inversión inicial como de mantenimiento a largo plazo.

En la actualidad en proyectos similares se toma como valor de radiación los valores de 4.5 kwh/m² a 5.0 kwh/m² publicadas por el SENAMHI (2003), por último, recurren a los valores de la NASA, por ello conocer la radiación solar por mes en nuestra región permite un mejor dimensionamiento del sistema y mejor aún si los datos son diarios – horarios, el cual muestra de manera correcta la variación real de la radiación solar.

Los beneficios inmediatos de esta investigación son la posibilidad de proporcionar acceso al agua potable al distrito de Atuncolla. Además, esta tesis se convertirá en una guía metodológica valiosa para la evaluación de condiciones de sistemas de abastecimiento de agua que utilizan energía solar como fuente principal. Por último, los resultados que obtengamos al evaluar la relación costo-beneficio en comparación con otras tecnologías nos brindarán información esencial para tomar decisiones más informadas sobre el tipo de sistema de bombeo más adecuado a implementar. Esto no



solo beneficiará al distrito, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible y al uso eficiente de recursos energéticos en la región de Puno.

1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Evaluar las condiciones y viabilidad de la instalación del sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica para abastecimiento de agua potable en el distrito de Atuncolla.

1.5.2. Objetivos específicos

Determinar la idoneidad geográfica, climática y topográfica de Atuncolla para la instalación de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica, considerando factores como radiación solar, altitud y características del terreno.

Verificar la viabilidad económica y confiabilidad del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos durante la etapa de operación, analizando costos asociados, eficiencia energética y tasa de disponibilidad.

Comparar la rentabilidad; es decir los costos de construcción, operación y mantenimiento para un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable respecto a un sistema eléctrico convencional.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Al respecto, se han realizados estudios y muchos proyectos acerca del abastecimiento de agua potable con sistemas solares o estudios similares, además se tiene estudio relacionados con la valoración del recurso hídrico a nivel local y/o regional que se detallan a continuación:

2.1.1. A nivel internacional

A nivel internacional se tiene el estudio realizado por Cerrolaza (2017), denominado estudio y análisis de sistemas de bombeo fotovoltaico en comunidades rurales de Nicaragua. El lugar de estudio que muestra problemas de muchos seres humanos, el acceso seguro al servicio de agua potable de calidad. El estudio se sitúa en el marco de la cooperación internacional, específicamente en el objetivo N° 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: garantizar el acceso a agua limpia y saneamiento. Finalmente se realizó experiencia e implementación con sistemas solares el bombeo de agua para tener el servicio de agua potable para las comunidades rurales de Nicaragua.

Se tiene el estudio de Zilli (2018), denominado sistema autónomo de bombeo de agua alimentado por paneles fotovoltaicos amorfos y policristalinos, desarrollado en Brasil. El estudio consideró como los sistemas de bombeo son una solución alternativa para estos casos, siendo la generación eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos una opción localmente libre de contaminantes y con menor mantenimiento en comparación con los motores de generación por combustión.



Como resultado analizó el volumen bombeado en el período establecido, el caudal en función de la irradiación y la energía consumida, el comportamiento de las energías disponibles y consumidas, así como la temperatura del panel sobre la eficiencia. Finalmente concluye que un mayor flujo y eficiencia global en el sistema policristalino.

La investigación desarrollada por Mena, (2016) titulada diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia el Rosario del Cantón, San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua, considera como objetivo principal diseñar la red de distribución de agua potable para la parroquia el Rosario del Cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua, aplicándose la metodología: experimental obteniendo como resultado: El anteproyecto del sistema de distribución de agua potable ha sido completamente diseñado desde el pico del tanque repartidor de manera que resulte al 100% durante toda su vida útil, además se ha realizado una zonificación del sistema considerando las mallas de la red del sector a servir.

Lara (2007) realizó el diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles fotovoltaicos, para la zona de Buchupureo, la cual es una localidad rural ubicada hacia la costa de la ciudad de Chillán, en la Octava Región del país. Con el objetivo de diseñar un sistema de riego por goteo, mediante paneles solares para el riego de tomates, en una parcela de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de hectárea. Determinándose la evapotranspiración del cultivo el tipo del suelo del lugar para determinar la cantidad de agua que requirió en dicha zona. Finalmente se estimó el costo que requirió la instalación de dicho sistema.



2.1.2. A nivel nacional

A nivel nacional, se puede destacar el estudio realizado por Diaz (2016). Este estudio se centró en el proyecto de inversión social para mejorar el suministro de agua potable en el caserío de Huaca Bandera, ubicado en el distrito de Pacora, provincia de Lambayeque. El enfoque principal de esta investigación fue evaluar la viabilidad de implementar un sistema de bombeo solar para abastecer de agua a la comunidad. Para llevar a cabo este estudio, se realizó un exhaustivo diagnóstico de la situación actual en el caserío, con el objetivo de comprender las condiciones de vida de los residentes y las necesidades existentes. Además, se determinó la demanda de agua requerida para cubrir las necesidades de la población a través de un estudio de campo y la recopilación de datos mediante encuestas. El dimensionamiento del sistema de bombeo solar fue uno de los resultados clave de la investigación. Se determinó que sería necesario utilizar una motobomba con una potencia de 15 HP, junto con la instalación de paneles solares con una capacidad total de 1 kW para aprovechar la energía solar disponible en la zona. El estudio concluyó que este proyecto tenía un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 12,574.60, lo que lo posicionaba como una inversión rentable. Además, se espera que este proyecto beneficie significativamente a los habitantes del caserío de Huaca Bandera al mejorar el acceso al agua potable.

El estudio llevado a cabo por Luza (2018) se enfocó en una propuesta innovadora para el abastecimiento de agua subterránea en la zona agrícola de Carmen Alto, ubicada en la ciudad de Arequipa. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar las posibilidades de extracción de agua subterránea mediante un sistema de bombeo convencional, al tiempo que se exploraba una



alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente: el uso de un sistema de bombeo alimentado por energía solar a través de paneles solares. Este estudio no solo se centró en la extracción de agua subterránea, sino que también consideró cuidadosamente el impacto ambiental y la mejora de la calidad de vida de la población rural. La propuesta de utilizar energía renovable, en este caso, paneles solares, se alinea con la creciente conciencia ambiental y la necesidad de reducir la huella ecológica de las actividades humanas. La investigación de Luza (2018) representa un paso importante hacia la búsqueda de soluciones sostenibles para el abastecimiento de agua en zonas rurales, al tiempo que destaca la importancia de considerar alternativas ecológicas en proyectos relacionados con recursos naturales.

2.2.3. A nivel regional

A nivel local, se cuenta con un estudio significativo llevado a cabo por Llanqui (2013). Este estudio se titula "Análisis Comparativo de las Opciones de Bombeo de Agua Utilizando Energía Solar y Energía Diésel en las Comunidades de Sancayuni y Villa Orinojon, Isla Amantani". En esta investigación, Llanqui no solo examinó exhaustivamente los estudios previos relacionados con el bombeo de agua en estas comunidades, sino que también realizó una evaluación detallada de las distintas alternativas disponibles. El análisis comprendió la identificación de las ventajas y desventajas inherentes a cada opción, incluyendo aspectos técnicos, ambientales y económicos. Específicamente, se efectuó un análisis económico minucioso que consideró el costo de implementación, operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de los sistemas de bombeo en cuestión. El propósito fundamental de este estudio fue orientar la toma de decisiones en cuanto



a la selección de la alternativa más idónea para abordar las necesidades de suministro de agua en la zona de estudio, con el objetivo de optimizar tanto la disponibilidad del recurso como la sostenibilidad económica y ambiental de la comunidad.

El estudio llevado a cabo por Condori (2015), titulado "Análisis de la Sostenibilidad del Servicio de Agua Potable en Atuncolla", tuvo como principal objetivo realizar una evaluación exhaustiva de la calidad y sostenibilidad del servicio de suministro de agua potable en la localidad de Atuncolla. Esta investigación se propuso examinar la calidad actual del servicio de agua potable y, de manera igualmente crucial, determinar el nivel de sostenibilidad del sistema que lo respalda en Atuncolla. Los resultados de este estudio revelaron una situación que plantea desafíos significativos: la calidad del servicio de agua potable en Atuncolla no es sostenible en su conjunto. Los hallazgos críticos de este análisis destacaron que la infraestructura de suministro de agua enfrenta un grado preocupante de deterioro, alcanzando un 65% de su capacidad original. A pesar de que la cobertura del servicio llega al 95% de las viviendas en la localidad, la continuidad y la cantidad de agua que se ofrece se encuentran en un estado crítico, con una continuidad de apenas el 6% (equivalente a 1.5 horas al día). Estos resultados resaltan la necesidad inmediata de abordar los problemas de infraestructura y gestión para garantizar un servicio de agua potable más confiable y sostenible en Atuncolla.

El estudio realizado por Choque (2018), denominado evaluación del uso de energía solar fotovoltaica-eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un centro poblado rural – Ilave. Como resultados se



tiene la radiación solar promedio anual de 6.94 kWh/m²/día y la velocidad del viento promedio anual de 3.01 m/s; con dichos estudios analiza que con la energía generada por el panel fotovoltaico (4750 Wh/día), y la generación eólica no es viable en esta zona. Los resultados derivados de las evaluaciones realizadas en este estudio, tanto desde una perspectiva técnica como económica, indican claramente que la opción preferida para proporcionar un suministro de agua potable a una parte de Fharata Copani es la implementación de un sistema de bombeo alimentado por energía solar. Esta elección se fundamenta en que el uso de energía solar simplifica considerablemente las tareas de operación y mantenimiento en comparación con el sistema convencional alternativo, y además, implica costos de mantenimiento a lo largo de su vida útil significativamente más bajos.

El estudio de Medina (2019), se enfocó en encontrar una solución eficiente y económica para el suministro de agua potable en Chaupi Sahuacasi, una comunidad de 107 viviendas en la provincia de Azángaro, Puno. Dado que las fuentes de agua se ubicaban a una elevación significativamente inferior a las viviendas, era necesario emplear energía para elevar el agua. Para determinar la mejor opción, se evaluó la viabilidad y rentabilidad tanto de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica como de uno convencional con energía eléctrica. Se recopiló datos sobre la disponibilidad de energía solar durante un período de 4 años y medio, lo que permitió el diseño de un sistema de bombeo solar fotovoltaico teniendo en cuenta el mes más crítico del año 2014. Se calculó la rentabilidad de ambas alternativas a lo largo de un período de 20 años, considerando los costos de inversión (materiales, equipos, mano de obra, etc.) y los costos de operación y mantenimiento (reparaciones, recambios, tarifas



eléctricas, limpieza, etc.). Como resultado, se concluyó que el sistema de bombeo solar fotovoltaico no solo es funcional, sino también más rentable que el sistema eléctrico convencional.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Sistemas de bombeo con energía solar

Los sistemas de bombeo con energía solar son una aplicación importante de la tecnología fotovoltaica. Según Martínez (2020), estos sistemas utilizan paneles solares para alimentar bombas de agua que extraen agua de fuentes subterráneas o superficiales. La energía solar se almacena en baterías para garantizar el funcionamiento continuo incluso en condiciones de poca luz solar.

2.2.2. Abastecimiento de agua potable

El abastecimiento de agua potable es esencial para la salud y el bienestar de las comunidades. Según García (2018), se refiere a la provisión de agua limpia y segura para consumo humano y otros usos domésticos. El acceso confiable al agua potable es un objetivo clave para mejorar la calidad de vida de la población.

En el año 2018, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) emitió la Fuente: Adaptado de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018), la cual aprobó la normativa técnica que establece las opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en áreas rurales. Consecuentemente, la planificación y diseño de sistemas de suministro de agua potable y saneamiento destinados a poblaciones rurales deben seguir las pautas establecidas por esta norma, que actúa como un referente fundamental.

El período de diseño se corresponde con la duración estimada en la cual los componentes del sistema de suministro de agua potable funcionarán correctamente. Los períodos máximos son los siguientes:

Tabla 1. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria

Estructura	Periodo de Diseño
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

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

La estimación de la población de diseño o futura puede llevarse a cabo utilizando diversos enfoques, como el método aritmético, geométrico, exponencial, curva logística, entre otros. La elección del método a aplicar dependerá de las particularidades socioeconómicas y ambientales de la población. En este contexto, la Resolución Ministerial No 192 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) en 2018 recomienda emplear el método aritmético como enfoque preferido para llevar a cabo esta estimación.

$$Pd = Po * \left(1 + \frac{r * T}{100}\right)$$

Donde:

Po : Población inicial (habitantes)

Pd : Población futura o de diseño (habitantes)



R : Tasa de crecimiento anual (%)

T : Período de diseño (años).

La dotación se refiere al volumen de consumo de agua por parte de una vivienda en un día determinado. La Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA (2018) aborda la cuestión de la dotación y la divide en función de dos factores clave: la opción tecnológica utilizada para el manejo de excretas y la región en la que se aplicará.

Esta división estratégica tiene en cuenta la variabilidad en los patrones de consumo de agua, ya que tanto la tecnología empleada para el tratamiento de desechos como las condiciones regionales pueden influir significativamente en la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades básicas de una vivienda. Por lo tanto, esta normativa proporciona una estructura que permite adaptar la dotación de manera precisa a las condiciones locales y al tipo de sistema de saneamiento implementado.

Tabla 2. Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab*d)

Región	Sin arrastre	Con arrastre hidráulico
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Adaptado de la Resolución Ministerial N.° 192-2018-VIVIENDA (2018)

El consumo de agua experimenta variaciones a lo largo de los días a lo largo de un año, y, por lo tanto, es crucial calcular un promedio para determinar las dimensiones adecuadas de los componentes de un sistema de suministro de



agua potable. Con este fin, la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018), emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) en 2018 establece una serie de pautas:

Esta normativa establece un enfoque fundamental para el cálculo de los promedios de consumo de agua, considerando las particularidades regionales, las estaciones del año y otros factores que pueden influir en los patrones de uso del recurso hídrico. Además, proporciona directrices específicas para el dimensionamiento de los componentes del sistema de agua potable, lo que garantiza que se satisfagan las necesidades de la población de manera eficiente y sostenible a lo largo del tiempo. En resumen, esta normativa es esencial para garantizar la planificación adecuada y el funcionamiento óptimo de los sistemas de suministro de agua potable en diversas ubicaciones y condiciones.

$$Qp = \left(\frac{Dot * Pf}{86400} \right)$$

$$Qmd = 1.3 * Qp$$

$$Qmh = 2.0 * Qp$$

Donde:

Qp : Caudal promedio diario anual en l/s

Qmd : Caudal máximo diario en l/s

Qmh : Caudal máximo horario en l/s

Dot : Dotación en l/hab*d

Pd : Población de diseño en habitantes (hab).



Estaciones de bombeo (agua potable)

De acuerdo con la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018), emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) en 2018, se aconseja la implementación de un periodo de bombeo de 8 horas al día para la distribución de agua. Estas 8 horas se programan estratégicamente durante el día, seleccionando el horario que ofrezca las ventajas más significativas en términos de eficiencia y disponibilidad del recurso hídrico.

Sin embargo, en situaciones excepcionales, se permite la adopción de un periodo de bombeo más prolongado, pero con un límite máximo de 12 horas. Esta flexibilidad se introduce para abordar circunstancias especiales en las que se requiera un suministro de agua más extenso o en áreas con demandas particulares.

Esta recomendación tiene como objetivo garantizar un equilibrio entre la provisión adecuada de agua y la eficiencia energética en el funcionamiento del sistema de suministro de agua potable, adaptándose a las necesidades específicas de cada ubicación y contexto particular. En última instancia, busca asegurar un acceso sostenible y eficaz al agua potable para la población.

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

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 según la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA (2018); es el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Así se define:

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

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

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 : Pérdida de carga (totales)

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

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

Condiciones de instalación

Las condiciones de instalación de sistemas de bombeo con paneles fotovoltaicos son fundamentales para su eficacia y sostenibilidad. Según López (2017), estas condiciones incluyen la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles solares, la disponibilidad de agua y la elección de equipos adecuados. Una instalación adecuada garantiza el máximo rendimiento del sistema.



Evaluación de sistemas de bombeo con energía solar

La evaluación de sistemas de bombeo con energía solar implica analizar diversos aspectos técnicos, económicos y ambientales. Deambi (2016) señala que se evalúan parámetros como la eficiencia del sistema, los costos de inversión y operación, la rentabilidad a largo plazo y el impacto ambiental. Esta evaluación es esencial para determinar la viabilidad y eficacia de la tecnología en una ubicación específica.

Bombeo de agua

El bombeo de agua es un proceso fundamental en la extracción y distribución de agua (R. Kumar et al., 2023). Puede llevarse a cabo mediante diversos tipos de sistemas que varían en su principio de funcionamiento y aplicaciones (Haq, 2021).

2.2.3. Tipos de bombeo

Existen diversos tipos de sistemas de bombeo, como bombas centrífugas y bombas de desplazamiento positivo. (Spellman, 2016). Cada tipo tiene aplicaciones específicas y se elige según las condiciones del sitio y los requisitos de bombeo (Zu, 2018).

- a) Bombas centrífugas. - Tienen un dispositivo impulsor que, gracias a la fuerza centrífuga generada por su alta velocidad, arrastra el agua a lo largo de su eje y la expulsa de manera radial. Estas bombas pueden ser utilizadas tanto bajo el agua como en la superficie, y tienen la capacidad de bombear agua a alturas de

hasta 60 metros o más, dependiendo del tipo y cantidad de estos dispositivos impulsadores. Están diseñadas específicamente para funcionar eficientemente en un rango estrecho de condiciones de carga dinámica total, y la cantidad de agua bombeada aumenta a medida que aumenta su velocidad de rotación. Las bombas de succión superficial se colocan a nivel del suelo, lo que les brinda la ventaja de ser fácilmente inspeccionables y mantenibles. Sin embargo, tienen la limitación de que su desempeño disminuye si la profundidad desde la que succionan el agua supera los 8 metros.

Existe una amplia gama de bombas centrífugas sumergibles. Algunas de estas bombas cuentan con el motor directamente conectado a los dispositivos impulsadores y se sumergen por completo en el líquido. Otras, por otro lado, tienen el motor ubicado en la superficie, mientras que los dispositivos impulsadores permanecen completamente sumergidos y conectados mediante un eje. Por lo general, las bombas centrífugas sumergibles están equipadas con varios dispositivos impulsadores, lo que les otorga el nombre de "bombas de paso múltiple".



Figura 1. Bomba centrífuga superficial y sumergible.

b) Bombas de desplazamiento positivo. - Las bombas de desplazamiento positivo o bombas volumétrica, son apropiadas para bombear volúmenes bajos de líquido y/o en situaciones en las que la profundidad es considerable. Algunas de estas bombas emplean un cilindro y un pistón para desplazar paquetes de agua a través de una cámara hermética, mientras que otras utilizan un pistón junto con diafragmas. En cada ciclo, una pequeña cantidad de líquido es desplazada hacia arriba. La tasa de flujo está directamente relacionada con el volumen de agua movido, lo que resulta en un rendimiento eficiente en una amplia gama de condiciones de carga dinámica. Cuando la radiación solar aumenta, también lo hace la velocidad del motor, lo que, a su vez, incrementa el caudal de agua bombeada.



Figura 2. Bomba de desplazamiento positiva.

2.2.4. Funcionamiento de un sistema de bombeo con panel fotovoltaico

El funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico es bastante simple. Los paneles solares, ubicados bajo la luz solar, convierten la energía

lumínica en electricidad que se utiliza para alimentar la bomba encargada de extraer agua del subsuelo.

Cuando los paneles alimentan directamente la bomba, se produce una variación en el flujo de agua bombeada que está relacionada con los cambios en la intensidad de la radiación solar a lo largo del día. En las primeras horas, el caudal de agua es reducido y aumenta gradualmente a medida que nos acercamos al punto máximo de radiación solar durante las horas centrales del día. Posteriormente, el flujo de agua comienza a disminuir nuevamente hasta llegar a cero al atardecer.



Figura 3. Funcionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico.

2.2.5. Beneficios de sistemas de bombeo solar

Los sistemas de bombeo con energía solar ofrecen una serie de ventajas. Haq (2021) destaca que estos sistemas son sostenibles, ya que utilizan una fuente de energía renovable y reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.



Además, proporcionan acceso confiable al agua potable en áreas remotas donde no hay acceso a la red eléctrica.

En general, las bombas solares son una tecnología emergente que ofrece una serie de ventajas sobre las bombas convencionales. Estas ventajas hacen de las bombas solares una opción atractiva para una amplia gama de aplicaciones.

A continuación, se describen con más detalle algunas de las ventajas del uso de las bombas solares:

- a) **Sostenibilidad:** Las bombas solares son una fuente de energía renovable y sostenible, lo que las convierte en una opción más respetuosa con el medio ambiente que las bombas convencionales. Las bombas solares no emiten gases de efecto invernadero ni otros contaminantes, lo que ayuda a reducir el impacto ambiental.
- b) **Ahorro económico:** Las bombas solares no requieren combustible para funcionar, lo que las convierte en una opción más económica a largo plazo que las bombas convencionales. Además, las bombas solares son relativamente sencillas de mantener, lo que reduce los costes de operación.
- c) **Facilidad de instalación y mantenimiento:** Las bombas solares son relativamente sencillas de instalar y mantener, lo que las hace una opción atractiva para zonas remotas o rurales. Esto se debe a que las bombas solares no requieren conectarse a la red eléctrica, lo que reduce la complejidad de la instalación.



- d) Ahorro en la factura de la luz: Las bombas solares pueden ayudar a reducir los costes de la factura de la luz, ya que no requieren combustible para funcionar. Esto puede ser una ventaja importante para los agricultores y otras empresas que utilizan bombas para irrigar o bombear agua.
- e) Aplicaciones: Las bombas solares se pueden utilizar en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo riego agrícola, abastecimiento de agua potable, control de inundaciones y generación de energía. Esto las convierte en una opción versátil y adaptable a una variedad de necesidades.

2.2.6. Desafíos y barreras

A pesar de sus beneficios, la implementación de sistemas de bombeo solar enfrenta desafíos y barreras (Kumar & Prajapati, 2023). Según Zu (2018) señala que algunos de estos desafíos incluyen los altos costos iniciales de inversión, la necesidad de capacitación técnica, la disponibilidad intermitente de luz solar y los obstáculos regulatorios (Deambi, 2016).

2.2.7. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que convierte la radiación solar en electricidad utilizando células solares. Según A. Kumar et al. (2023), las células solares están compuestas por materiales semiconductores que generan una corriente eléctrica cuando son expuestos a la luz solar. Esta tecnología se ha convertido en una fuente de energía renovable ampliamente utilizada para diversas aplicaciones, incluido el bombeo de agua.



El Sol, que es la estrella central de nuestro sistema solar, opera como un reactor termonuclear y está mayoritariamente compuesto por helio e hidrógeno. En el proceso de sus reacciones nucleares, el hidrógeno se convierte en helio, y durante este proceso, se libera energía en forma de radiación electromagnética y calor. Aunque parece que el Sol "pierde" masa debido a estas reacciones, en realidad, la ley de conservación de la masa nos dice que la masa no se crea ni se destruye, solo se transforma en otras formas de energía, como la radiación electromagnética y la energía térmica. “El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5 500 °C, la radiación en el sol es 63 450 720 W/m²” (Cruz & Núñez, 2014).

Parte de la energía producida por el sol se pierde en su camino hacia la tierra, la energía presente en la atmosfera de la tierra proveniente del sol se le llama constante solar; esta tiene un valor de 1353 W/m², variable en $\pm 3\%$ debido a la forma elíptica de la órbita terrestre (Volpi et al., 2006)

Espectro solar

El sol emite radiación solar en cual está compuesta de ondas electromagnéticas diversas, los cuales solo ingresan a la superficie ondas con una determinada energía. Por ello se denomina “espectro solar es su descomposición en longitudes de onda o colores” (Volpi et al., 2006).

Según Deambi (2016), la irradiación extraterrestre tiene su distribución espectral compuesta por infrarrojo 51%, luz visible 40%, y ultravioleta 9%.

2.2.8. Paneles solares

Los paneles solares, o módulos fotovoltaicos, son dispositivos semiconductores que convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico (Dwivedi & Dwivedi, 2023). Están compuestos por células solares que generan una corriente eléctrica cuando son expuestas a la radiación solar (Volpi et al., 2006).

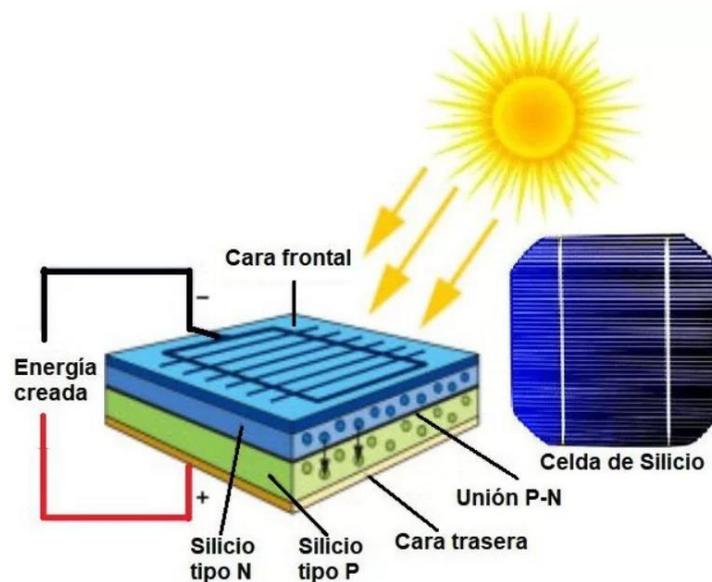


Figura 4. Celular solar obteniendo electricidad del sol.

2.2.9. Tipos de paneles solares

El principal material empleado para la construcción de los paneles solares es el silicio, el cual se presenta en diversas estructuras, que a su vez dan origen a una clasificación de varios tipos, como monocristalinos, policristalinos, etc. Cada tipo tiene características únicas en términos de eficiencia, costos y aplicaciones específicas (Al, 2023).

Tabla 3. Características de un panel solar monocristalino y policristalino.

Características	Paneles monocristalinos	Paneles policristalinos
Composición y Proceso de Fabricación de paneles solares	Los paneles monocristalinos están compuestos por una estructura de un solo cristal, generalmente hecha de silicio de alta pureza. El proceso de fabricación consiste en cortar lingotes cilíndricos de un gran bloque de silicio y luego cortarlos en finas obleas. Estas obleas tienen forma de cuadrados con esquinas redondeadas, lo que da como resultado la apariencia distintiva de las células solares monocristalinas.	Los paneles policristalinos, también conocidos como paneles multicristalinos, están hechos de los recortes de las células de silicio monocristalino. Estos recortes se funden para crear las peculiares células de silicio azuladas. La ventaja de estas células es que se pueden crear con la forma que se quiera, con lo cual, se forman cuadrados para aprovechar todo el espacio disponible en la superficie del panel solar.
Rendimiento de paneles solares	El rendimiento es superior si se tiene en cuenta solamente la célula de silicio. Pero cuando se prepara y fabrica un panel solar, el rendimiento global del panel es el mismo. La única diferencia radica en el menor tamaño del panel gracias a tener células solares con mayor rendimiento.	El rendimiento es inferior si se tiene en cuenta solamente la célula de silicio. Pero cuando se prepara y fabrica un panel solar, el rendimiento global del panel es el mismo. La única diferencia radica en el mayor tamaño del panel ya que necesita compensar el rendimiento mediante un tamaño del panel policristalino mayor, que el tamaño del panel monocristalino.
Eficiencia de paneles solares	15% - 22%	13% - 17%
Rentabilidad de paneles solares	El coste de fabricación de los paneles monocristalinos es mayor	El coste de fabricación de los paneles policristalinos es menor ya



	por lo que necesitan un poco más de tiempo para su amortización.	que no tienen la pureza de los paneles monocristalinos. Se amortizan más rápidamente en el coste global de una instalación solar.
--	--	---

Sensibilidad a la temperatura en los paneles solares	Los paneles monocristalinos tienen un coeficiente de temperatura más bajo, lo que significa que a mayores temperaturas, tiene una caída de eficiencia menor.	Los paneles policristalinos tienen un coeficiente de temperatura mayor, lo que se traduce en una mayor pérdida de eficiencia con temperaturas más elevadas.
---	--	---

Espacio que ocupan los paneles solares	El rendimiento mayor de las células monocristalinas permite que el tamaño global del panel sea menor y en consecuencia se necesite de menor estructura de aluminio, lo que se traduce en un menor coste en estructura.	El rendimiento menor de las células policristalinas provoca que el tamaño global del panel sea mayor y en consecuencia se necesite que la estructura de aluminio sea más grande, lo que se traduce actualmente en un coste global mayor de la instalación solar debido al precio caro del aluminio.
---	--	---

Color de los paneles solares	Los paneles monocristalinos tienen un color negro ya que se forma de células mono extraídas de lingotes de silicio puro.	Los paneles policristalinos son de color azulado por presentar este color sus células solares. Esto se produce por el tratamiento de fusión de los recortes de células mono en combinación con la capa anti reflejante que se aplica a las células solares.
-------------------------------------	--	---

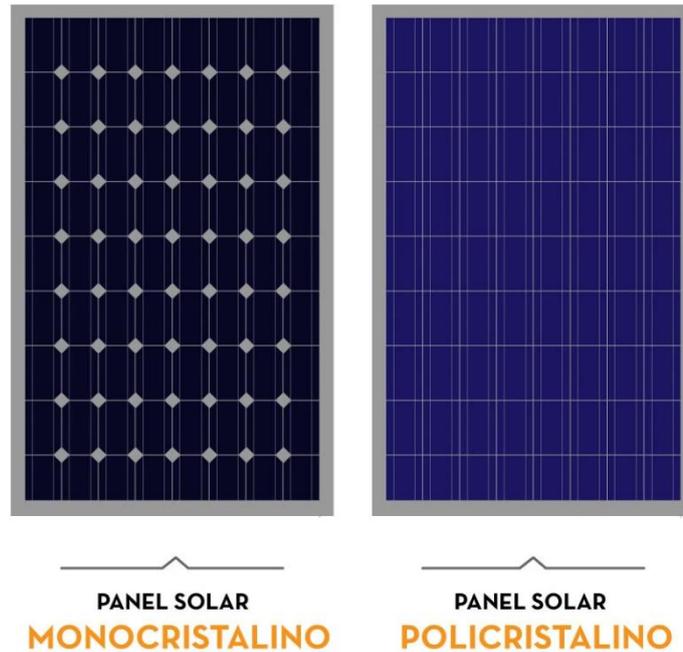


Figura 5. Panel solar monocristalino y policristalino.

Conceptos importantes para el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos.

El dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos es un proceso importante para garantizar que un sistema fotovoltaico sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas de una instalación. Para realizar un dimensionamiento correcto, es necesario tener en cuenta una serie de conceptos importantes, entre los que se incluyen:

- a) Irradiación.** - Es la cantidad de energía solar que llega a una superficie en un período de tiempo determinado. Su unidad de medida según el Sistema Internacional de medidas (SI) es el kW/m². La irradiación solar varía según la hora del día, la época del año y la ubicación geográfica. La irradiación es un factor importante a tener en cuenta al diseñar un sistema fotovoltaico, ya que

afecta a la cantidad de energía que se puede producir. Cuanto mayor sea la irradiación, mayor será la cantidad de energía que se puede producir. Se puede medir con un piranómetro. Un piranómetro es un instrumento que mide la cantidad total de radiación solar que llega a una superficie.



Figura 6. Piranómetro.

- b) Irradiancia. - Es la cantidad de energía solar que llega a una superficie en un punto dado. Según el Sistema Internacional de medidas, su unidad es el kWh/m². La irradiancia solar varía según la hora del día, la época del año y la ubicación geográfica. La irradiancia es un factor importante a tener en cuenta al calcular la eficiencia de un panel solar. La eficiencia de un panel solar es la cantidad de energía eléctrica que produce por cada unidad de energía solar que recibe. Cuanto mayor sea la irradiancia, mayor será la eficiencia del panel solar. Se puede medir con un radiómetro.
- c) Horas solar pico. - Las horas solar pico (HSP), se pueden definir como la cantidad de horas del día en las cuales posiblemente se dispone de una irradiancia solar constante de 1000 W/m². Para calcular su valor, es necesario

dividir el valor de la irradiación incidente en el sitio entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar (STC), que es 1000 W/m^2 , ya que como se vio anteriormente, es bajo estas condiciones que se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos o paneles solares. Se puede medir con un heliógrafo.



Figura 7. Heliógrafo.

d) Ángulo de incidencia. - Es el ángulo entre los rayos del sol y la superficie sobre la que inciden. El ángulo de incidencia óptimo para los paneles solares es de 90 grados, ya que en este ángulo la energía solar se concentra en la superficie del panel. El ángulo de incidencia afecta a la eficiencia de los paneles solares. Cuanto mayor sea el ángulo de incidencia, menor será la eficiencia del panel solar. Se puede medir con un goniómetro. Un goniómetro es un instrumento que mide los ángulos.



Figura 8. Goniómetro.

- e) Orientación. - Es la dirección en la que se orientan los paneles solares. La orientación óptima para los paneles solares es hacia el sur, ya que en esta orientación los paneles reciben la mayor cantidad de energía solar durante el día. La orientación de los paneles solares afecta a la cantidad de energía que se produce. Cuanto mayor sea la orientación de los paneles solares hacia el sur, mayor será la cantidad de energía que se produce. Se mide con una brújula.



Figura 9. Brújula.

- f) Ángulo de inclinación. - La inclinación de los paneles solares es un factor crítico para optimizar la captación de energía solar (Hahn et al., 2023). Depende de la latitud del lugar y de los objetivos de rendimiento del sistema (Al, 2023). Se puede medir con un inclinómetro.



Figura 10. Inclinómetro.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

La zona de investigación se localiza en el altiplano de Puno, a una altitud de 3,822 metros sobre el nivel del mar, junto a las costas del Lago Umayo, en el distrito de Atuncolla, perteneciente a la provincia y región de Puno. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: latitud sur $15^{\circ}41'19''$, longitud oeste $70^{\circ}08'38''$, y una altitud de 3,822 metros sobre el nivel del mar.

La accesibilidad desde la ciudad de Atuncolla hasta Puno implica un recorrido de aproximadamente 30 kilómetros, y se encuentra a unos 10 kilómetros de la carretera que conecta Juliaca y Puno. Cabe destacar que este tramo de 10 kilómetros está en condiciones deterioradas debido a la falta de mantenimiento, lo que resulta en un viaje de alrededor de 30 minutos en vehículo desde Puno hasta la localidad de Atuncolla.

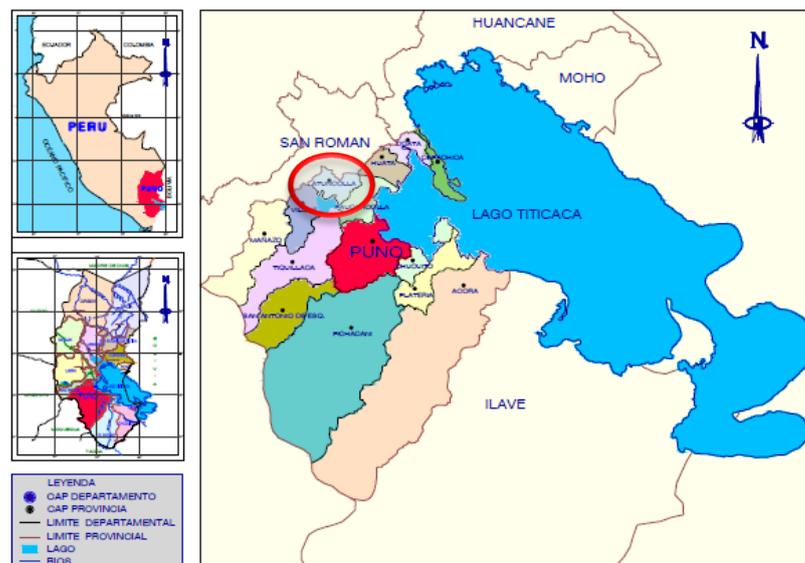


Figura 11. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



El clima en el distrito de Atuncolla se caracteriza por ser frío y seco debido a su elevada altitud y ubicación geográfica. Las lluvias se presentan principalmente durante los meses de diciembre a marzo y varían en respuesta a fenómenos naturales, como el fenómeno del Niño, que puede inducir sequías en el sur de Perú. Además, la influencia de los anticiclones del Atlántico y el avance de los casquetes polares también afectan las precipitaciones y la temperatura, lo que puede dar lugar a inundaciones o sequías.

Las temperaturas en esta área oscilan entre 0.4 y 15.4 °C, con un promedio anual de precipitaciones de 650 mm. Las lluvias son el principal factor que provoca inundaciones en las partes bajas del distrito.

En cuanto a la flora, el distrito de Atuncolla cuenta con una variedad de especies tanto nativas como introducidas. Entre los arbustos y árboles nativos se incluyen la tola kanlla, la muña, la qolle y la queñua, mientras que especies introducidas comprenden el eucalipto, el ciprés y el pino. Los pastizales incluyen gramíneas como la chijje o grama, la chilligua, el ichu y la grama dulce. En cuanto a las leguminosas, se encuentra el layo, y entre las rosáceas destaca el siluusillu. También se encuentran especies acuáticas como el llacho y la torora.

3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método de investigación

De acuerdo con la definición de Tamayo (2004), el método científico puede ser concebido como un enfoque sistemático y riguroso que busca desentrañar las condiciones bajo las cuales suceden eventos específicos. Este método se destaca principalmente por su carácter tentativo, su capacidad de



verificación, su adhesión a un razonamiento lógico sólido y su dependencia en la exploración empírica.

Es importante resaltar que el punto de partida de esta tesis se originó a raíz de la observación detallada de los patrones de consumo de energía eléctrica y la generación de energía solar utilizada en el sistema de bombeo destinado a abastecer de agua potable al reservorio de la comunidad de Atuncolla. Por consiguiente, el propósito primordial es poner a prueba y, en última instancia, confirmar o refutar la hipótesis planteada. Luego de este proceso, se llevará a cabo una minuciosa interpretación y un exhaustivo debate de los resultados obtenidos.

Es incuestionable, entonces, que el enfoque adoptado en esta investigación se adhiere rigurosamente al **método científico**, lo que garantiza la validez y la confiabilidad de los resultados que se derivarán de esta minuciosa indagación.

3.2.2. Tipo de investigación

Según Carrasco (2019) destaca una característica distintiva de la investigación aplicada al afirmar que su objetivo fundamental radica en generar resultados prácticos y concretos de manera inmediata. En otras palabras, la investigación aplicada se orienta hacia la resolución, modificación o creación de cambios específicos en un ámbito concreto de la realidad.

Esta investigación aplicada se ilustra claramente en el contexto de este estudio, que se centra en el análisis del comportamiento comparativo entre el consumo de energía convencional y la energía fotovoltaica en el contexto del bombeo de agua hacia un reservorio. La relevancia práctica de este análisis se manifiesta en la verificación de los resultados obtenidos después de proporcionar



agua a la población del distrito de Atuncolla, siguiendo las directrices del Reglamento Nacional de Edificaciones OS. 040.

Este enfoque de investigación, basado en la **aplicación práctica** de sus resultados para efectuar cambios y mejoras concretos en una situación particular, se alinea perfectamente con el concepto de investigación aplicada que Carrasco (2019) señala.

3.2.3. Nivel de investigación

De acuerdo con la perspectiva de Hernández et al. (2018), una metodología de nivel explicativo va más allá de simplemente definir conceptos o describir objetos de estudio; su enfoque primordial radica en comprender la explicación fundamental detrás de los fenómenos observados y la relación que existe entre estos fenómenos y las variables planteadas. En otras palabras, busca responder al "por qué" de los fenómenos estudiados.

En el contexto de esta tesis de investigación, el análisis del comportamiento hidráulico se encuentra intrínsecamente vinculado a los procedimientos previamente mencionados. Esto implica que la investigación adopta un enfoque de nivel explicativo, ya que se esfuerza por desentrañar las causas fundamentales y las conexiones subyacentes que existen entre las variables en estudio y los patrones observados.

Este estudio se adhiere al nivel de **investigación explicativa**, en el cual se busca una comprensión profunda y fundamentada del porqué y cómo se relacionan las variables en el contexto del comportamiento hidráulico. Este enfoque persigue proporcionar una explicación sólida y sustancial de los fenómenos estudiados.



3.2.4. Diseño de investigación

En consonancia con la observación planteada por Domínguez et al. (2018), los diseños cuasiexperimentales se caracterizan por dirigir de manera controlada al menos una de las variables independientes con el fin de analizar su influencia sobre una o más variables dependientes. Siguiendo este principio, en el marco de esta investigación, se llevó a cabo la manipulación de una de las variables independientes utilizando dos fuentes de energía distintas para alimentar el sistema de bombeo de agua con destino al reservorio. Esto se hizo con el propósito de evaluar de manera detallada y sistemática las diferencias en los patrones de consumo de energía.

Dentro de esta perspectiva, el diseño de la investigación adopta una naturaleza cuasiexperimental. En otras palabras, se configura de manera que permite el control y la manipulación de una variable independiente, en este caso, la fuente de energía utilizada para el bombeo de agua. Esta configuración experimental posibilita la identificación y el análisis de las posibles diferencias y efectos que esta variable independiente puede tener sobre las variables dependientes en estudio.

La elección de un diseño cuasiexperimental en esta investigación ofrece la ventaja de permitir una evaluación precisa y dirigida del impacto de la variable independiente, que en este caso se refiere a las fuentes de energía utilizadas para el bombeo de agua hacia el reservorio. Este enfoque proporciona una base sólida para la evaluación de los resultados y las conclusiones derivadas de la investigación.



3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población

De acuerdo con la afirmación de Valderrama (2013), el término "población estadística" hace referencia al conjunto completo de todas las mediciones relacionadas con las variables que están siendo investigadas. Siguiendo esta definición, en el contexto de la presente investigación que se enfoca en el uso de energía convencional y energía fotovoltaica en el proceso de bombeo de agua hacia el reservorio en la localidad de Atuncolla, la población estadística engloba todas las mediciones y datos relativos a estas variables específicas.

En otras palabras, la población estadística de esta investigación comprende todos los registros, mediciones y observaciones que se han recopilado o que potencialmente podrían recopilarse en relación con el uso de energía convencional y energía fotovoltaica para el bombeo de agua en Atuncolla. Esta población estadística es la base sobre la cual se fundamenta el análisis y las conclusiones del estudio.

3.3.2. Muestra

Conforme a la explicación proporcionada por Gómez (2012), una muestra se considera como una porción que refleja de manera representativa una población más amplia. En el contexto de esta investigación, la muestra se encuentra constituida por el análisis específico del uso de dos fuentes de energía: la energía convencional y la energía fotovoltaica, así como su aplicación en el proceso de bombeo de agua hacia el reservorio ubicado en el distrito de Atuncolla.



En esencia, esta muestra no abarca la totalidad de la población, que comprendería todos los aspectos y variables relacionados con el tema, sino que se enfoca en una parte selecta y representativa de dicho conjunto. La elección de esta muestra es fundamental para llevar a cabo un análisis detallado y significativo de la influencia y el desempeño de las dos fuentes de energía en el contexto del suministro de agua en Atuncolla. Los resultados obtenidos a partir de esta muestra se consideran indicativos de las tendencias y patrones presentes en la población total en estudio.

3.3.3. Muestreo

Siguiendo la explicación de Santiesteban (2014), el muestreo intencional o por cuotas es una técnica en la cual la selección de la muestra se realiza de manera deliberada, teniendo en cuenta que los elementos elegidos presenten características específicas que son significativas y representativas de la población en cuestión. En el contexto de este estudio, se optó por aplicar precisamente este tipo de muestreo.

En otras palabras, el muestreo intencional o por cuotas se basa en la idea de seleccionar muestras que sean representativas de ciertos aspectos o atributos clave de la población total. Esto permite capturar de manera efectiva las características más relevantes y típicas de interés en el estudio, que en este caso se relacionan con el uso de las dos fuentes de energía, energía convencional y energía fotovoltaica, en el proceso de bombeo de agua hacia el reservorio en la localidad de Atuncolla.



La elección de este enfoque de muestreo es fundamental para garantizar que la muestra seleccionada refleje adecuadamente las particularidades y características esenciales de la población total, lo que a su vez fortalece la validez y la representatividad de los resultados obtenidos en la investigación.

3.3.4. Unidad de Análisis

De acuerdo con la afirmación de Ñaupas et al. (2014), las unidades de análisis se refieren a entidades o elementos que comparten similitudes y que se encuentran dentro de un ámbito específico. De manera más práctica, se pueden considerar como las propiedades o características que se estudian dentro de un contexto determinado. Siguiendo esta perspectiva, en el marco de esta investigación, las unidades de análisis se centraron en el estudio de dos aspectos cruciales: el uso de las dos fuentes de energía (energía convencional y energía fotovoltaica) y las dos fuentes de agua que se emplean para el uso doméstico en la localidad de Atuncolla.

En resumen, estas unidades de análisis representan los elementos esenciales que se examinaron y evaluaron minuciosamente en el estudio. El análisis de estas unidades permitió comprender de manera más profunda y detallada cómo se relacionan y afectan mutuamente el uso de distintas fuentes de energía y el acceso a diferentes fuentes de agua en la vida cotidiana de la comunidad de Atuncolla.



3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnica

Siguiendo la perspectiva de Carrasco (2019), la observación directa se define como un proceso deliberado mediante el cual se busca recopilar información precisa y objetiva sobre las características de las unidades de análisis. Basándonos en esta conceptualización, en este estudio se implementó la técnica de observación directa como un método principal para la recopilación de datos. Además, esta técnica se utilizó en todas las etapas del proceso, incluyendo la obtención de información, su procesamiento, análisis y discusión de los resultados.

La observación directa desempeñó un papel fundamental en la obtención de datos precisos y objetivos sobre las características de las unidades de análisis. Esto permitió una recopilación rigurosa de información que sirvió como base sólida para el análisis y la posterior discusión de los resultados de la investigación.

3.4.2. Instrumentos

De acuerdo con las afirmaciones de Gallardo (2017), el proceso de registro de valores implica la creación de un vínculo directo entre la realidad que está siendo observada y la persona que realiza la observación. Esta conexión directa se traduce en la obtención de datos que reflejan con precisión lo que se ha observado en la realidad. En este contexto, la ficha de recolección de datos se convirtió en un instrumento fundamental para plasmar y registrar la información más relevante que se recopiló durante el proceso de observación.



En resumen, el acto de registrar valores se concibe como un medio para capturar de manera fiel y directa los aspectos de la realidad que son de interés para la investigación. En este caso, la ficha de recolección de datos sirvió como herramienta esencial para documentar y registrar la información más significativa que se obtuvo a través de la observación.

3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo la comparación entre ambos sistemas, se estableció un procedimiento que consta de diversas etapas. La Figura 12 presenta la secuencia que se siguió en este proceso.

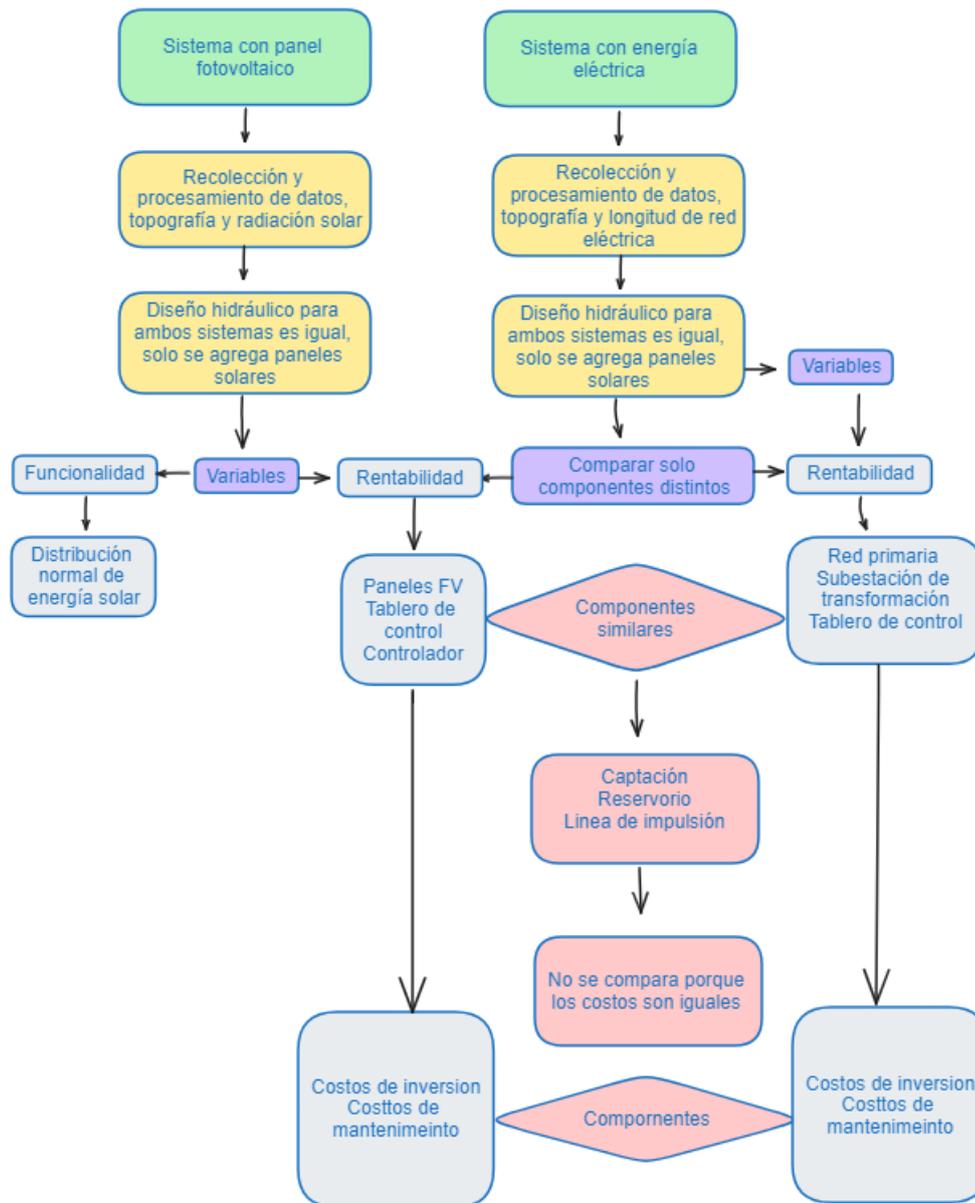


Figura 12. Comparación de fuentes de energía.

3.5.1. Recolección de datos (radiación solar)

La radiación solar que se produce en el distrito de Atuncolla donde se va a realizar la instalación fotovoltaica es determinante, tanto para conocer la energía disponible.

Para el diseño de instalaciones fotovoltaicas, y con el fin de poder evaluar la energía que puede producir la instalación en cada mes del año, se define el



concepto de número de horas de sol pico (HSP) del lugar en cuestión, y que representa las horas de sol disponibles a una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m².

Para determinar la radiación solar se consultó de la siguiente fuente:

Atlas de energía solar del Perú. - Del cual podemos obtener la radiación solar mínima y máxima, para el departamento de Puno, observamos que la radiación solar más desfavorable varía entre 4.5 kwh/m² y 6.5 kwh/m² por lo que se considerara el valor promedio de 5.5 kwh/m², el cual se utilizara para los cálculos de dimensionado de la instalación solar.

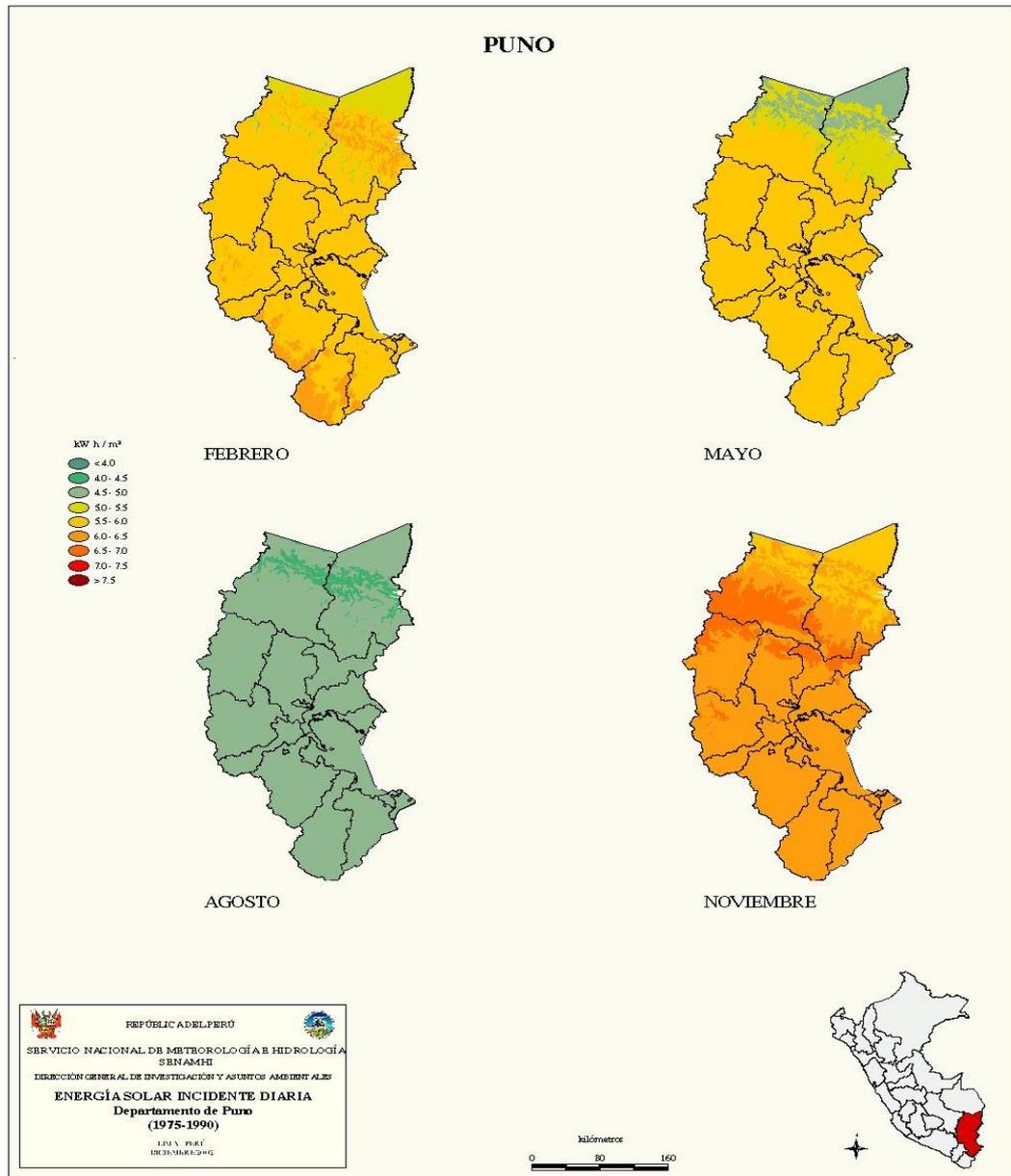


Figura 13. Radiación solar en el departamento de Puno.

Además, también se tiene el mapa nacional de energía solar.

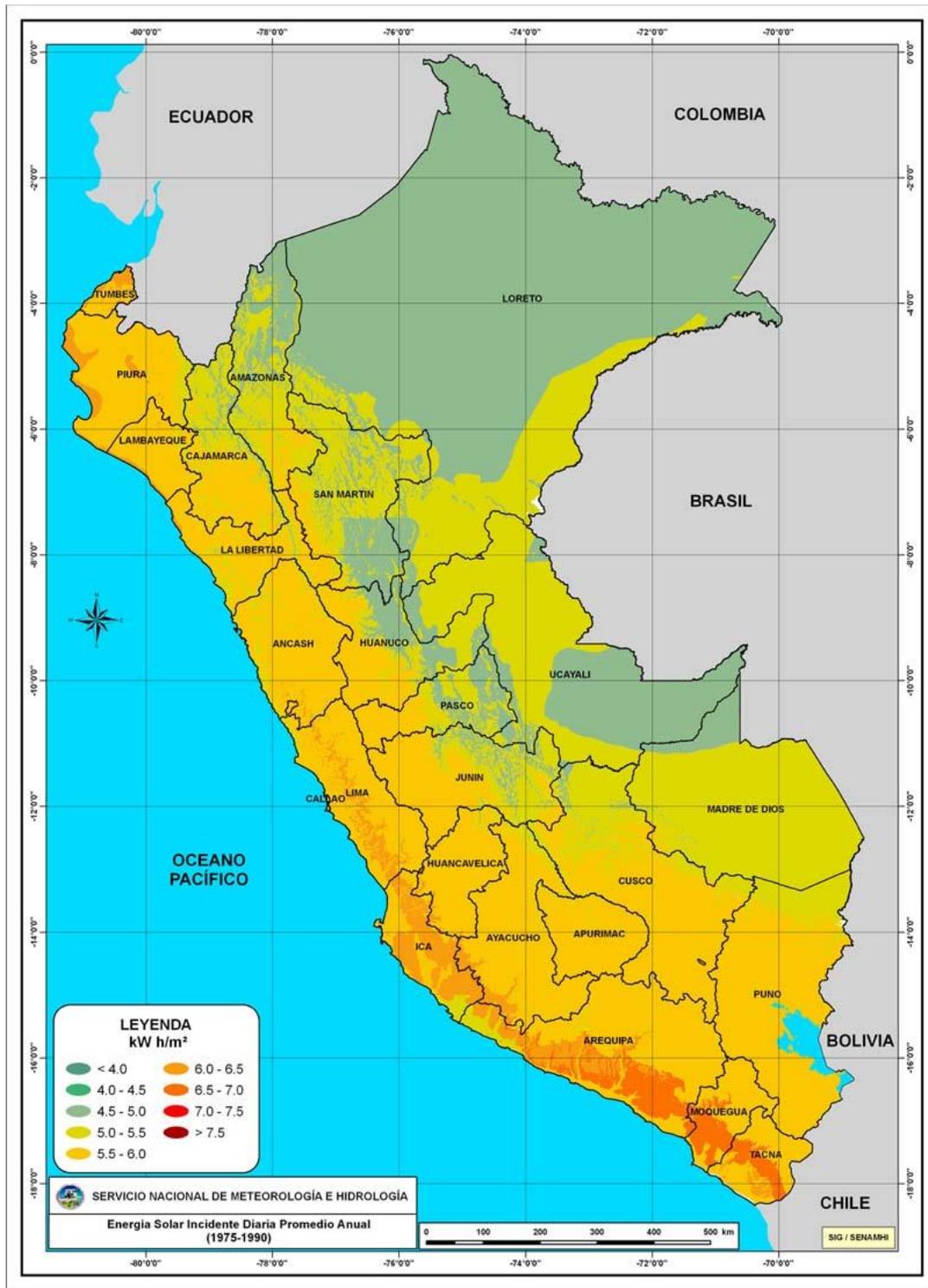


Figura 14. Mapa nacional de energía solar incidente promedio anual.



3.5.2. Datos de electrobomba

Características electromecánicas para un sistema de bombeo con energía eléctrica convencional:

a) Red primaria:

Tensión nominal	: 22.9kV
Sistema Adoptado	: Trifásico
Longitud de la red	: 0.55Km
Conductor	: AAAC 3x35mm ²
Sección	: 35mm ²
Soporte	: Poste de C.A.C. 13/400 y 13/300 (m/kg)
Disposición	: Trifásico
Tipo	: Aéreo
Seccionadores	: Tipo Cut-Out, 24kV, 100 ^a , 170KV BIL
Pararrayos	: Oxido de Zinc, tipo Ozn, 21kV, 10kA

b) Subestación de transformación:

Potencia de transformador	: 25 kvA
Relación de transformación	: 22.9+- 2 x 2.5% / 0.22kV
Tensión nominal primaria	: 22.9kV
Tensión nominal secundaria	: 0.38 – 0.33 kV
Tipo de subestación	: Tipo aérea, biposte, con Trafomix incluido en la misma estructura.
Grupo de conexión	: Dyn5
Tablero de distribución	: Metálico contenido interruptor de 50A

Tabla 4. Demanda de la potencia

Nro	Descripción de maquinarias	Cantidad	Potencia kW instalada	Máxima demanda (kW)
1	Electrobombas sumergibles monofásicas de 2HP	2	0.85	1.70
2	Reflectores	2	0.40	0.80
3	Luminarias	4	0.70	0.32
4	Reserva	1	10.00	10.00
			Carga total	12.80

Bases del cálculo

La planificación de la red proyectada se ha llevado a cabo teniendo en cuenta una serie de requisitos y regulaciones establecidos por diversas normativas tanto nacionales como internacionales. Entre estas normativas se incluyen el Código Nacional de Electricidad de 2011, el Decreto Ley N° 25844 que rige las concesiones eléctricas, su reglamento correspondiente, las normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, la Norma INDECOPI, así como las normas y recomendaciones de estándares internacionales.

Dentro de este marco regulatorio y normativo, se han considerado una serie de parámetros clave para el diseño de la red, los cuales son los siguientes:

- a) Se ha establecido que la caída de tensión máxima permitida en la red primaria, desde los puntos de conexión del sistema alimentador hasta el punto más alejado en el primario de la subestación de distribución, no debe exceder el $\pm 5\%$ en el caso de un alimentador urbano. Además, se ha establecido un límite del 3% como el porcentaje máximo de pérdida de potencia en la red, y se ha fijado un límite del 1.5% como la máxima pérdida de energía admisible.



Estos parámetros son fundamentales para garantizar la eficiencia y la calidad del suministro eléctrico en la red proyectada, asegurando que la caída de tensión esté dentro de límites aceptables y que las pérdidas de potencia y energía se mantengan en niveles controlados. De esta manera, se cumple con las normativas y estándares establecidos, garantizando un suministro eléctrico confiable y eficiente para los usuarios finales.

- Factor de potencia : 0.85 para motores
- Factor de simultaneidad : 0.90
- Potencia de cortocircuito : 200 MVA



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA IDONEIDAD GEOGRÁFICA, CLIMÁTICA Y TOPOGRÁFICA DE ATUNCOLLA PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, CONSIDERANDO FACTORES COMO RADIACIÓN SOLAR, ALTITUD Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

- Captación de agua

La estructura de la captación que se planea construir adoptará la forma de una caja. Una vez dentro de la caja, el agua será impulsada mediante una bomba sumergible y conducida a través de tuberías hacia un reservorio. Para la toma de agua en la caja de captación se utilizarán tuberías de HDPE junto con sus accesorios correspondientes. La estructura de captación está ubicada a orillas del lago Umayo



Figura 15. Vista del lago Umayo.

- Datos del diseño

Para el diseño del proyecto, se tendrá en cuenta los parámetros que establece las normas generales para proyectos de Abastecimiento De Agua Potable Rural Del Ministerio De Salud– 1994, Parámetros De Diseño De Infraestructura De Agua Y Saneamiento Para Centros Poblados Rurales– 2004, siendo estas las siguientes:

Dotación (sierra) : 80 Lit./hab./día

Coefficiente máximo horario :1.30

Caudal máximo diario : 1.33 lts/s

Caudal máximo diario del diseño : 1.06 lts/s

- **Población actual y proyección:**

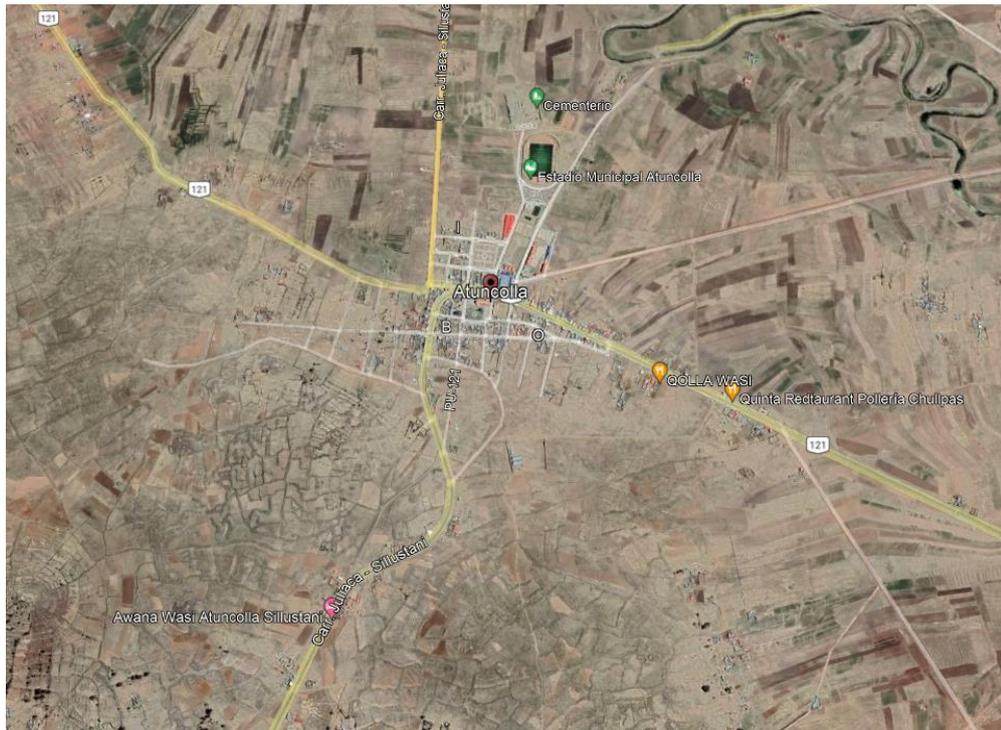


Figura 16. Imagen satelital del distrito de Atuncolla.

Para calcular la cantidad de energía necesaria para el diseño, se tomará en consideración la duración estimada de 20 años de vida útil de los paneles fotovoltaicos. Por lo tanto, es esencial realizar una proyección de la población que abarque este período de tiempo. Para llevar a cabo esta proyección de las viviendas, se utilizará la tasa de crecimiento poblacional que se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional

DEPARTAMENTOS	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
PERU	1.7	1.6	1.5	1.3
COSTA				
Callao	2.6	2.3	2.1	1.8
Ica	1.7	1.5	1.3	1.2
La Libertad	1.8	1.7	1.5	1.3
Lambayeque	2.0	1.9	1.7	1.5
Lima	1.9	1.7	1.5	1.3
Moquegua	1.7	1.6	1.4	1.3
Piura	1.3	1.2	1.1	0.9
Tacna	3.0	2.7	2.4	2.1
Tumbes	2.8	2.6	2.3	2.0
SIERRA				
Ancash	1.0	0.9	0.8	0.7
Apurímac	0.9	1.0	1.0	1.0
Arequipa	1.8	1.7	1.5	1.3
Ayacucho	0.1	0.3	0.4	0.4
Cajamarca	1.2	1.2	1.1	0.9
Cusco	1.2	1.2	1.1	1.0
Huancavelica	0.9	1.0	0.9	0.9
Huánuco	2.0	1.8	1.7	1.6
Junín	1.2	1.2	1.0	0.9
Pasco	0.4	0.6	0.5	0.4
Puno	1.2	1.2	1.1	1.0
SELVA				
Amazonas	1.9	1.8	1.7	1.5
Loreto	2.5	2.2	2.0	1.9
Madre de Dios	3.3	2.9	2.6	2.3
San Martín	3.7	3.3	2.9	2.6
Ucayali	3.7	3.3	2.9	2.5

Fuente: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib0015/cap-52.htm

De la tabla 5, consideramos el valor promedio de crecimiento de 1.1%, proyectado para 20 años.

$$P_d = P_0 * (1 + r * t/100)$$

$$P_d = 965 * (1 + 1.1 * 20/100)$$

$$P_d = 1177 \text{ habitantes}$$



Donde:

Po : Población inicial (habitantes)

Pd : Población futura o de diseño (habitantes)

r : Tasa de crecimiento anual (%)

t : Período de diseño (años)

- **Requerimiento del sistema de bombeo**

Cálculo de la demanda de agua

Tabla 6. Necesidad de agua

Consumidor	Numero	Litros diario	Total de litros/diario
Personas	1177	80	94160
	Total (m3/dia)		94

Fuente: Propia

Determinación del diámetro económico para bombeo

Se calculará con la fórmula de Bresse:

$$D = 0.5873 * N^{1/4} * \sqrt{Q_b}$$

Se debe calcular el caudal de bombeo Q_b con la siguiente expresión:

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

$$Q_b = 1.33 * \left(\frac{24}{9}\right)$$

$$Q_b = 3.54 \text{ l/seg} \approx 12.74 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 0.0035 \text{ m}^3/\text{seg}$$



Donde:

N : número de horas de bombeo, para este proyecto se toma el valor de 9 horas.

Q_{maxd} : 1.33 l/seg

Luego para determinar el diámetro de la tubería se utiliza la siguiente expresión:

$$D = 1.3 * X^{1/4} * \sqrt{Q_b}$$

$$D = 1.3 * 9/24^{1/4} * \sqrt{0.0035}$$

$$D = 0.06018m \approx 2.36" \approx 3"$$

Dónde:

D : Diámetro de la tubería económico.

Q_b : Caudal de bombeo en m³/seg

X : N° de horas bombeo por día/24 (9 horas)

- Velocidad económica por pérdidas de carga

$$V_e = \frac{4 * Q_B}{\pi * D_c^2}$$

$$V_e = 1.23 \text{ m/s}$$

Calculando la altura dinámica

La altura dinámica total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de A.D.T. proviene de la ecuación de BERNOULLI y es como sigue:



$$A = h + \sum h_f + \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

H : Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido.

$\sum h_f$: La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido entre el nivel de succión y el de descarga.

$V^2/2g$: Energía dinámica o cinética.

Calculando la altura geométrica (Hg)

Cota de descarga : 3933.00 m.s.n.m.

Nivel de succión : 3840.00 m.s.n.m.

Hg = Cota de descarga - Nivel de succión

Hg = 93.00 m

Perdida de carga

Para realizar este cálculo se hará uso de la fórmula de Hazen-Williams. Esta fórmula es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud.

ECUACION DE HAZEN WILLIAMS

$$Q = 0.2785 * C * (D)^{2.6} * h_f^{0.5}$$

Dónde:

0.2785 : Constante de Hazen y William.

$$H_f = 1.131 * 10^9 * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.8} * D^{-4.8}$$



Dónde:

H_f : Pérdida de carga (m)

L : Longitud de la tubería (m)

Q : Caudal (m³/h)

C : Coeficiente de Hazen-William (adimensional). HDPE = 150

D : Diámetro interno de la tubería tubo HDPE 0.087m = 3”

$$H_f = 10.674 * \left[\frac{Q^{1.8}}{C^{1.8} * D^{4.8}} \right] * L$$

$$H_f = 23.13m$$

Dónde:

H_f : Pérdida de carga (m)

L : Longitud de la tubería (m)

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de Hazen-Williams HDPE = 150

D : Diámetro interno de la tubería (m)

Ahora calculamos la altura dinámica total:

$$A = h + \sum h_f + \frac{V^2}{2g}$$

$$A = 116.20$$



Cálculo de la potencia de la bomba sumergible

El conteo de consumo energético evaluada nos demuestra el interés que tendrá nuestro proyecto.

$$E_{requerida} = \frac{\text{volumen} * ADT}{367 n_{bomba}}$$

$$E_{requerida} = 59.62 \text{ kwh/dia}$$

Volumen : Volumen en litros (L): 94160 L

Estatura del motor (H) : 116.20 m

Bombeo de ejecución en este punto de trabajo (η): 0.50

Dimensionamiento de la bomba sumergible LORENTZ

$$P_{bomba} = \frac{\gamma * Q_{promedio} * H}{n_b}$$

$$P_{bomba} = 8059.89 \text{ W} \approx 8.0 \text{ kw}$$

En base a los datos de caudal y altura total se seleccionó una bomba sumergible que cumpla estos requerimientos y de una marca que ofrezca calidad y garantía.



Figura 17. Bomba sumergible Lorentz

Parámetros de diseño para la energía solar

Rendimiento diario requerido	: 88 m ³ ;
Pérdida por cable	:5.0 %
Altura dinámica total	:116.20 m
Longitud de tubería	:3830 m

De acuerdo al catálogo de bombas sumergibles Lorentz, se tiene un caudal de bombeo $Q = 13.00$ m³/hora para una altura de 116.20m, y una potencia de 8.0kw, como se muestra en la figura 18.

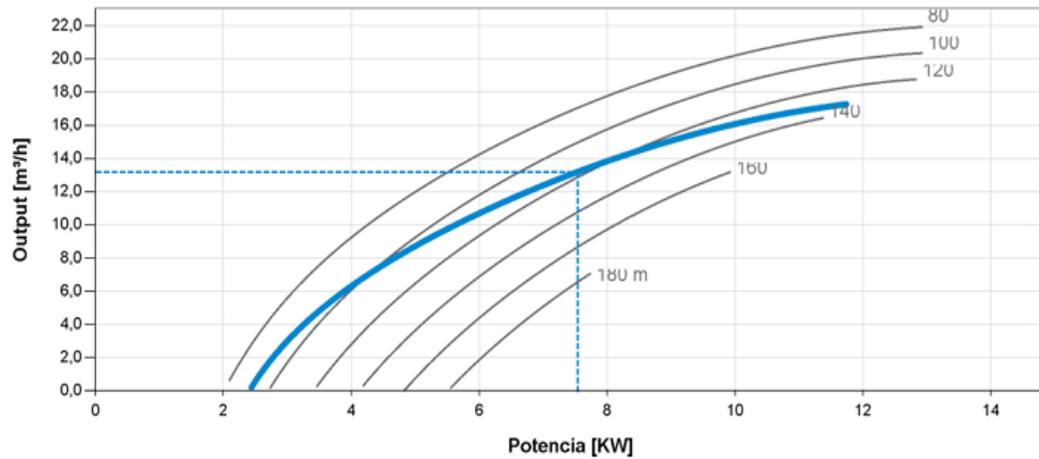


Figura 18. Curva Q/Potencia de una bomba Lorentz.

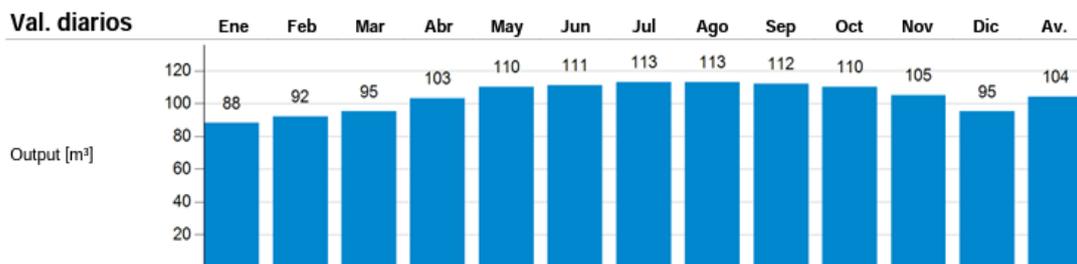


Figura 19. Rendimiento por mes promedio

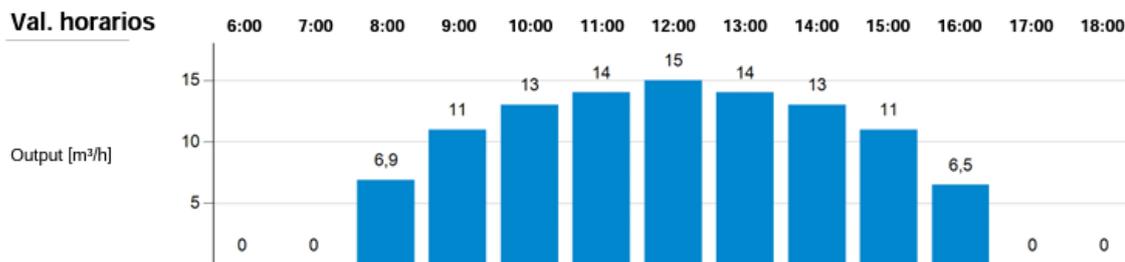


Figura 20. Rendimiento diario promedio

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Se considerará el valor promedio de 5.5 kwh/m2.

- **Inclinación del panel fotovoltaico**

La inclinación del módulo fotovoltaico puede variar a lo largo del año, por lo tanto, la inclinación del módulo estará en función de la latitud del lugar.

Tabla 7. Ángulos de inclinación según su latitud.

Latitud del lugar	Angulo en invierno	Angulo en verano
0 a 15°	15°	15°
15° a 25°	Latitud	Latitud
25° a 30°	Latitud + 5°	Latitud - 5°
30° a 35°	Latitud + 10°	Latitud - 10°
35° a 40°	Latitud + 15°	Latitud - 15°
>40°	Latitud + 20°	Latitud - 20°

El ángulo de inclinación de los paneles solares debe optimizar la captación de energía solar durante el mes con la menor radiación solar. Este mes suele ser el de invierno, cuando los días son más cortos y las temperaturas son más bajas.

Para Atuncolla - Puno se usará la siguiente formula:

$$\text{Inclinación (}^\circ\text{)} = (\phi)$$

Donde:

Φ : Es la latitud del lugar de instalación

$$\text{Latitud del departamento de Puno} = 15^\circ 41' 19''$$

$$\text{Inclinación Puno} = 15^\circ 41' 19'' = 15^\circ$$

Determinación de las horas pico (HPS)

Son las horas de irradiación diaria, su valor puede variar entre 3 a 8 horas



$$H(h) = \frac{H \left(\frac{Wh}{m^2} \right)}{I \left(\frac{W}{m^2} \right)}$$

$$H(h) = \frac{5500 \left(\frac{Wh}{m^2} \right)}{1000 \left(\frac{W}{m^2} \right)}$$

$$H(h) = 5.5h$$

Dónde:

- H : Irradiación que corresponde con la energía por la unidad de superficie a lo largo de un periodo de tiempo y que se mide en wh/m2. (5500wh/m2)
- I : 1000 W/m2 (a la cual está siempre medida la potencia de los módulos)

- Calculo de la cantidad de módulos fotovoltaicos

Se ha optado por el panel solar monocristalino de 330W módulo JKM330PP-72, ya que es el que mejor se adapta a las necesidades de la instalación.

Tabla 8. Características del panel fotovoltaico

Características mecánicas	
Tipo de célula	Policristalina 156x156mm (6 pulgadas)
N° de células	72 (6x12)
Dimensiones	1956x992xx40mm (77.01x39.05x1.57 pulgadas)
Peso	26.5 kg (58.4 libras)
Vidrio frontal	4.0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anonizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TUV 1 x 4.0 mm2, longitud: 900mm

Tabla 9. Especificaciones del panel fotovoltaico

ESPECIFICACIONES		
Tipo de módulo	JKM330PP	
	STC	NOCT
Potencia nominal (P _{máx})	330Wp	246Wp
Tensión en el punto P _{máx} -VMMP (V)	37.8V	35.3V
Corriente en el punto P _{máx} -IMPP (A)	8.74A	6.97A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	46.9V	44.1A
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	9.14A	7.38A
Eficiencia del módulo (%)	17.01%	
Temperatura del funcionamiento (°C)	40°C ~ + 85°C	
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)	
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A	
Tolerancia de potencia nominal (%)	0 ~ + 3%	
Coeficiente de temperatura de P _{MAX}	-0.40% / °C	
Coeficiente de temperatura de VOC	-0.30% / °C	
Coeficiente de temperatura de ISC	0.06% / °C	
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C	

- Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

Datos:

Potencia de la bomba : 7450w

Eficiencia : 0.8

Potencia del panel solar : 330W

$$Potencia\ de\ consumo\ motor = \frac{potencia\ del\ motor}{eficiencia}$$

$$Potencia\ de\ consumo\ del\ motor = 9425w$$

$$N_M = \frac{potencia\ de\ consumo\ del\ motor}{potencia\ del\ panel\ solar}$$

$$N_M = 38\ paneles\ fotovoltaicos$$

- Conexión de paneles fotovoltaicos

El arreglo de los paneles fotovoltaicos será de la siguiente manera:

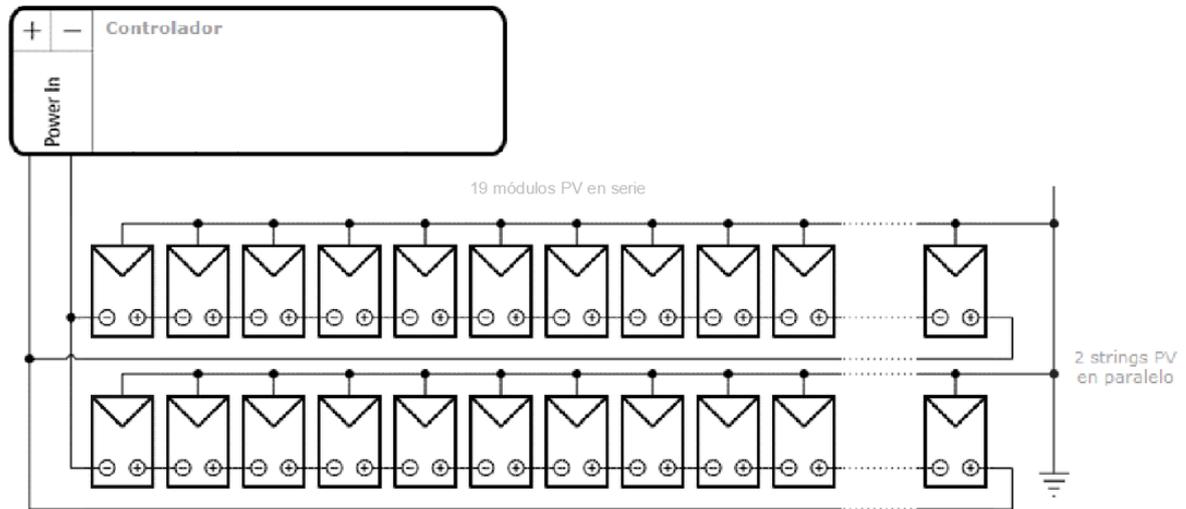


Figura 21. Arreglo de los paneles fotovoltaicos.

4.1.1. Verificación de la viabilidad económica y confiabilidad del sistema de bombeo.

Con los paneles fotovoltaicos durante la etapa de operación, analizando costos asociados, eficiencia energética y tasa de disponibilidad de verificación de la premisa de ser económico y confiable en la etapa de operación del proyecto.

Curva de demanda:

$$Q = a + b * P$$

Con los dos puntos de la curva, se calcula:

Intercepto a:

$$\text{Si } P = 0 \Rightarrow Q = 9.00 + b * 0 \Rightarrow Q = 9.00 \text{ m}^3$$

Pendiente de curva b:

$$\text{Si } P = 22.19 \text{ y } Q = 2.70 \Rightarrow 2.70 = 9.00 + b*(22.19) \Rightarrow b = - 0.284$$

La demanda de agua queda determinada por la siguiente función lineal:

Usuarios no sujetos a micro medición.

Dicha función se muestra en el gráfico siguiente:

Valor de beneficios por disponibilidad del servicio

$$Q = 9.00 - 0.284 * P$$

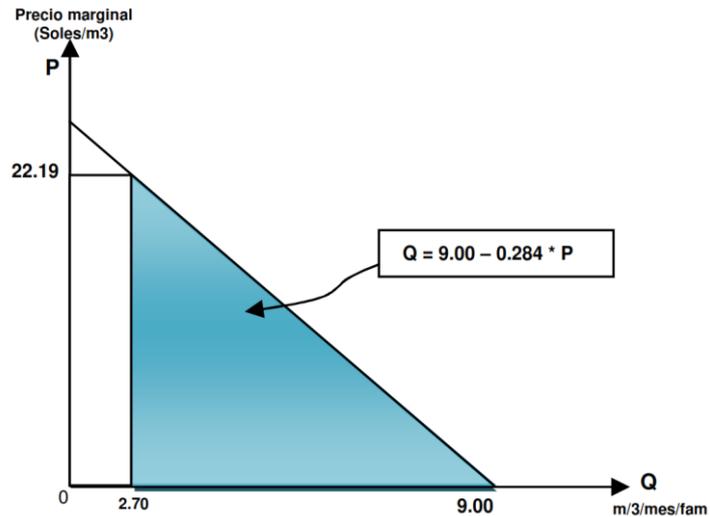


Figura 22. Demanda de agua.

El valor del área sombreada del triángulo es:

$$\text{Área} = (9.00 - 2.70) * 22.19 / 2 = S/. 69.90 \text{ beneficio/familia/mes (No sujetos a micro medición)}$$

Resumen de beneficios de nuevos usuarios

Sin micro medición

- Por liberación de recursos : S/. 59.92
- Por disponibilidad del servicio : S/. 69.90
- Total beneficio/fam/mes : S/. 129.82
- Total beneficio/fam/año : S/. 1557.84



Cuantificación de beneficios de antiguos usuarios

La ecuación de la curva de demanda es:

$$Q = 9.00 - 0.284 * P$$

El consumo de saturación con tarifa marginal cero es de 120 l/p/d equivalente a: 9.00 m³/fam/mes.

El consumo de racionamiento estimado por el estudio es de 3.50 m

La máxima disposición a pagar en soles por m³, con el nivel de consumo de racionamiento de 3.50 m³/mes es: $3.50 = 9.00 - 0.284 * P \Rightarrow P = S/. 19.37 /m^3$.

Con los datos calculados se obtiene:

- La máxima disposición a pagar asociada al consumo de racionamiento.
- El valor de los beneficios por mayor disponibilidad del servicio de agua potable por familia y por mes (área del triángulo).

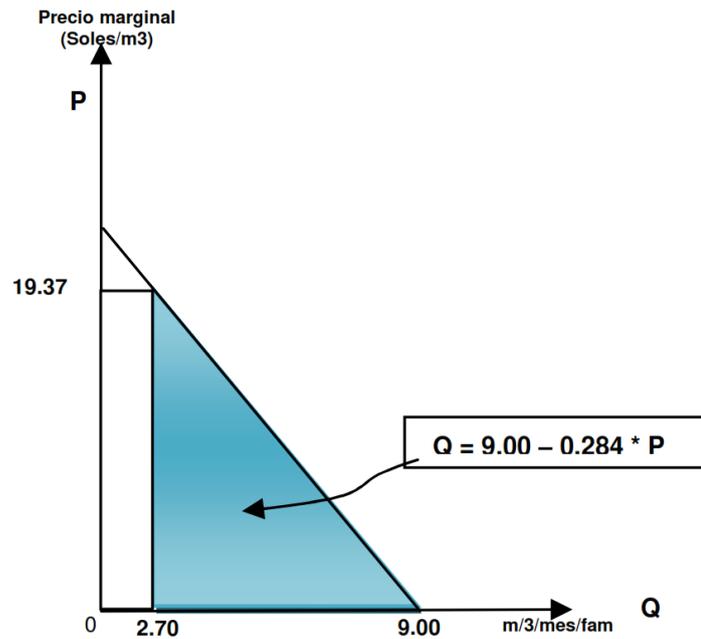


Figura 23. Valor de beneficios por mayor disponibilidad del servicio de antiguos usuarios.

El valor del área del triángulo: área celeste es:

- Valor del área = $(9.00 - 2.70) * (19.37) / 2$
- VA = S/. 61.02 /mes/fam., que multiplicado por 12 meses se tiene el beneficio anual:
- Total beneficio por fam/año = S/. 732.186

Los beneficios totales corresponden a la suma de los beneficios de los antiguos usuarios más los beneficios de los nuevos usuarios, estos resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 10. Beneficios totales por año de los usuarios de agua potable

Años	Población servida (estudio de la demanda)	N° miembros por familia	N° de conexiones	N° de viviendas conectadas		Beneficios por conexión (S./.)		Beneficios totales por año (S./.)		
				Antiguas	Nuevas	Antiguas	Nuevas	Antiguas	Nuevas	Totales
0	1047	2.5	356	142	214	732.19	1,557.84	104,263.29	332,745.62	437,017.91
1	1053	2.5	359	142	216	732.19	1,557.84	104,263.29	336,692.22	440,955.51
2	1059	2.5	361	142	219	732.19	1,557.84	104,263.29	340,657.77	444,921.06
3	1063	2.5	364	142	221	732.19	1,557.84	104,263.29	344,651.48	448,914.77
4	1070	2.5	366	142	224	732.19	1,557.84	104,263.29	348,673.55	452,936.84
5	1071	2.5	369	142	226	732.19	1,557.84	104,263.29	352,724.17	456,987.46
6	1079	2.5	371	142	229	732.19	1,557.84	104,263.29	356,803.55	461,066.84
7	1085	2.5	374	142	232	732.19	1,557.84	104,263.29	360,911.89	465,175.18
8	1091	2.5	377	142	234	732.19	1,557.84	104,263.29	365,049.40	469,312.69
9	1099	2.5	379	142	237	732.19	1,557.84	104,263.29	369,216.29	473,479.58
10	1109	2.5	382	142	240	732.19	1,557.84	104,263.29	373,412.77	477,676.06
11	1117	2.5	385	142	242	732.19	1,557.84	104,263.29	377,369.04	481,632.33
12	1125	2.5	388	142	245	732.19	1,557.84	104,263.29	381,895.31	486,158.60
13	1131	2.5	390	142	248	732.19	1,557.84	104,263.29	386,181.81	490,445.10
14	1139	2.5	393	142	251	732.19	1,557.84	104,263.29	390,498.74	494,762.03
15	1145	2.5	396	142	253	732.19	1,557.84	104,263.29	394,846.32	499,762.03
16	1153	2.5	399	142	256	732.19	1,557.84	104,263.29	399,224.76	503,488.05
17	1159	2.5	401	142	259	732.19	1,557.84	104,263.29	403,634.30	507,897.59
18	1163	2.5	404	142	262	732.19	1,557.84	104,263.29	408,075.14	512,338.43
19	1171	2.5	407	142	265	732.19	1,557.84	104,263.29	412,547.51	516,810.80
20	1177	2.5	410	142	268	732.19	1,557.84	104,263.29	417,051.64	521,314.93

Resumen de los resultados de la evaluación

Con el propósito de determinar los indicadores de evaluación pertinentes, los cuales se fundamentan en el análisis de los costos y beneficios asociados, se ha elaborado un flujo de caja que utiliza valores ajustados a precios sociales. Este análisis abarca el horizonte de planificación del proyecto y se presenta en detalle en la tabla siguiente, la cual engloba los indicadores clave utilizados para la evaluación.

Con el enfoque en el flujo de caja ajustado a precios sociales, se busca considerar de manera integral y equitativa tanto los costos como los beneficios que se derivan del proyecto. A través de esta metodología, se puede evaluar de manera más precisa el impacto económico y social del proyecto en el horizonte temporal previsto.

La tabla proporciona una visión completa de los indicadores de evaluación que se han calculado con base en esta metodología, lo que permite tomar decisiones informadas y fundamentadas sobre la viabilidad y rentabilidad del proyecto en cuestión.

Tabla 11. Indicadores de costo/beneficio

Indicadores	Alternativa I	Alternativa II
	A precios sociales	A precios sociales
VAN (S/.)	1'490,605.35	1'471,316.86
TIR (%)	16.49%	16.35%
C/B (S/.)	1.53	1.52

Los indicadores que surgen del análisis de la evaluación social del proyecto demuestran que la Alternativa I, la cual se propone en el proyecto de mejora y ampliación del sistema de agua para la localidad de Atuncolla, es socialmente viable. Esto se traduce en que la valoración otorgada por los beneficiarios a las obras planificadas en el proyecto supera con creces todos los costos asociados, tanto los relacionados con la inversión inicial como los relacionados con la operación y el mantenimiento a lo largo del tiempo.

En otras palabras, los resultados de la evaluación social indican que la alternativa I del proyecto es altamente beneficiosa desde una perspectiva social.



Los beneficios que se esperan lograr, según la valoración de los beneficiarios, superan de manera significativa tanto los costos iniciales de implementación como los costos continuos de operación y mantenimiento.

Este hallazgo respalda la recomendación de avanzar con la Alternativa I, ya que se espera que esta opción tenga un impacto positivo y significativo en la calidad de vida de la comunidad de Atuncolla y que los beneficios generados superen con creces cualquier inversión y gasto asociado al proyecto.

Selección de alternativa

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación social, que se basó en la metodología de Costo/Beneficio, se emplearon como criterios de evaluación los indicadores de rentabilidad, específicamente el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores permiten comparar los beneficios incrementales y los costos incrementales asociados a cada alternativa del proyecto.

Los resultados de esta evaluación indican que la Alternativa I se considera la opción preferida. Esta alternativa arroja resultados más favorables en comparación con la otra opción propuesta. Específicamente, se ha calculado un VAN positivo de 1,490,605.35 unidades monetarias a precios sociales. Además, la TIR obtenida para la Alternativa I es del 16.49%, la cual supera la Tasa Social de Descuento establecida en el 9%.

Estos resultados, expresados en términos de precios sociales, indican que la Alternativa I es la elección más adecuada desde una perspectiva económica y



financiera. Esto implica que esta alternativa generará un valor neto positivo para la sociedad y ofrece un retorno sobre la inversión que supera la tasa de descuento social, lo que refuerza su viabilidad y justificación como la opción seleccionada para el proyecto.

Los resultados presentados en la tabla 11 revelan que la Alternativa I muestra un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 1,490,605.35 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16.49%. En contraste, la Alternativa II registra un VAN de S/. 1,471,316.86 y una TIR de 16.35%.

En consecuencia, se llega a la conclusión de que la Alternativa I es la elección preferida. Esta elección se basa en los indicadores de rentabilidad, ya que la Alternativa I exhibe tanto un VAN como una TIR positivos y superiores a los de la Alternativa II.

La selección de la mejor alternativa también se realiza mediante una evaluación de costo-efectividad. En función de los resultados proporcionados en el resumen de indicadores, se deduce que la Alternativa I es la más viable. Esto se debe a que presenta un costo unitario más bajo necesario para implementar el servicio de saneamiento en la localidad y por cada beneficiario durante el horizonte del proyecto. Dicho costo se estima en S/. 2,293.10 nuevos soles a precios sociales.

Desde la perspectiva de rentabilidad como de costo-efectividad, la Alternativa I se presenta como la opción más sólida y viable para la implementación del servicio de saneamiento en la localidad.



Tabla 12. Análisis de indicador de costo de efectividad

Indicadores	Alternativa única
	A precios sociales
VACT (al 9% de la TSD S/.)	2'350,427.00
Número de beneficiarios	1177
Costo efectividad (CE)	2293.1

4.1.2. Comparación de la rentabilidad; es decir los costos de construcción, operación y mantenimiento para un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable respecto a un sistema eléctrico convencional.

Para el logro del presente objetivo se ha considerado lo siguiente:

Cuantificación de Beneficios de Nuevos Usuarios.

Valor de recursos liberados

Para estimar el valor de estos beneficios se tiene en cuenta los siguientes datos básicos.

Numero de bidones y baldes consumidos por día por vivienda 6 baldes y bidones

Capacidad de balde y bidón 18 litros

Tiempo de acarreo por viaje 15 minutos

Numero de baldes y bidones acarreadas por Padres 6 baldes y bidones

Valor de 1 hora (propósito laboral) 4 por hora



Valor de 1 hora (propósito no laboral): 35% 1.4 por hora

Con estos datos se obtiene:

Datos del consumo de los no conectados

Numero de acarreo de agua por día/vivienda (1) viajes = 6

Volumen de balde y bidón (2) Lts = 15

Consumo promedio diario por vivienda:(3) = (1) x (2) Lts = 90

Consumo promedio mensual por vivienda:(3) (30) / 1000 m³/mes = 2.7

Tabla 13. Cálculo del costo económico por acarreo de agua de no conectados

Personas que acarrea	Tiempo de acarreo por viaje (min)	Nº de viajes/día	Tiempo total de acarreo (hrs)	Valor del tiempo por hora (S/.)	Valor del tiempo de acarreo (S/. dia)
Padres	15.00	4.00	1.00	1.40	1.40
Hijos	16.00	2.00	0.53	1.12	0.60
TOTAL	31.00	6.00	1.53	2.52	2.00

Valor del tiempo de acarreo por vivienda al mes (S/. mes): 59.92

Cantidad acarreada al mes por vivienda(m³/mes): 2.70

Valor de tiempo de acarreo al mes/mes³ por vivienda (S/. m³): 22.19

En el distrito de Atuncolla:

- Una familia no conectada al mes consume 2.70 m³ de agua acarreada de los vecinos, pozos y otros.

- El costo económico (costo alternativo) por acarreo de agua de una familia es de S/. 22.19 m³.
- El área del rectángulo sombreado representa el valor de los recursos liberados por una familia (beneficio por dejar de acarrear agua) cuando se implementa el proyecto.

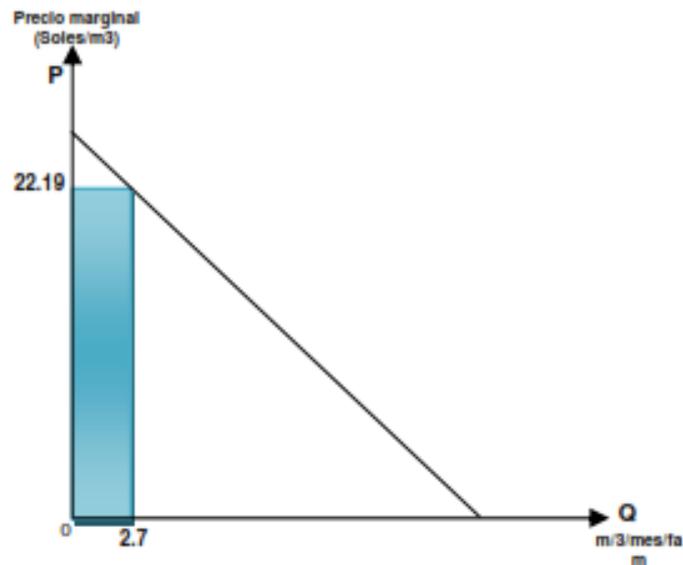


Figura 24. Valor de recurso liberado por familia

El valor del área del rectángulo es: $2.70 * 22.19 = S/ 59.92$ /fam/mes (área sombreada en celeste).

Beneficio del consumidor por mayor disponibilidad del servicio

Para estimar el valor de estos beneficios se tiene en cuenta los siguientes datos básicos:

- El consumo de los no conectados al sistema público es de 2.70 m³/mes/familia.
- El costo económico del agua para los no conectados al sistema de red pública es de S/. 22.19 m³/mes/familia.



- No hay micro medición del consumo de agua potable.
- El consumo de saturación con tarifa marginal es 120 lts/persona/día equivalente a $(120 \text{ l/p/d} * 2.5 \text{ miembros-fam} * 30)/1000 = 9.00 \text{ m}^3/\text{mes/familia}$.

Con estos datos obtenidos se procede a calcular:

- La curva de demanda de agua potable.
- El valor de los beneficios por disponibilidad del servicio de agua potable por familia y por mes (área del triángulo).

4.2. DISCUSIONES

La evaluación de la idoneidad geográfica, climática y topográfica de Atuncolla es esencial para el éxito de la implementación de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica. La alta altitud de la ubicación implica una disminución de la presión atmosférica y, por ende, de la densidad del aire. Esto afecta la eficiencia de los paneles solares y la operación del sistema de bombeo (Llanqui, 2013; Medina, 2019; Zilli, 2018). Sin embargo, la radiación solar en la zona es considerablemente alta, lo que compensa en gran medida este efecto (Choque, 2018; Condori, 2015; Llanqui, 2013; Medina, 2019).

Además, la topografía del terreno influye en la selección de la ubicación específica de los paneles solares y la disposición de los elementos del sistema de bombeo (Diaz, 2016; Medina, 2019). Es crucial la identificación de las áreas con mayor exposición solar y considerar la orientación e inclinación óptimas de los paneles para maximizar la captación de energía solar (Lara, 2007; Luza, 2018; Mena, 2016).



A pesar de la alta altitud que puede afectar ligeramente la eficiencia de los paneles solares, la abundante radiación solar y la topografía del terreno ofrecen una base sólida para la implementación de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en Atuncolla (Llanqui, 2013; Mena, 2016).

La viabilidad económica y confiabilidad del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos es un aspecto crítico a considerar durante la etapa de operación (Cerrolaza, 2017; Diaz, 2016; Zilli, 2018). La eficiencia energética es un indicador clave, y se ha demostrado que el sistema propuesto tiene una alta eficiencia, lo que implica una utilización efectiva de la energía solar captada (Lara, 2007; Luza, 2018; Medina, 2019).

En cuanto a los costos asociados, se ha realizado un análisis exhaustivo que incluye tanto los costos de construcción inicial como los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo (Cerrolaza, 2017; Condori, 2015; Luza, 2018; Zilli, 2018). Los resultados indican que el sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica ofrece beneficios significativos en términos de ahorro de costos operativos en comparación con un sistema eléctrico convencional (Ashby, 2023; Karim & Puspitasari, 2023; Volpi et al., 2006).

La tasa de disponibilidad es otro indicador crucial que se ha evaluado. Los resultados demuestran que el sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos tiene una alta tasa de disponibilidad, lo que garantiza un suministro de agua constante y confiable para la comunidad (Luza, 2018; Medina, 2019; Zilli, 2018). El sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos demuestra ser económicamente viable y altamente confiable durante la etapa de operación, con una eficiencia energética destacada y una tasa de disponibilidad



que asegura un servicio de agua potable ininterrumpido (Cerrolaza, 2017; Diaz, 2016; Llanqui, 2013).

La comparación de rentabilidad entre un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable y un sistema eléctrico convencional es esencial para tomar decisiones informadas (Cerrolaza, 2017; Condori, 2015; Luza, 2018; Zilli, 2018). Se ha evaluado tanto el costo inicial de construcción como los costos operativos y de mantenimiento a lo largo del tiempo (Luza, 2018; Medina, 2019; Zilli, 2018).

Los resultados indican que el sistema solar fotovoltaico presenta ventajas significativas en términos de costos operativos, especialmente en lo que respecta al suministro de energía (Llanqui, 2013; Medina, 2019; Zilli, 2018). La captación de energía solar proporciona una fuente sostenible y económica en comparación con la dependencia de una red eléctrica convencional (Cerrolaza, 2017; Zilli, 2018).

Aunque el costo inicial de construcción del sistema solar fotovoltaico puede ser ligeramente mayor, este se compensa con creces a lo largo del tiempo debido a los ahorros en los costos operativos (Lara, 2007); Luza (2018). Esto demuestra que, desde una perspectiva financiera y económica, la opción del sistema solar fotovoltaico es altamente rentable y ofrece un retorno de inversión atractivo (Ashby, 2023; Karim & Puspitasari, 2023; Volpi et al., 2006). La comparación de rentabilidad favorece claramente al sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable en comparación con un sistema eléctrico convencional, lo que respalda la selección de esta alternativa como la opción preferida para el proyecto en Atuncolla (Lara, 2007; Luza, 2018; Medina, 2019).



V. CONCLUSIONES

El objetivo central del proyecto de implementar un sistema de bombeo de agua potable con energía solar en el distrito de Atuncolla es reducir las deficiencias en el suministro de agua en la zona urbana. Esto busca tener un impacto significativo en la disminución de los niveles de pobreza y pobreza extrema en la región, mediante la coordinación de programas y proyectos relacionados. El proyecto aborda el problema de alta incidencia de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y cutáneas en la comunidad de Atuncolla. Se estima que alrededor de 1177 habitantes, pertenecientes al grupo socioeconómico de bajos recursos, se beneficiarán de esta iniciativa. En resumen, el proyecto tiene como enfoque mejorar el acceso a agua potable segura y saludable en el distrito, con el fin de combatir enfermedades y mejorar la calidad de vida de la población económicamente vulnerable.

El proyecto ha sido evaluado minuciosamente en términos de viabilidad económica y confiabilidad durante su fase operativa, reflejado en los costos totales de inversión. A precios de mercado, la Alternativa I tiene un costo total de S/. 5'632,296.13, mientras que, a precios sociales, este se reduce a S/. 4'703,942.77. Esta evaluación abarca tanto los costos directos como los costos sociales asociados a la implementación del proyecto. En resumen, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los gastos necesarios para ejecutar la Alternativa I, considerando tanto una perspectiva financiera pura como una que pondera los beneficios y costos sociales. Esto asegura la sostenibilidad y beneficencia del proyecto, tanto en términos económicos como en su impacto social.

El análisis exhaustivo de rentabilidad, que abarca los costos desde la construcción hasta el mantenimiento de un sistema de bombeo de agua potable mediante energía solar



fotovoltaica en comparación con un sistema eléctrico convencional, concluye que la Alternativa I es la opción más viable, especialmente en la evaluación a precios sociales. Esta elección se basa en la consideración de los costos asociados y su impacto social, respaldando la Alternativa I como la mejor opción para el sistema de bombeo de agua potable en la comunidad de Atuncolla. La sostenibilidad del proyecto está respaldada por una sólida estructura institucional que implica la colaboración activa de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), la Municipalidad Distrital de Atuncolla y los beneficiarios a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Además, el análisis de sensibilidad ha demostrado de manera consistente que la Alternativa I siempre es la opción más resistente a variaciones o cambios en las condiciones, reforzando la confianza en su selección y asegurando la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el monitoreo y evaluación de las condiciones de instalación del sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica para abastecimiento de agua potable en el distrito de Atuncolla.

Realizar la comprobación de la premisa de ser económico y confiable en la etapa de operación del proyecto, en los primeros cinco años de operación y funcionamiento del sistema.

Se recomienda la implementación (ejecución) de este proyecto por ser rentable socialmente y sostenible, en vista que es rentable, en todas las fases principalmente en la operación y mantenimiento para un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua potable respecto a un sistema eléctrico convencional.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al, H. H. (2023). The future of solar power [Book]. Nova Science Publishers, Inc.
<https://doi.org/10.52305/VFIO3684>
- Ashby, M. F. (2023). Materials and sustainable development (Vol. 3). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2021-0-00557-5>
- Batista, O. (2012). Energia Fotovoltaica em Estruturas Híbridas Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Rio de Janeiro, BR.
- Bellezoni, R. A., Sharma, D., Villela, A. A., & Junior, A. O. P. (2018). Water - energy - food nexus of sugarcane ethanol production in the state of Goiás, Brazil: An analysis with regional input-output matrix. Biomass and bioenergy, 115, 108 - 119 p.
- Carrasco, S. (2019). Metodología de la investigación científica. Editotial San Marcos EIRLTDA.
- Cerrolaza, J. (2017). Estudio y análisis de sistemas de bombeo fotovoltaico en comunidades rurales de Nicaragua Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería Eléctrica]. Getafe, ES.
- Choque, D. (2018). Evaluación del uso de energía solar fotovoltaica-eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un centro poblado rural- Ilave Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Puno, PE.
- Condori, F. (2015). Análisis de la sostenibilidad del servicio de agua potable Atuncolla - Puno Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE.



- Cruz, V. M., & Núñez, T. E. (2014). Diseño de tres sistemas fotovoltaicos para la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. *Electrónica - Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 17, 18 p.
- Deambi, S. (2016). *Photovoltaic system design: Procedures, tools and applications*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315372181>
- Diaz, B. G. (2016). Proyecto de inversión social para el abastecimiento de agua potable para el caserío de Huaca Bandera-distrito de Pacora-provincia de Lambayeque usando un sistema de bombeo solar [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Escuela de Ingeniería Industrial]. Chiclayo, PE.
- Domínguez, M. C., Medina, M. d. C., & Martínez, M. I. (2018). Metodología de investigación para la educación y la diversidad. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=725231>
- Dwivedi, S., & Dwivedi, N. (2023). *Bionanotechnology Towards Green Energy: Innovative and Sustainable Approach*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003316374>
- EPE. (2012). Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira. In E. d. P. E. (EPE) (Ed.), *Nota Técnica da EPE* (pp. 58). Rio de Janeiro, BR.
- Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación: Manual autoformativo interactivo*. Universidad Continental.
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Red Tercer Milenio S.C. <http://aliatuniversidades.com.mx/rtm/index.php/producto/metodologia-de-la-investigacion/>
- Hahn, Y.-B., Mahmoudi, T., & Wang, Y. (2023). *Next-Generation Solar Cells: Principles and Materials*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003372387>



- Haq, S. A. (2021). *Plumbing Principles and Practice*, Second edition [Book]. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003172239>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPLERI.pdf>
- INEI. (2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Mapa de Pobreza Multidimensional del Perú*
- Karim, S. A. A., & Puspitasari, P. (2023). *Advanced Materials towards Energy Sustainability: Theory and Implementations* [Book]. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003367819>
- Klemeš, J. J. (2022). *Handbook of process integration (PI): minimisation of energy and water use, waste and emissions*. Woodhead Publishing.
<https://doi.org/10.1016/C2020-0-01220-X>
- Krishna, K. S., & Kumar, K. S. (2015). A review on hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 907 - 916.
- Kumar, A., & Prajapati, S. (2023). *Solar Powered Wastewater Recycling* [Book]. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003407690>
- Kumar, A., Singh, V. P., Meena, C. S., & Dutt, N. (2023). *Thermal Energy Systems: Design, Computational Techniques, and Applications*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003395768>
- Kumar, R., Singh, V. P., & Maryam, M. (2023). *Laboratory Manual for Groundwater, Wells, and Pumps* [Book]. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003319757>



- Lara, F. A. (2007). Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles fotovoltaicos Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Mecánica, Universidad Austral de Chile]. Chillán, CL.
- Llanqui, A. J. (2013). Análisis comparativo de las alternativas de bombeo de agua con energía solar y energía a diesel en las comunidades de Sancayuni y Villa Orinojon - Isla Amantani Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE.
- Luza, J. C. (2018). Propuesta de un sistema de bombeo de agua subterránea para la zona agrícola de Carmen Alto en la ciudad de Arequipa Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios]. Arequipa, PE.
- Materazzi, M., & Foscolo, P. U. (2019). The role of waste and renewable gas to decarbonize the energy sector. In Substitute Natural Gas from Waste (pp. 1-19). Elsevier.
- Medina, A. F. (2019). Análisis comparativo de un sistema de bombeo de agua potable con energía solar fotovoltaica y con energía eléctrica convencional para la localidad de Chaupi Sahuacasi, provincia de Azángaro – Puno (Publication Number 1) Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Puno, PE.
- Mena, M. J. (2016). Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil]. Ambato, EC.
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24186>



- Moreira, M. (2018). Geração de energia elétrica no Nordeste brasileiro: aplicação de método de dimensionamento para sistemas híbridos renováveis Universidade Salvador, Laureate International Universities (UNIFACS)]. Salvador, BR.
- National Academies of Sciences Engineering and Medicine. (2023). The Role of Net Metering in the Evolving Electricity System. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26704>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis (4 ed.). Ediciones de la U.
- 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).
- Santiesteban, E. (2014). Metodología de la investigación científica. Editorial Académica Universitaria (Edacun).
- SENAMHI. (2003). Atlas de Energía Solar del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Shahsavari, A., & Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291.
- Shayani, R. A., Gonçalves, M. A., & de Toledo, I. M. (2006). Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE), Brasília, BR.
- Spellman, F. R. (2016). Water and wastewater conveyance: Pumping, hydraulics, piping, and valves [Book]. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315367125>



- Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa.
- Valderrama, S. R. (2013). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta. San Marcos.
- Volpi, G., Jannuzzi, G., Dourado, R., & Gomes, M. (2006). A sustainable electricity blueprint for Brazil. *Energy for Sustainable Development*, 10(4), 14 - 24 p.
- Zilli, B. M. (2018). Sistema autônomo de bombeamento de água acionado por painéis fotovoltaicos amorfo e policristalino [Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura]. Paraná, BR.
- Zu, M. (2018). Mechanical design and manufacturing of hydraulic machinery [Book]. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315249407>



ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico



Figura 25. Vista del sistema de agua potable anterior



Figura 26. Vista de la ubicación del reservorio



Figura 27. Vista de la zona urbana de Atuncolla



Figura 28. Vista de laguna de Umayo



Figura 29. Vista del panel solar



Figura 30. Vista de la caseta de bombeo



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo RALPH JORGE HUARACO LIPE
identificado con DNI 70384673 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:

"EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA
DE BOMBEO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE ATUMOLLA - PUNO"

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 04 de OCTUBRE del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo RALPH JORGE HUARACO LIPE,
identificado con DNI 70384673 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:

“ EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA
DE BOMBEO CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE AZUNCOLLA - PUNO ”

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 04 de OCTUBRE del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella