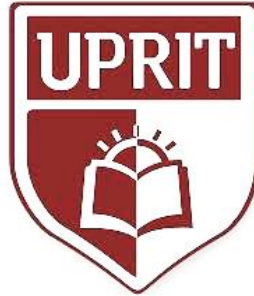


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE CON SUMINISTRO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EN
COLLANA-TARACO-HUANCANE-PUNO-2020**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. WASHINGTON MAMANI MIRANDA

ASESOR:

Ing. ENRIQUE MANUEL DURAND BAZAN

TRUJILLO - PERU

2021



HOJA DE FIRMAS

Autor:

Bachiller. Washington Mamani Miranda

Ing. Enrique Manuel Durand Bazan

PRESIDENTE

Ing. Guido Marin Cubas

SECRETARIO

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

VOCAL



DEDICATORIA

A mi padre y hermanos, por su inmenso cariño y apoyo, ya que, a pesar de lo sacrificado de su labor, siempre han estado presentes, para darme palabras de aliento y de esa manera pueda superar cada adversidad presente.

A mi esposa compañera Olga y mis hijos, Lilian y Neil por brindarme palabras de aliento y apoyo, estar presente en los momentos más difíciles y ser un motivo de superación personal.



AGRADECIMIENTO

A nuestro Señor Todo Poderoso y nuestra Tierra Pachamama, por esta oportunidad de nuestra vida profesional, de sus bendiciones para salir adelante con nuestro esfuerzo.

A la Universidad Privada de Trujillo, por la formación que nos hizo grandes conocedores de la Ingeniería Civil, por todo lo que representa para nuestra vida profesional; así mismo agradecemos a nuestros Docentes que nos brindaron sus conocimientos, para de esa forma volcar los conocimientos en el campo de trabajo.

WASHINGTON MAMANI MIRANDA



INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INSTRUDUCCION..... | 12 |
| 1.1. | REALIDAD PROBLEMATICA..... | 13 |
| 1.2. | Formulación del problema..... | 14 |
| 1.3. | Justificación..... | 15 |
| 1.4. | Objetivos..... | 16 |
| 1.5. | Antecedentes..... | 16 |
| 1.6. | Bases Teóricas..... | 21 |
| 1.6.1. | Energía Solar Fotovoltaico..... | 21 |
| 1.6.2. | Diseño de sistema de agua potable en zonas rurales..... | 33 |
| 1.7. | Definición de términos básicos..... | 46 |
| 1.8. | Formulación de la hipótesis..... | 47 |
| 2. | MATERIAL Y METODOS..... | 49 |
| 2.1. | Material..... | 49 |
| 2.2. | Material de estudio..... | 50 |
| 2.2.1. | Población..... | 50 |
| 2.2.2. | Muestra..... | 50 |
| 2.3. | Técnicas, procedimientos e instrumentos..... | 51 |
| 2.3.1. | Para recolectar datos..... | 51 |
| 2.3.2. | Para procesar datos..... | 51 |
| 2.4. | Operacionalización de variables..... | 52 |
| 2.5. | METODOLOGIA..... | 52 |
| 3. | RESULTADOS..... | 53 |
| 3.1. | UBICACIÓN POLITICA..... | 53 |
| 3.2. | Diseño de sistema de agua potable hidráulica..... | 66 |
| 3.3. | Diseño del sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica..... | 75 |
| 3.4. | FUNCIONABILIDAD..... | 86 |
| 3.5. | RENTABILIDAD..... | 86 |
| 4. | IV.- DISCUSION..... | 88 |
| 5. | V.- CONCLUSIONES..... | 89 |
| 6. | VI.- RECOMENDACIONES..... | 90 |
| 7. | VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 91 |



8. ANEXOS92



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Tipos de radiación</i> | 25 |
| Tabla 2 Periodo de diseño..... | 33 |
| Tabla 3 Dotación de agua | 34 |
| Tabla 4 Componentes de recambio..... | 45 |
| Tabla 5 Operacionalización de variables | 52 |
| Tabla 6 Causas de morbilidad..... | 58 |
| Tabla 7 Causas de mortalidad..... | 59 |
| Tabla 8 Morbilidad epidemiológica..... | 60 |
| Tabla 9 Nivel de educación poblacional..... | 61 |
| Tabla 10 Instituciones educativas | 62 |
| Tabla 11 Ingreso mensual familiar | 63 |
| Tabla 12 Gasto mensual familiar | 63 |
| Tabla 13 Análisis de costos de ingreso y egreso | 64 |
| Tabla 14 Disposición de pago..... | 65 |
| Tabla 15 Monto disponible de pago | 65 |
| Tabla 16 Radiación solar en Puno | 66 |
| Tabla 17 Coeficiente de accesorios | 71 |
| Tabla 18 Alturas de nivel (m.s.n.m.) | 72 |
| Tabla 19 Alturas de caisson y reservorio..... | 72 |
| Tabla 20 Datos para la línea de impulsión..... | 76 |
| Tabla 21 Consumo medio diario..... | 77 |
| Tabla 22 Consumo medio diario..... | 78 |



| | |
|---|----|
| Tabla 23 N° de paneles en serie y paralelo..... | 78 |
| Tabla 24 Dimensionamiento de baterías..... | 79 |
| Tabla 25 Dimensionamiento de baterías..... | 80 |
| Tabla 26 Dimensionamiento del inversor..... | 80 |
| Tabla 27 Resultado de diseño..... | 81 |
| Tabla 28 Diferencia entre sistemas..... | 82 |
| Tabla 29 Partidas y presupuesto del sistema fotovoltaico..... | 82 |
| Tabla 30 Partidas y presupuesto del sistema convencional..... | 84 |
| Tabla 31 Costo de mantenimiento del sistema convencional..... | 85 |
| Tabla 32 Costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico..... | 85 |
| Tabla 33 Cuadro comparativo de los sistemas..... | 86 |



INDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Radiación solar | 23 |
| Figura 2 Tipos de radiación | 24 |
| Figura 3 Cartas solares..... | 26 |
| Figura 4 Cartas solares..... | 27 |
| Figura 5 <i>Masa</i> de aire | 28 |
| Figura 6 Hora solar pico | 29 |
| Figura 7 Efecto fotoeléctrico y panel..... | 31 |
| Figura 8 Efecto fotoelectrico y panel..... | 32 |
| Figura 9 Diseño de bombeo solar | 39 |
| Figura 10 Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad | 46 |
| Figura 11 limites | 53 |
| Figura 12 Coordenadas UTM. | 54 |
| Figura 13 Ubicación geográfica..... | 54 |
| Figura 14 Imagen satelital..... | 55 |
| Figura 15 Caseta de bombeo..... | 55 |
| Figura 16 Vías de acceso del proyecto | 56 |
| Figura 17 Topografía de la zona del proyecto | 57 |
| Figura 18 Nivel poblacional de educacion | 61 |
| Figura 19 Diagrama de Impulsión | 73 |



RESUMEN

El presente proyecto de investigación del centro poblado de Collana distrito de Taraco provincia de Huancané, es dar una solución eficiente y rentable para el abastecimiento de agua potable a la población de 146 familias, tiene su infraestructura ejecutada donde la fuente de agua se ubica por debajo de la cota del terreno natural de viviendas, es muy importante para trasladar el recurso hídrico hacia el reservorio existente que esta ubicado en punto elevado de la zona, por lo que se requiere diseñar un sistema de bombeo convencional eléctrico o un sistema de bombeo fotovoltaica, ya que la población tiene que recorrer kilómetros para poder abastecerse de agua, para ello elegir la mejor opción. Los datos se obtuvieron a través de encuestas socioeconómicas, localizando la captación existente y el almacenamiento de agua y se recolecto la luz solar disponible, con el análisis de datos obtenidos se diseño el sistema de bombeo solar fotovoltaico con el año más crítico, también se determinó la rentabilidad de ambas opciones, bajo este contexto este el sistema fotovoltaico es más económico y óptimo. Se concluye en base a los resultados el sistema de bombeo solar fotovoltaico es funcional y mas rentable que la energía eléctrica convencional.

Palabras Clave: Sistema bombeo, fotovoltaico, convencional, funcionabilidad, rentabilidad.



ABSTRACT

The present research project of the Collana population center in the district of Taraco, province of Huancane, is to provide an efficient and cost effective solution for the supply of drinking water to the population of 146 families, has its infrastructure implemented where source is located below the level of the natural terrain of housing. It is very important to transfer the water resource to the existing reservoir that is located at a high point in area, so it required to design a conventional electric pumping or photovoltaic pumping system since the population has to travel kilometers to be able to get water, to choose the best option. The data were obtained through socioeconomic surveys, locating the existing water collection and storage and collecting the available sunlight, with the analysis of the data obtained the photovoltaic solar pumping system was designed with the most critical year, also determined the profitability of options, under this context this the photovoltaic system is more economical and optimal. Based on the results, it is concluded that the solar photovoltaic pumping system is functional and more profitable than conventional electric energy.

Key Words: Pumping system, photovoltaic, conventional, operability, cost-effectiveness



INTRODUCCION

Desde el comienzo del desarrollo de investigación, la electrificación ha sido de difícil implementar en comunidades rurales alto andinas de zonas inaccesibles, inclusive se pudo lograr electrificar de esa manera pudiéndose usar la energía para bombear agua con electricidad, hoy por hoy en la práctica se ha constatado que estos sistemas que funcionan no son sustentables con la economía de la población.

Por todo ello, muchos sistemas que fueron ejecutados con sistemas de cámaras de bombeo por sistema convencional en lugares de zonas pobres, que es un desperdicio en dinero en infraestructura, dichos sistemas no están en operatividad por falta de pagos mensuales que adeudan a electro-Puno, institución privada que toma la decisión de cortarlos que en la actualidad dichas captaciones no están cumpliendo por el cual fueron construidos.

Viendo esa realidad la energía solar fotovoltaico sería una nueva alternativa para remplazar a la energía eléctrica convencional, puesto que la nueva tecnología se va posicionando cada vez más accesible para implementar proyectos de agua potable de costo más bajo para las comunidades y poblaciones en pobreza económica: el Perú cuenta con un gran potencial energético (horn, 2006) afirma que: La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año. Comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso, en términos generales se dispone, en promedio anual, de 4-5 kwh/m²dia en la costa y selva y de 5-6 kwh/m²dia. Aumentado de norte a sur.



La radiación por regio muestra en Puno: en el cual se aprecia que en Huancané los meses de febrero, mayo y noviembre ronda los 5.5 kwh/m² a 6.0 kwh/m² y las tomadas en agosto son de 4.5 kwh/m² a 5.0 kwh/m². (SENAMHI.2003)

Teniendo todos los recursos de naturales de radiación es de aprovechar este recurso y realizar el uso masivo para las comunidades rurales de bajo recurso económico, teniendo en cuenta los datos mencionados, que pueden ser utilizados para el funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento del centro poblado de Collana, Distrito de Taraco, Provincia de Huancané-Puno.

1.1. REALIDAD PROBLEMATICA

El área de influencia del centro poblado de Collana está ubicado al norte del Distrito de Taraco, con una población de 730 habitantes con 146 familias con clima variado con precipitaciones pluviales entre diciembre a marzo y bajas temperaturas en periodo de invierno (-7.5°C en promedio) cuenta con luz eléctrica las 24 horas del día, son de recursos económicos muy bajos por ende el no funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento. Es un problema que actualmente no está en operatividad por falta de economía de la población que los costos son muy caros, por ello la escasez de agua que afecta las enfermedades gastrointestinales y dérmicas de salud en la población, la topografía es plana como característica existe agua subterránea, un río que cruza con alta contaminación, mas no existe aguas manantiales.

Actualmente carecen de servicio de agua potable para el consumo humano, razón por la cual están expuestas a enfermedades de tipo gastrointestinales y dérmicas, en la realidad la población se abastece del líquido elemento de pozos artesianos y ríos, que presentan clara contaminación en vista que el agua es turbia tiene un color café, el sistema de agua potable y saneamiento estaba en funcionamiento con cámara de bombeo con energía eléctrica por los

costos altos que cada mes tienen que pagar se les cortó el suministro de energía eléctrica por parte de electro Puno, en la constatación los pagos y las moras son inalcanzables por lo que se requiere plantear un nuevo sistema de energía.

Para hacer uso de este líquido elemental se requiere de la instalación de una nueva tecnología que esté acorde a la realidad por lo que planteamos sistema de energía solar fotovoltaica o energía eólica para solucionar y garantizar el funcionamiento del sistema de agua potable.

Para elaborar el presente trabajo de investigación es hacer estudio de una fuente de energía limpia de bajo costo y bajo impacto ambiental que tenga una amplia disponibilidad y que sea renovable.

1.2. Formulación del problema.

✓ Pregunta General.

- ¿Es posible lograr la operatividad del sistema de bombeo en el abastecimiento con energía fotovoltaica o panel solar en el centro poblado de collana del distrito de taraco provincia de Huancané-puno? ¿el cual no funciona por alto costo de energía eléctrica y la no existencia de la red trifásica?

✓ Preguntas Específicas

- ¿es posible diseñar un sistema de bombeo en el abastecimiento de agua potable, con energía solar, en el centro poblado de collana del distrito de taraco de la provincia de Huancané de la región puno?
- ¿es posible lograr el funcionamiento del abastecimiento de agua potable, cambiando por el suministro de energía solar por bombeo para el centro poblado de collana distrito de taraco de la provincia de Huancané de la región puno?

1.3. Justificación.

Por su relevancia social, esta tesis contribuyera técnicamente al Centro Poblado, aprovechando el uso de la radiación solar como fuente energética para bombear agua con fines de uso poblacional, con la aplicación eficiente de estas tecnologías se salvará el bombeo de desnivel entre la población y la captación subterránea de tipo caison al reservorio, para su distribución.

Por su aporte metodológico, esta tesis es importante porque se proyecta resolver la carencia de agua para consumo humano, servirá de guía en beneficio para el análisis de alternativas de solución costo operación y beneficio con respecto a otras técnicas para la toma de decisiones en las obras a ejecutar, es primordial que estén al alcance y posibilidad económica de la población, mejorar su calidad de vida y contribuir en el desarrollo sostenible del centro poblado de Collana del distrito de Taraco Provincia de Huancané.

En la actualidad la energía renovable es libre y gratuita, remplazaremos al bombeo de energía convencional con sistema, de energía fotovoltaico, para el sistema de panel solar fotovoltaico implica conocer la radiación solar, los costos, en la implementación básicamente se utiliza paneles solares, bomba sumergible, un pozo caison, reservorio, con finalidad de abaratar costos de bombeo operación y mantenimiento.

En Puno se toman valores de 4.5 kwh/m² a 5.0 kwh/m² datos publicados por SENAMHI en el 2003 y datos de la NASA por último, para este dimensionamiento de radiación solar deben tomarse los datos a diario para la correcta variación real de la radiación solar, que nos permitirá tomar mejores decisiones para el tipo de bombeo a utilizar.



1.4. Objetivos.

➤ Objetivo General.

Lograr y hacer sostenible el funcionamiento del sistema de agua potable, proponiendo la instalación de un equipo de bombeo con energía fotovoltaica o panel solar en el Centro Poblado de Collana, distrito de Taraco provincia de Huancané de la región Puno, donde la energía monofásica es costosa y no existe red trifásica.

➤ Objetivos Específicos.

- Definir un sistema de bombeo en el abastecimiento de agua potable reemplazando el suministro de energía eléctrica con energía fotovoltaica o panel solar en el Centro Poblado de Collana Distrito de Taraco, Provincia de Huancané – Puno.
- Lograr la eficiente cobertura y continuidad de funcionamiento del abastecimiento de agua potable con diseño de suministro de energía fotovoltaica de bajo costo en el sistema de bombeo.
- Comparar la rentabilidad de costos, operación y mantenimiento para el sistema de energía solar fotovoltaico de bombeo con respecto a un sistema de energía convencional.

1.5. Antecedentes.

Los habitantes de la Comunidad Campesina de Collana no cuentan con una fuente adecuada de abastecimiento de Agua Potable.

El presente proyecto se origina frente a esta necesidad de mejorar las condiciones de salubridad de los pobladores del Centro Poblado de COLLANA, que carecen del consumo de agua en épocas de estiaje para satisfacer las demandas de agua tanto para consumo humano y del ganado.



En estos últimos años ha avanzado las tecnologías donde se viene dando mucha importancia al estudio de la energía solar fotovoltaica para el uso de diferentes sistemas de bombeo de agua con fines de consumo humano.

REFERENCIA

El marco institucional del sector de agua potable y saneamiento ha sufrido de muchos cambios sucesivos durante las últimas décadas, con ciclos de descentralización, sin lograr que mejore la calidad de servicios. En el país se ha invertido millonarias sumas de dinero con el fin de incrementar la cobertura de los servicios básico de saneamiento.

En puno, la empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno – EMSAPUNO S.A. opera en el marco de la política sectorial de Saneamiento, bajo los lineamientos establecidos por el plan estratégico, plan maestro optimizado y la normativa de la superintendencia de Servicios de Saneamiento SUNASS. “EMSAPUNO S.A.” tiene su origen en el Ministerio de Fomento del Perú, que posteriormente se transforma en Ministerio de Vivienda y Construcción. Entidad de la que depende a través de la dirección Regional, Bajo la denominación de Dirección de Obras.

El 28 de marzo de 1983 se firma el acta de transferencia como Unidad Operativa del servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado – SENAPA. Iniciando sus actividades con esta denominación el 01 de abril del mismo año. Hacia el 1987 la Unidad Operativa se transforma en la EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARRILLADO DE PUNO – SEDAPUNO, con autoridad administrativa y económica.

Con D.S. N° 137-90-PCM del 29 de octubre de 1990; se transfieren las acciones de SEDAPUNO a las municipalidades Provinciales de Melgar, Azángaro, Huancané, Chucuito, San Román y Puno. A su vez, en 1991 SEDAPUNO transfiere la administración de los servicios a

las municipalidades Provinciales de Melgar, Huancané y San Román, quedando bajo su administración los servicios de provincia de Huancané y Taraco.

Nacionales.

Muñoz Anticona (2005), tesis titulada “Aplicación de la energía solar para la electrificación rural en zonas marginales del país”, de la Universidad Nacional de Ingeniería, indica que el sol tiene una elevada calidad energética no contaminante y renovable permitiendo usos variados y efectivos, es inagotable a escala humana, para ser utilizada no necesita mucho espacio. Puede ser utilizado la energía solar de manera muy fácil para la generación eléctrica, no necesita de medidas de seguridad sofisticados, no produce residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación. Las aplicaciones más importantes de los sistemas de electrificación de zonas rurales, en donde no es posible llegar con la red de energía eléctrica convencional, por lo que en estos lugares es mejor instalar sistemas de energía fotovoltaico con uno o varios paneles solares con baterías para que posteriormente la energía sea almacenada en estas pueda ser utilizado por dispositivos convencionales (televisores, radios, focos, etc.) plantea además que los sistemas fotovoltaicos son confiables y duraderos, no contamina el medio ambiente y son competitivos para zonas alejadas de difícil acceso donde no cuentan con energía eléctrica convencional.

Alata (2015) realizó el “Dimensionamiento de un Sistema de Bombeo con Paneles Solares-Caso UNALM”, presentó el proyecto para poner en operatividad los servicios higiénicos de un pabellón de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el uso de una bomba solar mediante paneles solares fotovoltaicos, realizando un dimensionamiento de una bomba solar fotovoltaico.

Díaz (2016); desarrollo el “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”, donde realiza primeramente el diagnostico general de la población beneficiaria calculando el caudal necesario, lo primordial realizo su levantamiento topográfico para obtener los datos de las cotas con los cuales procedió a dimensionar una bomba solar con las especificaciones y demandas requeridas.

Andrade y Quispe (2016). Diseño y selección de un sistema eólico solar para generación de energía eléctrica , para que mejore el sistema de bombeo de agua para fines de riego en el centro poblado de Chumani – Yunguyo – Puno, recomienda la aplicación de este tipo de proyecto de generación eléctrica con sistemas de generación no convencionales en zonas rurales aisladas de la región Puno, por ser una energía totalmente limpia y que su uso en las actividades agrícolas, ganaderas y electrificación rural trae mayor progreso económico y social a zonas de escasos recursos económicos.

Internacionales.

Lara (2007). Realizo el “Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles fv” consiste acerca de un sistema de riego fotovoltaico para la zona de Buchupureo, es una localidad rural ubicado hacia la costa de la ciudad de Chillan, en la octava región del país.

Su objetivo principal fue diseñar un sistema de riego por goteo, para el riego de tomates mediante paneles solares en una parcela aproximado de $\frac{1}{4}$ de hectárea. Determinando la evapotranspiración del cultivo, tipo de suelo, cantidad de agua requerida y levantamiento topográfico para obtener datos de cotas, alturas para el bombeo solar fotovoltaico.



Rodríguez H. (2009). "Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas", realiza principalmente empleando la información de estaciones meteorológicas para ser transformados en información energética solar, tomando en cuenta el máximo mundial de 2500 kwh/m²/año, en Colombia varía en un 58% a 84% con respecto al máximo mundial. Su perspectiva es aumentar gradualmente el suministro de energía renovable para la reducción de emisiones de gases de contaminación de efecto invernadero.

Ladino Peralta (2011). Tesis de maestría "la energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia", de la Pontificia Universidad Javeriana; sustenta que encontró que las ZNI a través de esta investigación, los centros urbanos están alejados de la energía eléctrica convencional, indicando que solo con programas sociales se puede acceder a las energías renovables como una fuente sostenible de suministro de energía para su mejoramiento de calidad de vida, indica que comunidades rurales son beneficiadas pero no existen programas de seguimiento técnico ni social que permita conocer más información útil para replicar los resultados.

Chicagualla (2017). Realizó el estudio de la generación de energía para autoconsumo a través de paneles fotovoltaicos así disminuir los costos de consumo de energía eléctrica de la red a través del software RetScreen, analiza los indicadores de rentabilidad como el VAN, ahorros acumulados durante la vida del proyecto y se realizó un análisis con refrigerancia para los equipos, obteniendo valores de TIR de 13.2% aceptable para este tipo de proyectos de paneles fotovoltaicos, un VAN de \$ 2.804.814 y ahorros anuales de \$ 329.452 en el ciclo de estudio del proyecto.

1.6. Bases Teóricas.

1.6.1. Energía Solar Fotovoltaico

1.6.1.1. Sistema de bombeo por energía solar fotovoltaico

En el mundo los países más desarrollados han tomado el compromiso de disminuir sus emisiones de gases efecto invernadero con la inclusión de energías renovables y medidas de eficiencia energética, en sustitución del uso de combustibles fósiles.

Es necesario que los módulos fotovoltaicos deben garantizar la rentabilidad para los sistemas de energía fotovoltaicos, por lo general consta de un generador FV, sistema de motor/bomba, un pozo o captación de agua y sistemas de tuberías.

En resumen, la energía solar interviene de forma directa o indirectamente en las otras formas de energía renovable este término se utiliza para referirse a técnicas que utilizan de forma directa a la radiación solar como son la energía solar fotovoltaico que se encarga de transformar directamente la radiación solar a electricidad a través del efecto fotovoltaico.

1.6.1.2. Energía solar

Nuestro sistema solar es el sol, que funciona como un reactor termonuclear que está compuesto por helio e Hidrogeno, estos pierden masa debido a las reacciones, en realidad no se pierden esa masa porque la masa no se crea ni se destruye solo se transforma en energía en forma de radiación electromagnética y térmica. “El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5 500 °C...La radiación en el sol es de 63 450 720 W/m²” (Méndez, Cuervo & BUREAU, VERITAS FORMACION, 2012).

Fernández (2009. P.3) está constituido la energía solar por la porción de la luz que emite el sol y que es interceptada por el planeta tierra; el Perú es un país con alta incidencia de energía solar en su gran mayoría del territorio.

Méndez (2012. P. 33) plantea que la parte de energía producida por el sol se pierde en su camino hacia la tierra, la energía presente en la atmosfera de la tierra proviene del sol se llama constante solar, tiene un valor de $1\ 353\ \text{W/m}^2$, variable en $\pm 3\%$ por forma elíptica de la órbita terrestre.

1.6.1.3. Radiación solar o espectro solar

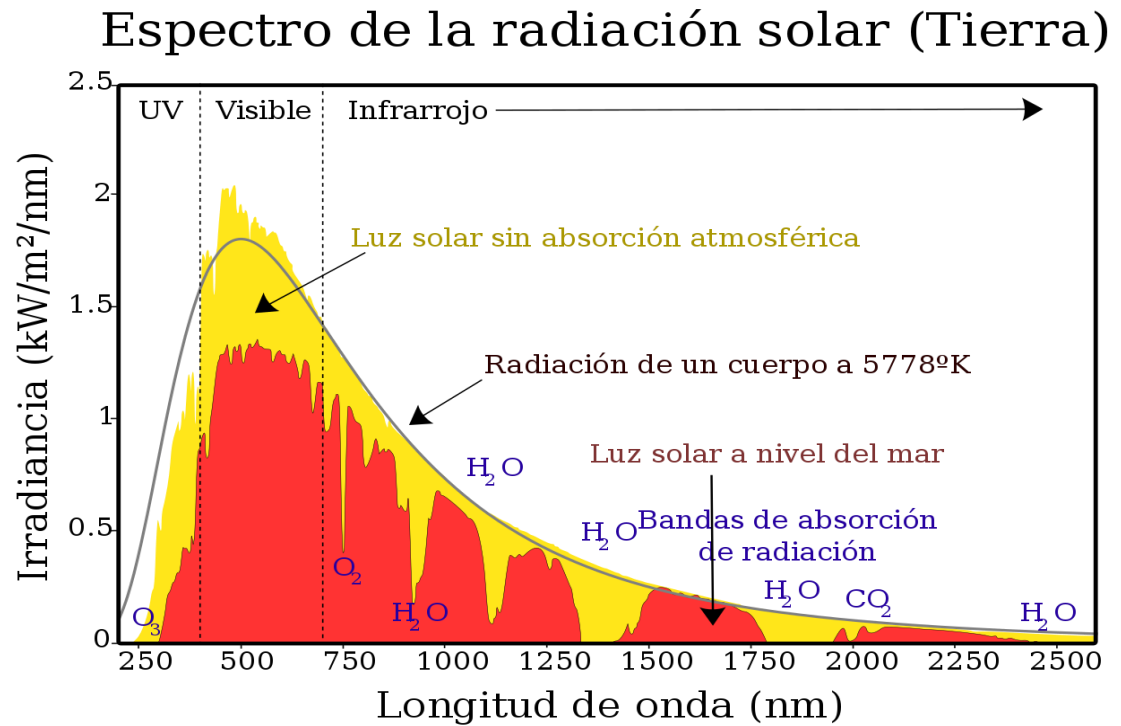
Según Willey (2010) del grupo IDEA, I+D en energía solar, desarrolla que el sol es una inmensa fuente de energía inagotable con diámetro de $1.39 \times 10^9\ \text{m}$, con distancia media de $1.5 \times 10^{11}\ \text{m}$. con respecto a la tierra, la distancia se llama unidad astronómica (UA). Acerca del sol estos son los datos más importantes:

- El sol = Estrella = Horno Nuclear
- Su Diámetro es $1\ 400\ 000\ \text{km}$.
- Su Masa es $300\ 000$ veces la masa de la tierra.
- Su temperatura superficial es de $5\ 600\ ^\circ\text{K}$.
- Su vida estimada es de $5\ 000$ millones de años.
- La distancia Tierra – Sol es de 150 millones de km.
- La luz solar tarda 8 minutos en llegar a la tierra
- El sol genera energía reacciones nucleares de fusión que acaba en su núcleo.

Mascaros (2015. P. 39). Indica que la irradiación extraterrestre tiene su distribución espectral compuesta por infrarrojos de 51% , ultravioleta 9% y luz visible 40% tal como se observa en la imagen.

Figura 1

Radiación solar



Fuente: Wikimedia (2016)

Tipos de radiación solar:

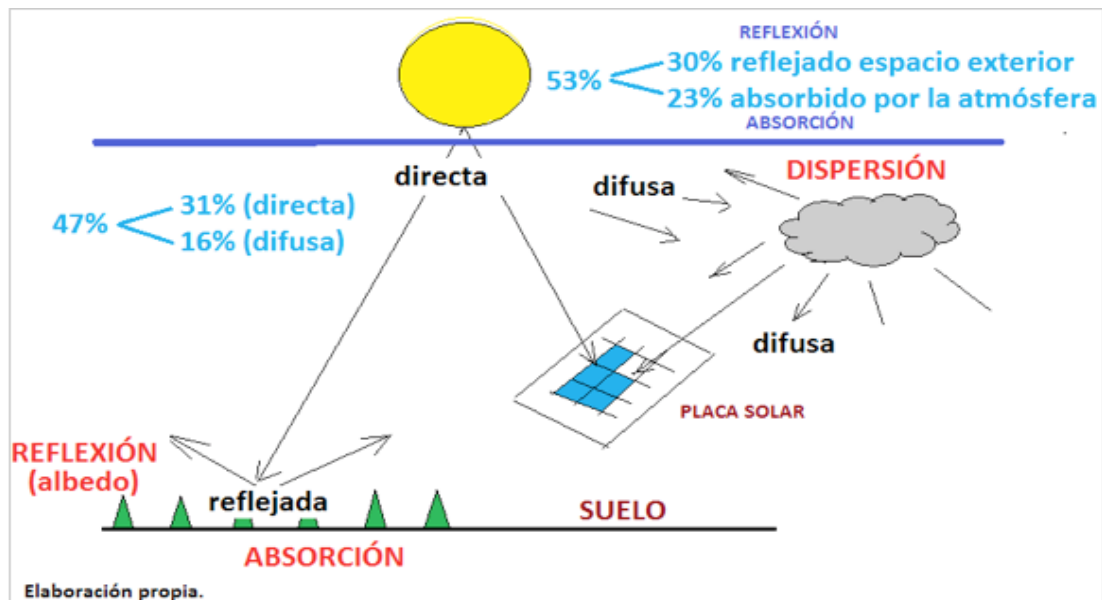
Méndez (2012. P. 35) clasifica en tres componentes la radiación solar.

1. **Directa:** Es la relación recibida desde el sol sin que sufra modificación en su trayectoria o se desvíe en su paso por la atmosfera.
2. **Difusa:** Es la que sufre desvíos en su dirección debido a la reflexión y difusión en la atmosfera
3. **Albedo:** Es la radiación directa y difusa que recibe por reflexión en el suelo por otras superficies próximas.

Podemos ver que muestra que no llega toda la radiación a la superficie de la tierra, es absorbida por la atmosfera o reflejada al espacio exterior el 53% de la radiación, es aprovechable solo el 47% de la radiación solar.

Figura 2

Tipos de radiación



Fuente: Grupo T-Solar tsolar.com S.A. (2018)

1.6.1.4. Constante solar

Radiación orientada sobre una superficie con dirección de los rayos del sol y situada fuera de la atmosfera terrestre a una distancia astronómica igual a 1495×10^6 m distancia media sol –tierra. Varía ligeramente entre, 0.1% a 0.2 % donde no es verdadera la constante respecto de su valor central, a partir de ahora se aceptará como $ISC = 1370 \text{ W/m}^2$. Fernández y Salgado (2009) plantean utilizar la constante solar (G_{sc}) de 1353 W/m^2 , el cual ha sido aceptado por la NASA y por la ASTM; lo tanto en este estudio se empleará esta constante (Fernández 2009, p. 21)

Radiación normal extraterrestre es aquel que está sujeta a la variación geométrica y a las condiciones físicas del sol, su ecuación es la siguiente:

$$G_{on} = G_{sc}(1 + 0.033 \cos(360_n/365)) \quad \text{Ecuación N° 01}$$

Donde:

G_{on} = es el flujo de la radiación extraterrestre

n = número de día del año, se determina con la ayuda de la tabla N° 01

Tabla 1

Tipos de radiación

| Mes | En | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Agos | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----|----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| "n" | I | 31+i | 59+i | 90+i | 120+i | 151+i | 181+i | 212+i | 243+i | 273+i | 304+i | 334+i |

Fuente: Fernández Salgado (2009 p.21)

1.6.1.5. Declinación Solar – Sol Tierra.

Según I+D en energía solar automática (2012), se determina la ecuación siguiente:

$$\delta^\circ = 0.006918 - 0.399912 \cdot \cos(r) + 0.070257 \cdot \text{sen}(r) - 0.006758 \cdot \cos^2(r) + 0.000907 \cdot \text{sen}^2(r) - 0.002697 \cdot \cos^3(r) + 0.00148 \cdot \text{sen}^3(r) \cdot (180^\circ/\pi) \quad \text{Ecuación N° (2)}$$

se determina el ángulo diario mediante la fórmula:

$$r = 2\pi \cdot \frac{(dn-1)}{365} \quad \text{Ecuación N° (3)}$$

La declinación y la distancia sol – tierra podemos determinar de una manera más sencilla y simplificada:

$$\delta(^\circ) = 23.45 \cdot \text{sen} \left(\frac{360}{365 \cdot (dn+284)} \right) \quad \text{Ecuación N° (4) declinación}$$

$$\tau_o = 1 + 0.33 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot dn}{365} \right) \quad \text{Ecuación (5) distancia sol - tierra}$$

Donde:

$d_n = n =$ número de día del año

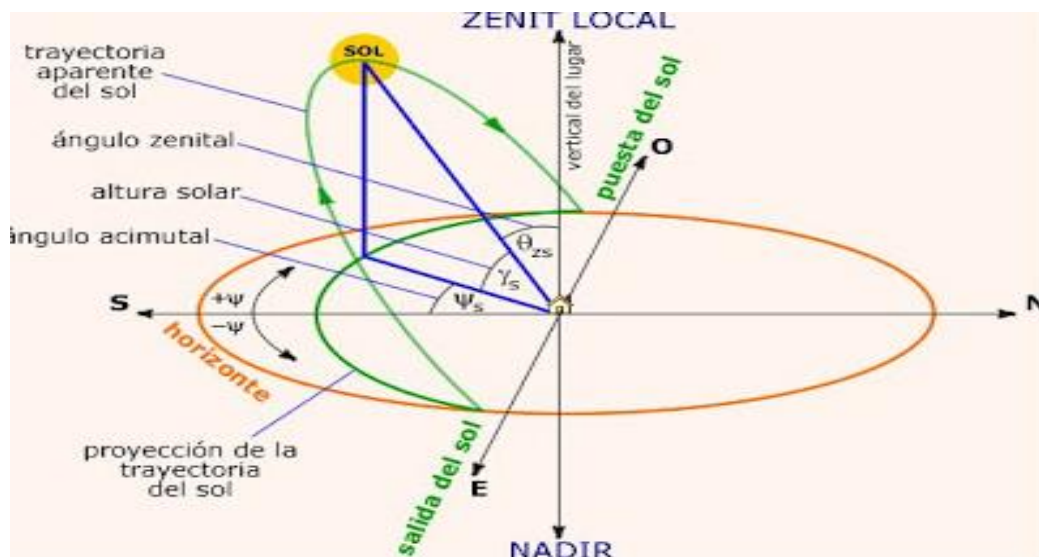
1.6.1.6. Cartas Solares

La superficie terrestre con respecto al sol no permanece estático, varía durante el día cambia su trayectoria durante el año, los cambios varían de acuerdo al punto donde nos encontremos sobre la superficie terrestre. Cuando nos ubicamos en el hemisferio sur, su trayectoria será siempre hacia el norte, esto nos indica que nuestra investigación debe estar orientada los paneles solares hacia el norte.

Moro (2010, p 16) realiza una representación en dos dimensiones, en horizontal representa los valores de azimut, en vertical representa los valores de elevación y la posición solar de los ángulos se miden en diferentes horas del día para dibujar una curva, lo que podemos apreciar en figura 3.

Figura 3

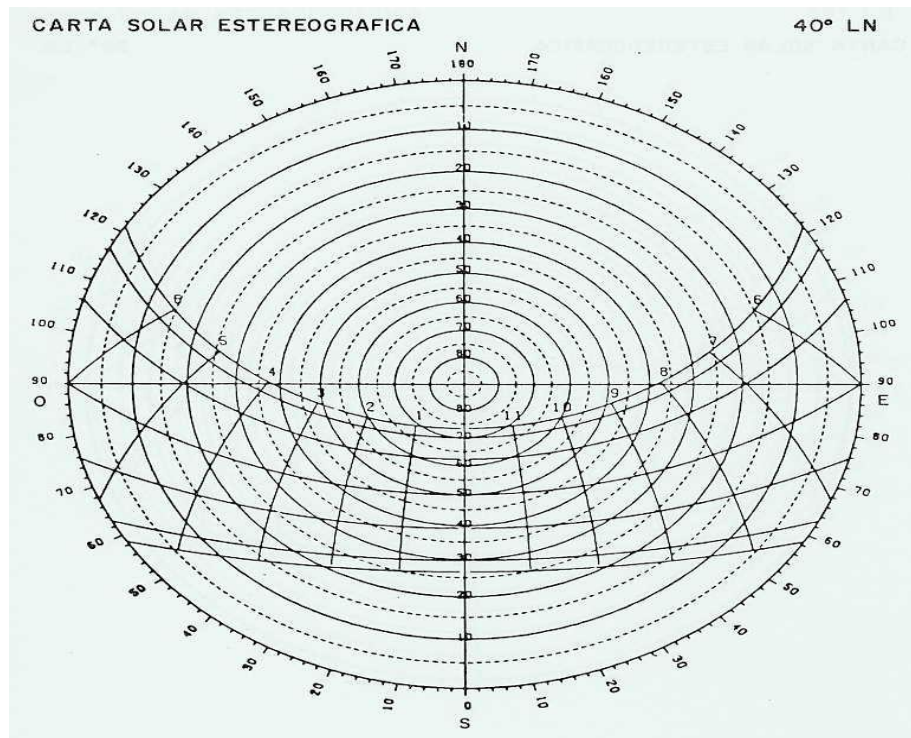
Cartas solares



Fuente: Fernández Salgado (2009 p.21)

Figura 4

Cartas solares



Fuente: Perez (2015)

En la figura 3 vista del hemisferio norte se muestra la trayectoria del sol, para determinar el resultado cada mes es complicado. Por ende, nos valemos de las cartas solares imagen 4 según (Mascaros, 2015) la carta solar es “un gráfico bidimensional que representa la trayectoria diaria del sol, en el eje de las abscisas se representa los valores de azimut y en el eje de las ordenadas se representa la altura solar”.

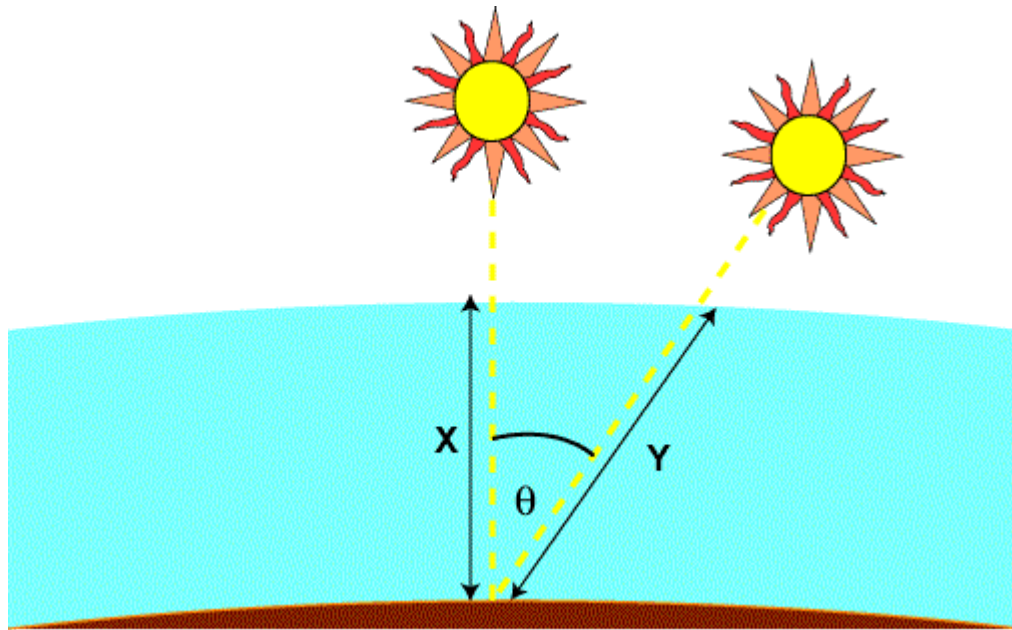
1.6.1.7. Masa de Aire

Es cuando en la tierra tu punto de ubicación es alejado de la línea ecuatorial la radiación solar tiene que recorrer más distancia, en ese sentido “se denomina masas de aire (Air Mass en

inglés) al cociente entra el espesor de la atmosfera atravesado por la radiación del sol (OM), el espesor atravesado en la vertical del lugar (OA)” (Labouret & Viloz, 2008, p. 21).

Figura 5

Masa de aire



Fuente: Perez (2015)

Es necesario considerar por los cambios de los fenómenos la proporción de masa o factor de aire (AM). La masa de aire se define de la imagen por geometría:

$$AM = \frac{1}{\cos(\theta)} \quad \text{Ecuación (6)}$$

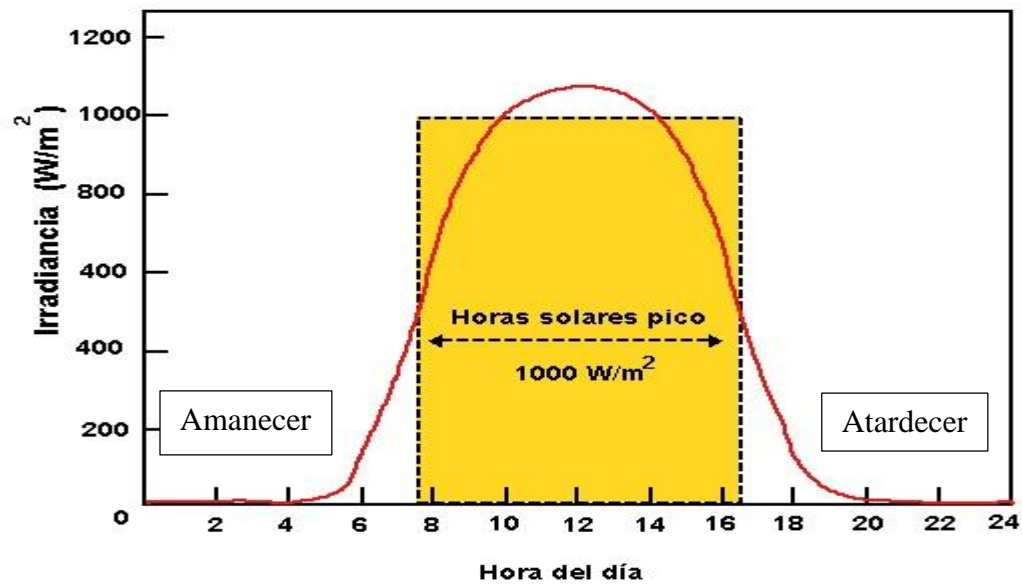
1.6.1.8. Hora solar pico (hsp)

Son horas que se definen como el número de horas al día con una irradiación hipotética de 1000 W/m². Se puede ver que cuando la irradiación se expresa en kW-h/m² es numéricamente similar a las H.S.P. (Valdivieso 2014). Este concepto es importante porque junto a un factor de

perdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. A lo largo del día la distribución de la radiación y el concepto horas pico de sol se muestra en la imagen siguiente:

Figura 6

Hora solar pico



Fuente: Perez (2015)

1.6.1.9. Posición de un módulo fotovoltaico

El módulo de un panel solar su posición lo determina dos factores:

- Azimut,
- Altura solar

Lo indicado es que la superficie del panel reciba de forma perpendicular los rayos del sol, dependiendo donde nos encontramos, pero va variar los ángulos. El Perú está ubicado en Sudamérica, por debajo de la línea ecuatorial por tal razón el panel tiene que estar orientado hacia el norte, su azimut es 0° .

La inclinación óptima de una superficie está determinada por una fórmula basada en el análisis estadístico de irradiación solar anual sobre la superficie todo de acuerdo en lugar que estas situado de acuerdo a las altitudes que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud.

$$\beta_{\text{optimo}} = 3.7 + 0.69 * (|\varphi|) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

β_{optimo} : Angulo de inclinación óptima para maximizar la captación de energía anual.

φ : es la latitud del lugar, en grados sexagesimales

1.6.1.10. Ondas electromagnéticas.

Los científicos renombrados como Issac Newton, Maxwell, Faraday, Einstein, etc. A lo largo de la historia de la luz ha sido un tema de discusión sobre la naturaleza de la luz cuando llegaron las ecuaciones de Maxwell y Faraday, probándose que la luz es una onda electromagnética.

Después de muchas investigaciones llegaría el efecto fotoeléctrico donde se podía explicar si la luz se comporta como una partícula. Albert Einstein gano su premio nobel de física con el efecto fotoeléctrico, en la actualidad tras varios años de discusión se acepta que la luz tiene un comportamiento dual (onda – cuerpo).

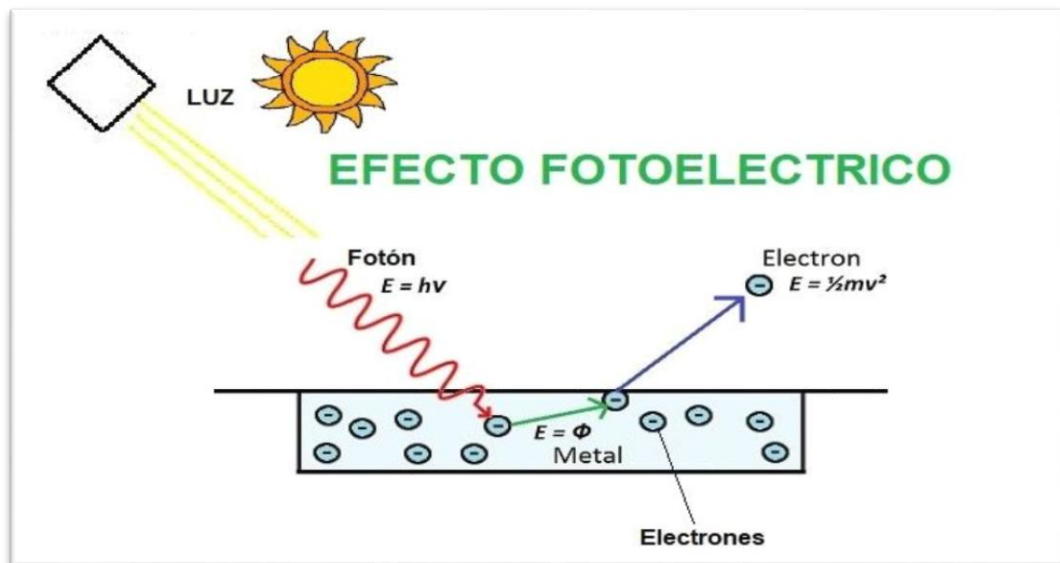
1.6.1.11. Efecto fotoeléctrico y panel solar

Las aplicaciones más conocidas del efecto fotoeléctrico son los paneles solares, nos preguntamos ¿qué es efecto fotoeléctrico? “se define a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven eliminados por radiación electromagnética” (Fernández, 2010 p. 263).

Se observa en la imagen 7, la luz del sol emite fotones con energía, parte de esta energía se utiliza para arrancar un electrón del metal, y la resultante sale como energía cinética una vez expulsado el electrón.

Figura 7

Efecto fotoeléctrico y panel



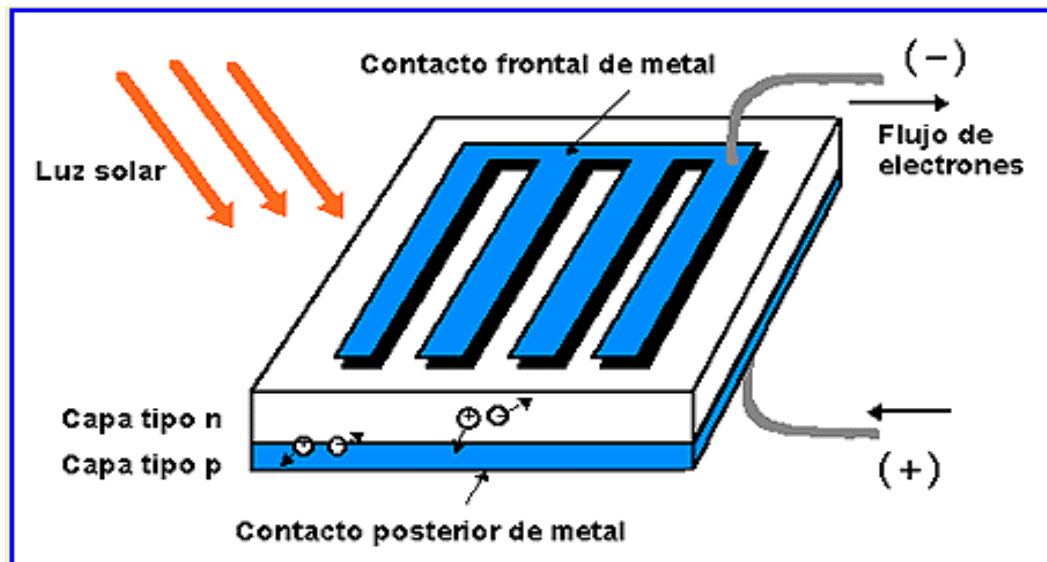
Fuente: Ambiente y salud.net

Sobre la fabricación de paneles solares existen dos tipos de semiconductores para una celda solar imagen 8, uno es de tipo N el mismo que contiene silicio más impurezas pentavalentes; el segundo semiconductor es de tipo P, el cual contiene silicio más impurezas trivalentes. La configuración permite que el tipo N contenga un electrón libre tratando de completar el octeto y el tipo P contiene un hueco tratando de llenarse completando el octeto de igual manera. El panel solar su funcionamiento se da “cuando la luz incide sobre la célula los fotones rompen el par electrón hueco. El campo eléctrico de la unión los separa para evitar que se recombinen, llevando los electrones a la zona N y los huecos a la zona P” (Méndez et al, 2012,

p. 62). Entonces se crea un potencial eléctrico cuando conectamos con un conductor externo fluirá corriente eléctrica y todo esto va a depender de la intensidad del sol que incida sobre el panel.

Figura 8

Efecto fotoeléctrico y panel



Fuente: Celfotoblogspot (2014)

1.6.1.12. Condiciones de Prueba estándar (STC)

Es el rendimiento de salida de los módulos fotovoltaicos a condiciones estándares de funcionamiento con una irradiación solar de 1000 W/m² con una temperatura específica de 25 °C, con un espectro de masa de aire de 1.5 (AM1.5); cuando las condiciones de radiación y temperatura varían estos se adaptan a las curvas de corriente y voltaje.

1.6.2. Diseño de sistema de agua potable en zonas rurales

El Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento (MVCS), en el año 2018 aprobó la Norma Técnica de Diseño de Operaciones Tecnológicas para el Sistema de Saneamiento en el ámbito Rural, mediante Resolución Ministerial N° 192.

Por lo tanto, el diseño de sistema agua y saneamiento en las poblaciones rurales se regí a la norma vigente.

Periodo de diseño máximo para los sistemas de agua y saneamiento son los siguientes:

Tabla 2

Periodo de diseño

| Estructura | Periodo de diseño Años |
|--|---------------------------|
| Fuente de captación | 20 |
| Captación | 20 |
| Pozos | 20 |
| Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP) | 20 |
| Reservorio | 20 |
| Líneas, conducción, aducción, impulsión y distribución | 20 |
| Estación de bombeo | 10 |
| Equipos de bombeo | 10 |

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento RM N° 192 (2018).

Población de diseño o población futura

Existen varios métodos como aritmético, geométrico, exponencial así como métodos matemáticos o racionales, dentro de los que se desarrolla dependerá de las características socioeconómicas y ambientales de la población de acuerdo a la RM. N° 192 del MVCS (2018), se aplicará el método aritmético, expresado en la ecuación siguiente:

$$P_f = P_a \times \left(1 + \frac{r \cdot t}{100}\right) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

P_f : Población de diseño o población futura

- P_a : Poblacion actual
- r (%) : Índice de crecimiento de la población
- t (años) : Periodo de diseño

Dotación para consumo humano

La dotación es el volumen que debe ser estimada sobre la base de un estudio de consumo de agua diario en ámbito rural, se aplicara los valores de la RM.N° 192 -2018.

Tabla 3

Dotación de agua

| REGION | SIN ARRASTRE HIDRAULICO | CON ARRASTRE HIDRAULICO |
|--------|----------------------------|----------------------------|
| Costa | 60 l/h/d | 90 l/h/d |
| Sierra | 50 l/h/d | 80 l/h/d |
| Selva | 60 l/h/d | 100 l/h/d |

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento RM. N° 192-2018

Variaciones de consumo

Es el caudal de agua que varía a lo largo del día anual cual es el caudal promedio anual, que es la cantidad de agua requerida para una población en un día promedio. El caudal estará en función de la población de diseño y la dotación, el MVCS RM. N° 192-2018, establece:

$$Q_p = \frac{(Dot * Pd)}{86400} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

Q_p : Caudal promedio diario anual, l/s.

Dot : Dotación, l/hab/día.

Pd : Población de diseño, hab.

Caudal máximo diario.

El consumo máximo diario Q_{md} , el mismo que se usa para el dimensionamiento del sistema de agua potable establecido por la RM. N° 192-2018. Tal como se indica en la ecuación:

$$Q_{md} = 1.3 * Q_p \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal máximo diario, l/s.

Q_p : Caudal promedio diario anual, l/s.

Caudal máximo horario.

El consumo máximo horario, Q_{mh} , el mismo que se usa para el dimensionamiento del sistema de agua según RM. N° 192-2018.

$$Q_{mh} = 2 * Q_p \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

Q_{mh} : Caudal máximo horario, l/s.

Q_p : Caudal promedio diario anual, l/s.

1.6.3. Caudal de estimaciones de diseño de bombeo

Línea de impulsión.

Será el caudal de la línea de impulsión al consumo máximo diario para el periodo de diseño recomienda adoptar un periodo de bombeo de 8 horas diarias distribuidas en el horario más adecuado, habrá que incrementar el caudal a la relación de horas de bombeo, considerando un máximo de 12 horas. MVCS. RM. N° 192-2018.

$$Q_b = Q_{md} * \left(\frac{24}{N}\right) \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (l/s).



Q_{md} : Caudal máximo diario (l/s).

N : Número de *horas de bombeo* (hrs.)

Guevara (2016) pag. 39. Calcula usando la fórmula de Bresse para la selección del diámetro más adecuado.

Se indica la siguiente ecuación:

$$d = 1.3 * \lambda^{1/4} * \sqrt{Qb} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

D : Diámetro de la tubería (m).

λ : N° de horas de bombeo entre 24 horas.

Q_b : Caudal de flujo (m³/s).

Velocidad y Presión

Es importante calcular la velocidad y presión de agua en las tuberías, cuando el sistema es rural tener velocidades menores a 0.6 m/s para minimizar las pérdidas de fricción donde se debe mantener una presión de 5 m por lo menos en los puntos críticos, de acuerdo a las recomendaciones de las normas generales del Ministerio de Salud, que se indica la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Qb}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo a través de la tubería, m/s.

Qb = Caudal de flujo m³/s.

A = Área de la sección transversal de tubería m². (Lossio,2012, pag. 45)

Perdida de carga en las tuberías.

Es calculada las perdidas por fricción por la fórmula de Hazen-Williams:

$$h_f = \frac{10.67}{D^{4.87}} \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} L \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

h_f : Perdida de fricción (m/m.)

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de Hazen-Williams.

d : Diámetro de la tubería (m). (Lossio, 2012, pag. 46)

Determinación de la altura hidráulica de bombeo.

La Carga Dinámica o Altura Manométrica Total, es el incremento total de la carga del flujo través de la bomba, establecido según el MVCS RM. N° 192-2018. Se define:

$$H_b = H_{s1} + H_i \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$H_{dt} = H_g + H_{s2} + H_{ftotal} + P_s \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

H_b : Altura dinámica o altura de bombeo, m.

H_{s1} y H_{s2} : Altura de aspiración o succión

H_i : Carga de impulsión, m.

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

H_g : Altura geométrico.

H_{ftotal} : Perdida de carga (totales)

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

Potencia del equipo de bombeo.



La potencia de la bomba se determinara de acuerdo la R.M.N° 192-2018 tomando la siguiente ecuación:

$$Pb = \frac{Q_b * H_t}{76 * \epsilon} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Pb : Potencia del equipo de la bomba, HP

Q_b : Caudal de bombeo, l/s.

H_t : Altura dinámica total

E : Eficiencia teórica 70 % a 90%

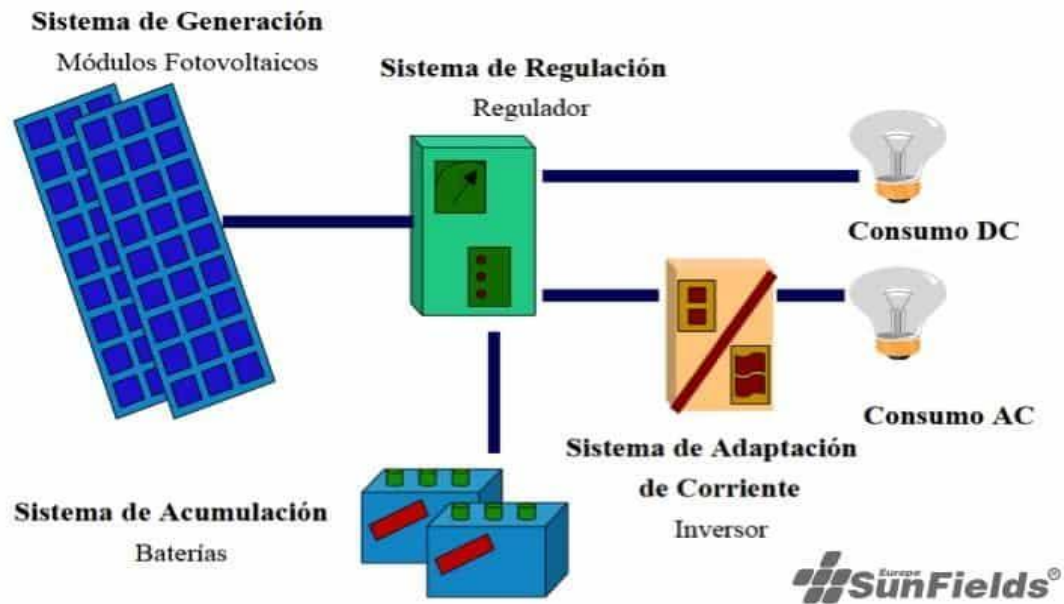
1.6.4. Diseño de sistema de bombeo solar

El diseño de sistema solar comprende los siguientes componentes:

- Módulos fotovoltaicos
- Sistema de regulación
- Sistema de adaptación
- Sistema de acumulación
- Consumo

Figura 9

Diseño de bombeo solar



Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento RM. N° 192-2018

En el manual de cálculo del sistema fotovoltaico aislados define los siguientes pasos para el diseño (Alonso s.f.).

- Estimación de consumo
- Datos del lugar
- Dimensionamiento del generador fotovoltaico
- Dimensionamiento del sistema de acumulación.
- Dimensionamiento del regulador
- Dimensionamiento del inversor

Estimación de consumo

Se calcula la estimación de consumo en un día promedio o de máximo consumo, con margen de seguridad de 20%, si hay consumos medios se considera componentes eficientes.

$$L_{md} = \frac{L_{md\ AC}}{n_{bat} * n_{inv} * n_{con}} \quad \text{Ecuación (19)}$$

Donde:

L_{md} : Consumo medios diarios

n_{bat} : Eficiencia de batería

n_{inv} : Eficiencia de inversor

n_{con} : Eficiencia de conductor

Datos del lugar

Los datos de radiación solar pueden ser obtenidas de los mapas solares u obtener de las instituciones que realizan las mediciones meteorológicas de la zona SINAMHU, los datos que se recolectan tienen que ser de horas solares pico (HSP) en Wh/m²/día.

Dimensionado del generador fotovoltaico

Cuando la demanda energética de carga es conocida se puede dimensionar el generador fotovoltaico o el número de paneles solares, que está supeditado por las características y especificaciones propias del fabricante, generalmente está determinado por la potencia nominal, en donde se puede calcular el número total de módulos fotovoltaicos que se deben instalar a partir de la siguiente expresión.

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} * HPS * PR} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

N_T : Numero de módulos solares

L_{md} : Consumo medio diario

P_{MPP} : Potencia pico del módulo (W/kW/m²)

HSP : Horas del sol pico

PR : Factor global de funcionamiento

Teniendo el número total de paneles y la tensión nominal de batería, que coincide con la tensión nominal de la instalación, podemos agrupar si es necesario en módulos en serie, calculamos de la siguiente forma:

$$N_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{max}} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

N_{serie} : Numero de módulos en serie

V_{bat} : Tensión de la batería

V_{bat} : Tensión máximo de los modulo

Para conectar el suministro de la potencia en número en paralelo viene dado por:

$$N_{Paralelo} = \frac{N_T}{N_{series}} \quad \text{Ecuación (22)}$$

Donde:

$N_{Paralelo}$: Numero de modulo en paralelo

N_T : Numero de módulos solares

N_{series} : Numero de módulos en serie

Dimensionado del sistema de acumulación

Que en ausencia del sol que no proporciona la energía de forma constante a lo largo del día o varia de día a otro día, para ello requerimos acumular energía capaz de atender el consumo en días de poca energía solar, el dimensionamiento se debe tener en cuenta los parámetros de los niveles de máxima descarga y los días de autonomía, entonces queda:

Capacidad nominal en función de descarga máxima.

$$C_{md} = \frac{L_{md}}{PD_{maxd} * F}$$

$$C_{md} = \frac{C_{md}}{V_{bat}} \quad \text{Ecuación (23)}$$

Capacidad nominal de batería en función de la descarga máxima estacional.

$$C_{me} = \frac{L_{md} * N}{PD_{maxe} * F}$$

$$C_{me} = \frac{C_{md}}{V_{bat}} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

L_{md} : Consumo medio diario

PD_{maxd} : Descarga máxima diaria

PD_{maxd} : Descarga máxima estacional

N : Número de días de Autonomía

F : Factor de modulo

V_{bat} : Tensión de batería

Dimensionado del regulador.

El regulador es el elemento que controla la cantidad de electricidad que circula, para que proteja a los componentes de cargas y descargas de la batería, el principal objetivo es obtener la corriente máxima que va circular por la instalación, por lo tanto, se dimensiona a la carga de acuerdo que debe soportar la máxima posible que la instalación pueda producir.

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{cc} * NP \quad \text{Ecuación (25)}$$

$$I_{salida} = \frac{1.25 * \left(\frac{P_{ac}}{n_{reg}}\right)}{V_{BAT}} \quad \text{Ecuación (26)}$$

Dimensionado del inversor.

El inversor es el que transforma la corriente continua en corriente alterna, las bombas hidráulicas funcionan generalmente con corriente alterna por ello es imprescindible contar con inversores, para el dimensionamiento se requiere un factor de seguridad que se asume de 1.20, queda entonces de la siguiente manera:

$$P_{inv} = 1.2 * P_{ac} * S \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

P_{inv} : Potencia de cargas en alterna

S : Factor para picos de arranque

Funcionabilidad

El diccionario de la lengua española (2005) a la variable a medir la funcionabilidad define como:

- Algo practico y utilitario para el conjunto de características de funcionabilidad.

Define como funcional, según Real Academia Española (2014)

- Dicho de una cosa: Diseñada, sobre todo a la facilidad, utilidad y comodidad de su empleo organizado.
- Dicho de una obra o de una técnica: eficientemente adecuada a sus fines.

Por lo tanto, los sistemas de bombeo con energía convencional o solar cumplen un conjunto de características para ser funcional.

Un generador fotovoltaico para que sea funcional debe ser eficiente energicamente. Es decir, el diseño debe generar la cantidad necesaria de energía, por lo que no será menor a la cantidad requerida por el sistema.

Rentabilidad

Según Jeri (2014) afirma que: Frecuentemente en la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública, cuando hablamos de bienes sociales, inmediatamente pensamos en ratio Costo/Efectividad. Exactamente, ¿Qué refleja esta ratio? La ratio C/E solo compara el costo de inversión a precios sociales con el número de beneficiarios directos que impactan con el proyecto. Aparentemente, este sería el indicador ideal para la rentabilidad social, pero no lo es. (par.2)

Según este párrafo existen implicaciones resulta muy difícil medir los beneficios de un proyecto de inversión; por el contrario, para medir que tipo de inversión es mejor con respecto al mismo beneficio, resulta simplemente más sencillo comparar los costos de inversión y mantenimiento.

Según RAE define a la rentabilidad como la cualidad rentable; que produce renta, generando utilidad beneficio que produce una inversión.

Como podemos apreciar según RAE su definición esta orientada a una rentabilidad económica y financiera, sin embargo, la rentabilidad social en proyectos de inversión pública, el concepto es muy difícil de cuantificar, debido a que se pueden tomar gran variedad de indicadores como; impacto social, impacto de salud, ambiental, económicos etc.

Costos de inversión

El costo de inversión se clasifica como costos de capital de un sistema de energía fotovoltaico según Orellana y Zanga (citado en Herrera, 2006, p. 48).

Paneles fotovoltaicos, baterías, reguladores/inversores, Bombas/motores y otros accesorios.

Costos de operación y mantenimiento.

Los costos de mantenimiento y operación según Sandia National Laboratories (2001), corresponden a los costos de refacciones, limpieza, salario del operador, piezas de reemplazo y transporte al lugar del sistema (citado en Herrera, 2006, p.49); en la tabla 4 se muestra las variaciones según el tipo de componente:

Tabla 4

Componentes de recambio

| Equipo | Vida útil | Variante o tipos |
|---|-----------|--|
| - Paneles solares | 25 | Cada 10 años baja su capacidad en 10% |
| - Baterías de (Acido, Plomo, Gel y estacionarias) | 20 | Batería de acido plomo 1 año con motor, la de gel 12 años, las estacionarias 20 años |
| - Inversor | 20 | Baja el 60% de su rendimiento con 10 mil horas de uso |
| - Bomba eléctrica | 10 | Cambiar cada 10 años |

Fuente: adaptado de electrosol electro S.L. (2017)

Para el pago mensual se muestra en la figura 14 que el cargo por energía activa para la tarifa BT5B es de ctm. S/./kW.h 85.93

Figura 10

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

| Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad | | | |
|--|--------------------------|--------------|---------------|
| Empresa: Electro Puno | | | |
| Pliego | Vigencia | Sector | Interconexion |
| AZANGARO RURAL | 4/Dic/2018 | 5 | SEIN |
| MEDIA TENSION | | UNIDAD | TARIFA |
| | | | Sin IGV |
| TARIFA MT2: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P | | | |
| Cargo Fijo Mensual | | S./mes | 16.29 |
| Cargo por Energía Activa en Punta | | ctm. S./kW.h | 24.30 |
| Cargo por Energía Activa Fuera de Punta | | ctm. S./kW.h | 19.97 |
| Cargo por Potencia Activa de Generación en HP | | S./KW-mes | 54.91 |
| TARIFA BT5B: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E | | | |
| No Residencial | Cargo Fijo Mensual | S./mes | 4.20 |
| | Cargo por Energía Activa | ctm. S./kW.h | 84.87 |

1.7. Definición de términos básicos.

Es muy importante explicar y realizar definiciones de los conceptos básicos empleados para el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico.

Energías renovables:

Es la energía que se recibe de fuentes naturales que inagotables.

Energía solar:

Es la energía producida por el sol y es convertida por el ser humano a energía útil, y producir electricidad.

Bombeo fotovoltaico:

Mediante el sistema de los paneles fotovoltaicos, su objetivo es bombear agua.



Bomba:

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

Sistema fotovoltaico (SFV):

Es el grupo de elementos y accesorios que permiten la transformación de la energía solar en energía eléctrica. También son módulos fotovoltaicos, el controlador, batería, un inversor de corriente continua en corriente alterna opcional y la carga instalada.

Generador fotovoltaico:

Es un conjunto de nódulos que se encuentran interconectados de acuerdo con las características de la corriente eléctrica que se requiera.

Tablero de control

Dispositivo electromecánico para facilitar la conexión eléctrica y proteger al controlador de sobrecargas por cualquier tipo de cortocircuito.

1.8. Formulación de la hipótesis

Se logrará la operatividad y diseño en el abastecimiento de agua potable en el Centro Poblado de Collana Distrito de Taraco Provincia de Huancané de la Región Puno, si se instala un sistema de bombeo con suministro de energía fotovoltaica. Para puesta en funcionamiento el servicio de agua potable para mejorar las condiciones de vida de la población.

Hipótesis Específicas

- Si se reemplaza el suministro de energía convencional por fotovoltaica, se logrará el funcionamiento del sistema de bombeo en el abastecimiento de Agua potable en el Centro poblado de Collana del Distrito de Taraco de la provincia de Huancané de la Región Puno.
- Se reducirán los costos de operación con la premisa de ser económico y confiable, se logrará



el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

- Aprovechar la red existente del sistema de abastecimiento de agua potable en el centro poblado.



MATERIAL Y METODOS

2.1. Material

a) Materiales

- Materiales de oficina (USB's, Cd's, tinta de impresión thonerr, etc.)
- Información de la comunidad
- Equipos de oficina
- Equipos de computo
- Equipos topográficos (GPS, Estación Total, wincha, etc.)
- Paneles solares
- Bombas sumergibles, accesorios.

b) Material Humano.

- Investigador
- Asesor

c) Materiales de servicio

- Equipos de oficina
- Equipos de computo
- impresora
- Equipos topográficos (GPS, Estación Total, wincha, etc.)
- Paneles solares
- Bombas sumergibles, accesorios.

d) Otros materiales

- Software Microsoft Word 2016



- Software Microsoft Excel 2016
- Software AUTOCAD 2016
- Software AUTOCAD civil 3D 2016
- Software S10
- Servicio de internet
- Fotocopias, impresión, anillados y empastados.
- Servicio de movilidad local para la zona de estudio

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Población.

La población objeto de estudio se recolectaron datos, por el tesista con acompañamiento de las autoridades políticas de la localidad, se registró a la población con 596 habitantes, distribuidos en 149 viviendas y 149 familias. Con una densidad poblacional de 4 habitantes por vivienda.

2.2.2. Muestra

Considerando los factores que afectan en el bombeo para el consumo de agua, como la energía convencional, factor económico social, tipo de actividad de la zona, costumbres y hábitos, la población muestral está en función a la formula otorgada por saneamiento básico de la guía para la formulación de proyectos de inversión exitosa. Para lo cual cuenta con 149 viviendas con un total de 546 habitantes, verificado con los censos realizados por el INEI y estima una tasa de crecimiento poblacional de 0.93 % proyectada al 2040 más 111 habitantes.

Radiación solar horaria en el centro poblado de collana.

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos

Técnicas

La técnica en la investigación se esgrime a la recolección de datos de información del mismo lugar a través de encuestas aplicado a los usuarios del sistema existente de agua potable sobre el no funcionamiento de la cámara de bombeo existente, de la red de impulsión, pozo caison de captación de agua subterránea, reservorio en la parte más alta de la población, encuestas y entrevistas verbales con la población, referencias estadísticas INEI, datos proporcionados por SENAMHI para un mejor diseño.

Procedimientos

Para desarrollar el procedimiento se realizó la comparación de ambos sistemas.

Instrumentos

Los instrumentos que se requieren para la captación de información son:

Testimonio directo proporcionado por los beneficiarios del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado, opiniones proporcionadas por los expertos en paneles solares en sistema de bombeo.

Sin embargo, los componentes de radiación solar no son independientes, la red de medición de irradiación del SENAMHI utilizada en el atlas de energía solar del Perú.

Catálogos de fabricantes de paneles solares, bombas sumergibles (anexo).

2.3.2. Para procesar datos

Teniendo la información de los datos de recopilados se procede al procesamiento de los cálculos en forma computarizada, empleando programas de ingeniería, hojas de cálculo,

softwares de Excel y Word para programas de texto, debido a su amplitud de la investigación, se agrupo diversos datos de los diferentes cálculos.

2.4. Operacionalización de variables

Variables Independientes

Nivel de radiación solar para el diseño de Sistema de Bombeo con funcionamiento a energía fotovoltaica o panel solar.

Variables Dependientes

Potencia y energía eléctrica generada por fotovoltaico

Tabla 5

Operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores |
|---|--|--|-----------------------------|----------------------|
| Operatividad del sistema de bombeo de abastecimiento de agua potable con suministro de energía fotovoltaica en collana-Taraco-Huancané-Puno. | trabajos específicos en mejorar y poner en funcionamiento el sistema de agua potable | Se realiza el diseño según los parámetros establecidos | Usuarios del centro poblado | Potencia de la bomba |
| | | | Radiación solar | Volumen de agua |

Fuente: elaboración propia

2.5. METODOLOGIA

La investigación es descriptiva, por consiguiente, la presente investigación es de tipo “experimental” porque se utiliza variables físicas.

RESULTADOS

3.1. UBICACIÓN POLITICA

La zona del proyecto se encuentra Ubicada en:


ZONA : Área Rural
 LOCALIDAD : C.P. COLLANA
 DISTRITO : TARACO
 PROVINCIA : HUANCANE
 REGIÓN : PUNO

Limites:

El distrito de Taraco de la Provincia de Huancané limita de la siguiente manera:

Figura 11

limites

| | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------|
| Noroeste: distrito de Samán | Norte: distrito de Samán y distrito de Huancané | Noreste: distrito de Huancané |
| Oeste: distrito de Samán |  | Este: lago Titicaca |
| Suroeste: distrito de Samán | Sur: distrito de Pusi | Sureste: lago Titicaca |

Fuente: elaboración propia

UBICACIÓN GEOGRAFICA

El ámbito de influencia está definido por los siguientes puntos, los cuales serán definidos en coordenadas UTM y altitud sobre el nivel del mar como se muestra en el siguiente cuadro:

Figura 12

Coordenadas UTM.

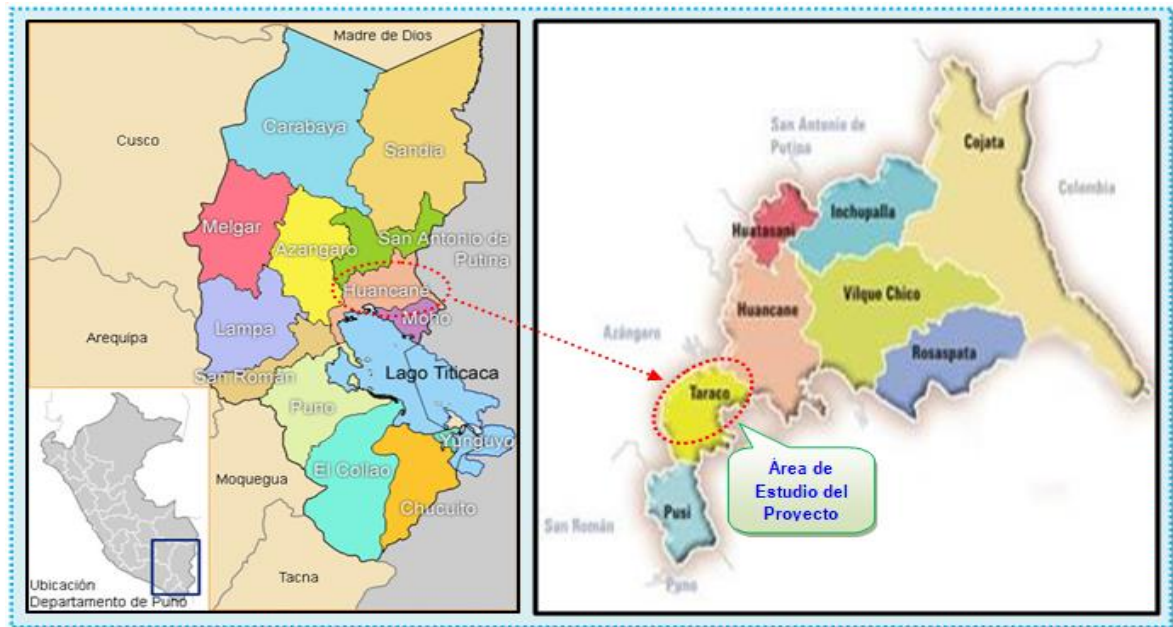
| ITEM | PUNTOS | UTM Este X | UTM Norte Y | Elevacion |
|------|--------|--------------|-------------|-----------|
| 1 | PC-1 | 8309598.3476 | 395185.6590 | 3838.00 |
| 2 | PC-2 | 8310520.5973 | 396850.5950 | 3848.00 |
| 3 | PC-3 | 8311364.3839 | 397515.5179 | 3837.00 |

Fuente: elaboración propia

UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO

Figura 13

Ubicación geográfica



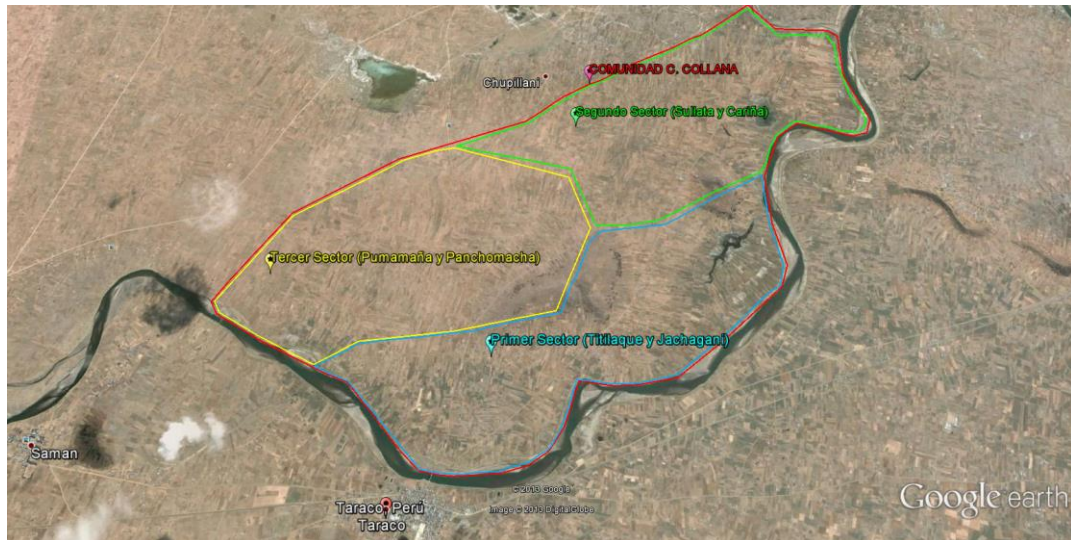
Fuente: Mapas del Perú/Puno/Huancané/Taraco

IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

CENTRO POBLADO DE COLLANA – DISTRITO DE TARACO

Figura 14

Imagen satelital



Fuente: Google Earth

Figura 15

Caseta de bombeo



Fuente: toma fotografica propia

Vías de acceso

Los accesos a la zona de del proyecto: Al centro poblado de Collana se realiza por vía de trocha Carrozable (camino vecinal). Como se indica detalladamente en el cuadro de abajo.

Figura 16

Vías de acceso del proyecto

| <i>ITEM</i> | <i>INICIO</i> | <i>FIN</i> | <i>SITUACION</i> | <i>LONGITUD (Km)</i> | <i>TIEMPO (HORAS)</i> |
|-------------|----------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | <i>PUNO</i> | <i>JULIACA</i> | <i>Asfaltada</i> | <i>45</i> | <i>45 min</i> |
| <i>2</i> | <i>JULIACA</i> | <i>TARACO</i> | <i>Asfaltada</i> | <i>27</i> | <i>35 min</i> |
| <i>2</i> | <i>TARACO</i> | <i>C.P. COLLANA</i> | <i>Camino vecinal</i> | <i>3</i> | <i>10 min</i> |

Fuente: Elaboración propia

Clima

El al clima, en el distrito de Taraco presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío, siendo este más intenso en el invierno, en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0 °C.

En cuanto a su temperatura media esta es de entre 4 a 10 °C, la temperatura máxima se mantiene uniforme a lo largo del año durante todos los meses con un promedio de 16, 18 °C, no de la misma manera la temperatura mínima que tiene como un promedio los -7,5 °C durante el mes de junio y julio.

Generalmente el verano es la estación húmeda, incluye los meses de diciembre a marzo, en los cuales la precipitación media varía entre los valores de 85,9 mm a 183.3 mm, la mejor temporada para visitar Taraco es la primavera, comprendida entre septiembre y diciembre, ya que es soleada y con poca humedad.

Topografía

Presenta planicies, desde donde empieza a elevarse en un plano inclinado suave alcanzando rápidamente altitudes graduales hasta los 3800 y los 4200 m.s.n.m. que puede ser considerado el límite máximo. Dentro del rango de menor altitud es posible el desarrollo de las actividades agrícolas y de las actividades pecuarias. Presenta una zona intermedia con quebradas, cuencas propicias para desarrollar actividades agropecuarias y finalmente una zona alta donde es posible desarrollar la actividad pecuaria.

Figura 17

Topografía de la zona del proyecto



Fuente: Elaboración Propia, en base al estudio de Campo

Servicios

Salud

En cuanto a la cobertura de salud, en el distrito de Taraco en el ámbito Urbano se cuenta con un centro de Salud, quien presta sus servicios de salud asistenciales y preventivos promocionales a la población, así mismo en el Centro de Salud es expresados por tipo de

afiliación de algún seguro de salud, se aprecia que el 79.5% de la población no cuentan con ningún tipo de seguro de salud, a excepción del 16.10%, 2.6% y 19.4% de la población están afiliadas al SIS, ESSALUD y OTROS respectivamente, lo que indica una vez más el alto índice de vulnerabilidad de la población en sufrir enfermedades, pues ellos señalan que usan medicamentos caseros, reflejando claramente la falta de asistencia médica en el distrito de Taraco.

Así mismo, cabe mencionar que, en la zona rural de Taraco, existen Puestos de Salud en el centro poblado de Collana, Puesto de Salud en el centro poblado de Tuní Grande. El Centro de Salud Micro Red Taraco, en coordinación con la REDESS HUANCANE, monitorea y evalúa los puestos de salud.

Dentro de las 10 primeras causas de morbilidad general, el primer daño lo constituyen las enfermedades del Sistema Respiratorio, con un 44%, de las enfermedades más frecuentes que se presenta en el sector, teniendo a las enfermedades endocrinas, nutricionales como la segunda causa de morbilidad general, con un 19.4%, estos daños están relacionados básicamente al clima frígido, al saneamiento básico y a la mala alimentación que reciben.

DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD GENERAL DEL DISTRITO DE TARACO- AÑO 2012

Tabla 6

Causas de morbilidad

| N° | PATOLOGIA | CASOS | % |
|----|--|-------|-----|
| 1 | Enfermedades del Sistema Respiratorio | 722 | 44 |
| 2 | Enfermedades Endocrinas, Nutricionales | 312 | 19 |
| 3 | Enfermedades del Sistema Digestivo | 115 | 7 |
| 4 | Traumatismo y envenenamientos | 103 | 6.3 |
| 5 | Ciertas enfermedades infecciosas | 117 | 7.1 |
| 6 | Sistemas, Signos y otros hallazgos | 102 | 6.2 |

| | | | |
|----------------------|---|--------------|------------|
| 7 | Enfermedades de la piel | 90 | 5.5 |
| 8 | Enfermedades del sistema genitourinario | 54 | 3.3 |
| 9 | Enfermedades del sistema muscular | 20 | 1.2 |
| 10 | Enfermedades del ojo | 7 | 0.4 |
| TOTAL GENERAL | | 1,642 | 100 |

Fuente: Centro Salud Taraco

Dentro de las 10 primeras causas de mortalidad general del Centro de Salud, primero se encuentra las enfermedades del Sistema Genitourinario, que cuenta con 08 personas muertas, que ocupa en 23% de las causas por mortalidad, asimismo enfermedades como las originadas en periodos perinatales, Sistema Circulatorio, Respiratorio, Digestivo, Nervioso y tumores, se encuentran en el resto de la relación de las causas de mortalidad, para el año 2014, debemos tener en consideración que muchas de estas enfermedades se pueden prevenir.

DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORTALIDAD GENERAL DEL DISTRITO DE TARACO - AÑO 2012

Tabla 7

Causas de mortalidad

| Nº | ENFERMEDAD | CASOS | % |
|----------------------|--|-----------|------------|
| 1 | Enfermedades del sistema Genitourinario | 8 | 23 |
| 2 | Ciertas afecciones originadas en periodo perinatal | 6 | 17 |
| 3 | Enfermedades del Sistema Circulatorio | 5 | 16 |
| 4 | Enfermedades del Sistema Respiratorio | 6 | 18 |
| 5 | Enfermedades del Sistema Digestivo | 4 | 12 |
| 6 | Enfermedades del Sistema Nervioso | 3 | 10 |
| 7 | Enfermedades de TUMORES | 2 | 6 |
| TOTAL GENERAL | | 34 | 101 |

Fuente: Centro Salud Taraco

Dentro de las causas de morbilidad según perfil epidemiológico, el primer daño lo constituyen las enfermedades IRAS (Infecciones Respiratorias Agudas) con un 89.58%, lo cual

implica que las enfermedades respiratorias es una de las principales causas de mortalidad, otra de las enfermedades epidemiológicas son las EDAS (Enfermedades Diarreicas Agudas) con una presencia del 5.64%, en el cuadro de perfil epidemiológico; el resto de las enfermedades como son: la Varicela, Escabiosis, Neumonías, TBC Pulmonar, Parotiditis, entre otras enfermedades venéreas ocupan en 4.78% de la morbilidad en el perfil epidemiológico, para el año 2012.

MORBILIDAD SEGÚN PERFIL EPIDEMIOLOGICO DEL DISTRITO DE TARACO - AÑO 2012

Tabla 8

Morbilidad epidemiológica

| Nº | Enfermedades 2,004 | Numero | Porcentaje |
|----|-----------------------------|------------|----------------|
| 1 | IRAS | 578 | 89.58% |
| 2 | EDAS | 15 | 5.64% |
| 3 | VARICELA | 11 | 1.60% |
| 4 | ESCABIOSIS | 7 | 0.80% |
| 5 | NEUMONÍAS | 6 | 1.25% |
| 6 | TBC PULMONAR | 2 | 0.40% |
| 7 | PAROTIDITIS | 2 | 0.28% |
| 8 | OTRAS ENFERMEDADES VENEREAS | 2 | 0.45% |
| | TOTAL | 623 | 100.00% |

Fuente: Centro Salud Taraco

Educación

En el área de estudio solo cuenta con 01 IEP. Primaria y 01 Inicial para seguir sus estudios la población escolar, debemos precisar el servicio educativo, el distrito de Taraco pertenece a la UGEL Huancané. En el siguiente cuadro se puede apreciar que el total de la población escolar del distrito de Taraco perteneciente a la zona rural que equivale a 12686 educandos, de los cuales 6189 educandos son varones y 6497 educandos son mujeres; respecto

a los que asisten a algún centro de estudio, esto se ven reflejado por un 82% que se asiste a algún colegio, instituto o universidad, mientras que el 18% no asiste, así se puede apreciar en el cuadro.

NIVEL DE EDUCACION DE LA POBLACION DEL DISTRITO TARACO – ZONA RURAL

Tabla 9

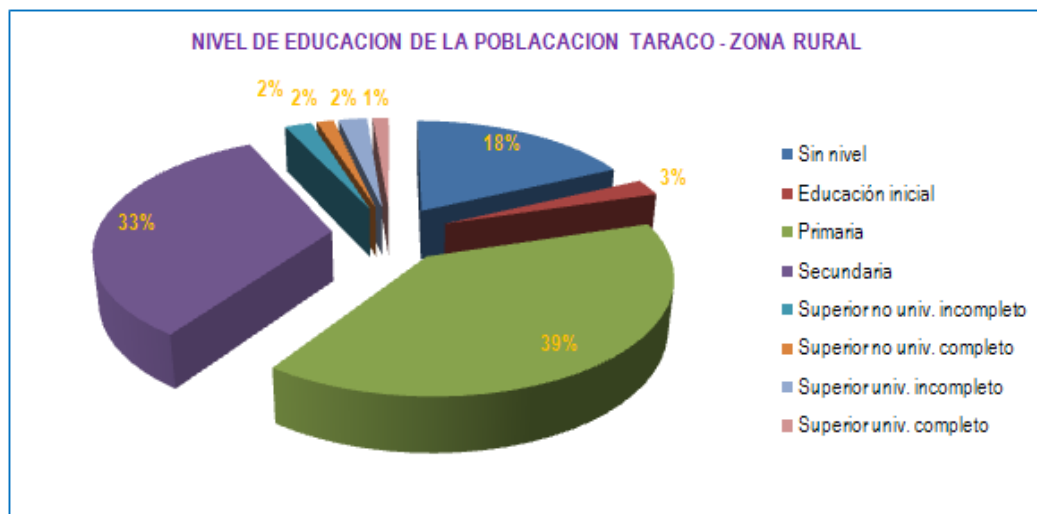
Nivel de educación poblacional

| Categorías | Casos | % |
|--|--------------|-------------|
| Distrito de Taraco - Zona Rural | | |
| Sin nivel | 2285 | 18% |
| Educación inicial | 296 | 2% |
| Primaria | 4985 | 39% |
| Secundaria | 4214 | 33% |
| Superior no univ. Incompleto | 278 | 2% |
| Superior no univ. Completo | 173 | 1% |
| Superior univ. Incompleto | 290 | 2% |
| Superior univ. Completo | 165 | 1% |
| Total | 12686 | 100% |

Fuente: XI Censo Poblacional y VI de vivienda 2007 Taraco

Figura 18

Nivel poblacional de educacion



Fuente: XI Censo Poblacional y VI de vivienda 2007 Taraco

INSTITUCIONES EDUCATIVAS PERTENECIENTES AL DISTRITO DE TARACO

Instituciones educativas

Tabla 10

Instituciones educativas

| I.E. | TOTAL | URBANA | RURAL | Sector Collana | C.P. |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------------------|-------------|
| Inicial – Jardín | 22 | 1 | 21 | 1 | |
| Inicial no escolarizado | 41 | 0 | 41 | 0 | |
| Primaria | | | | | |
| Poli docente multigrado | 11 | 1 | 9 | 1 | |
| Poli docente completo | 8 | 2 | 6 | 0 | |
| Secundaria | 4 | 1 | 3 | 0 | |

Fuente: Ministerio de Educación distrito de Taraco

Servicios básicos.

El centro poblado de Collana cuenta con una infraestructura instalada del sistema de abastecimiento de agua potable, con una construcción del año 2015, financiado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, ejecutado por la municipalidad de taraco, pero sin suministro de agua en la actualidad, no funciona por factor económico social, se abastecen de pozos artesanales y de la cuenca del rio Ramis.

En saneamiento la eliminación de excretas se realiza en pozos ciegos existentes, a pesar que se cuenta con una infraestructura de baños con arrastre hidráulico que a la fecha no está en operatividad por falta del líquido elemental agua.

Electrificación

El centro poblado de Collana, cuenta con servicio de energía convencional de 220 voltios monofásico, proveniente de la red de transmisión de Juliaca.

Medios de comunicación

la población no cuenta con los principales servicios de correo, teléfono, fax, etc. Debo señalar la radio es el medio de comunicación más importante, como la radio Onda Azul, Pachamama, Collasuyo que son más sintonizados con frecuencia AM, no obstante que la cobertura de teléfonos móviles como Entel, claro, betel y movistar no tienen buenas coberturas de señal.

Actividad económica.

En la población son de condición pobre el cual su capacidad y disposición de pago se tiene la siguiente información:

Tabla 11

Ingreso mensual familiar

| Monto | N° de familias | % familias |
|----------------|-----------------------|-------------------|
| De 100 a 200 | 8 | 5.40 |
| De 201 a 500 | 35 | 23.50 |
| De 501 a 800 | 86 | 57.70 |
| De 801 a 1000 | 15 | 10.10 |
| De 1001 a 2000 | 5 | 3.30 |
| Total | 149 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Gasto mensual familiar

| Gastos | Total soles mensual |
|----------------------|----------------------------|
| Alimentos | 250.00 |
| Salud | 8.70 |
| Educación | 90.10 |
| Gas (GLP) | 33.00 |
| Vestimenta | 50.20 |
| Electricidad | 8.50 |
| Transporte | 30.50 |
| Otros | 45.60 |
| Total, gastos al mes | 516.6 |

Fuente: Elaboración propia

El gasto promedio mensual por familia es de S/. 516.60

Análisis de costos de ingreso y egreso

Tabla 13

Análisis de costos de ingreso y egreso

| Concepto | Soles monto |
|--------------------------|--------------------|
| Ingreso promedio mensual | 606.90 |
| Egreso promedio mensual | 516.60 |
| Saldo mensual | 90.30 |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de ingresos y egresos que tienen las familias nos indica ingresos ínfimos mensuales (S/. 606.90), que no está de acuerdo a la canasta familiar o al sueldo básico que es de 930.00 soles mensual en el Perú, esto nos evidencia que solo tienen para subsistir mas no para mejorar su calidad de vida.

La capacidad de ahorro mensual es de S/. 90.30 soles.

Disposición de pago por familias

Tabla 14

Disposición de pago

| Descripción | N° de familias | % |
|-------------|----------------|-------|
| SI | 145 | 97.30 |
| NO | 4 | 2.70 |
| Total | 149 | 100 |

Fuente: *Elaboración propia*

Monto disponible de pago por el servicio de agua.

Tabla 15

Monto disponible de pago

| Monto | N° de familias | % familias | Cantidad S/. a pagar |
|----------------|----------------|------------|----------------------|
| De 0.00 a 1.00 | 6 | 4.00 | 3.00 |
| De 1.00 a 2.00 | 48 | 32.20 | 72.00 |
| De 2.02 a 3.00 | 72 | 48.30 | 180.00 |
| De 3.00 a 4.00 | 15 | 10.10 | 52.50 |
| De 4.00 a 5.00 | 8 | 5.40 | 36.00 |
| Total | 149 | 100 | 343.5 |

Fuente: *Elaboración propia*

Del análisis se interpreta de 149 familias el 97.70 % están dispuestos a pagar la suma de S/. 2.30 soles promedio mensual.

Situación de la energía solar fotovoltaico en Puno.

La región puno el altiplano andino está localizada en el sur del Perú y se prolonga hasta el territorio boliviano. El altiplano es una extensa llanura ubicada a una altura de 3800 a 4000 m.s.n.m. en invierno la temperatura puede llegar hasta -16°C , y un máximo de 19°C en épocas

de primavera, en Puno el promedio de irradiación solar anual sobre la superficie horizontal es de 6.80 kWh/m² día (Puno), la irradiación mínima en el mes de enero con 5.10 kWh/m² día, la máxima en el mes de octubre es con 7.2 kWh/m² día (Horn. CER-UNI).

Tabla 16

Radiación solar en Puno

| RADIACION, TEMPERATURA Y PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL PARA EL DEPARTAMENTO DE PUNO | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| MES | RADIACION KWH/m ² día | TEMPERATURA AMBIENTE °C | PRECIPITACION MM ² | OBSERVACIONES |
| Enero | 5.06 | 10.00 | 143.00 | |
| Febrero | 5.70 | 10.20 | 129.00 | |
| Marzo | 5.40 | 9.20 | 140.00 | |
| Abril | 5.80 | 9.80 | 36.00 | |
| Mayo | 5.70 | 8.30 | 10.00 | |
| Junio | 5.50 | 7.10 | 1.00 | |
| Julio | 5.50 | 6.80 | 2.00 | |
| Agosto | 6.50 | 8.10 | 9.00 | |
| Setiembre | 6.70 | 10.20 | 28.00 | |
| Octubre | 7.20 | 11.40 | 33.00 | |
| Noviembre | 6.70 | 10.70 | 45.00 | |
| Diciembre | 6.30 | 9.40 | 98.00 | |
| PROMEDIO ANUAL | 6.01 | 9.27 | 56.17 | |

Fuente: Atlas solar del Peru 2002 (Elaboración propia)

3.2. Diseño de sistema de agua potable hidráulica

Cálculo de la población de diseño

Población al año 2019 (P_a) : 596 habitantes

Tasa de crecimiento (r) : 0.93 %

Periodo de crecimiento (T) : 20 años

La tasa de crecimiento se adoptó de la región puno INEI Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017, la tasa de crecimiento distrital provincial y regional está en negativo.

Para el cálculo de la población futura aplicamos la ecuación (08)

$$P_f = 596 \times \left(1 + \frac{0.93 * 20}{100}\right) = 706.9 \text{ habitantes}$$

$$P_f = 707 \text{ habitantes.}$$

Para 20 años del periodo de duración del proyecto, se habrá incrementado al 2040 de 111 habitantes más.

Dotación de agua.

La dotación de la demanda de agua asumimos con baños de arrastre hidráulico.

Dot = 80 litros/habitantes/día.

Caudal de diseño

Consumo diario promedio

Población futura : 707 habitantes

Dotación : 80 l/hab/dia.

Asumimos la ecuación (9)

$$Q_p = \frac{(80 * 707)}{86400} = 0.65 \text{ l/s}$$

$$Q_p = 0.65 \text{ l/s}$$

Demanda máximo diario

Es un factor muy importante en el diseño de abastecimiento de agua potable, en los diseños de captaciones, líneas de conducción, impulsión, reservorio.

Coefficiente para la población rural : 1.3

Consumo diario promedio anual : 0.65 l/s

Asumimos según la ecuación (10): $Q_{md} = 1.3 * Q_p$

$$Q_{md} = 1.3 * 0.65 = 0.85 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 0.85 \text{ l/s}$$

Demanda máximo horario

En el sistema de abastecimiento de agua potable se utiliza para el diseño de líneas de aducción y redes de distribución.

Coefficiente para la población rural : 2

Consumo promedio diario anual : 0.65 l/s

Aplicamos la ecuación (11): $Q_{mh} = 2 * Q_p$

$$Q_{mh} = 2 * 0.65 = 1.30 \text{ l/s}$$

$$Q_{mh} = 1.30 \text{ l/s}$$

Diseño de línea de impulsión

Caudal de bombeo (Q_b)

Es el caudal de la línea de impulsión al consumo máximo diario para el periodo de diseño correspondiente, teniendo en cuenta según MVCS recomienda entre 8 y 12 horas, se toma el número de horas de bombeo el valor máximo de 12 horas diarias.

Número de horas de bombeo (N) : 12 horas

Consumo máximo diario (Q_{md}) : 0.85 l/s

Aplicando la ecuación (12): $Q_b = Q_{md} * \left(\frac{24}{N}\right)$

$$Q_b = 0.85 * \left(\frac{24}{12}\right) = 1.70 \text{ l/s}$$

$$Q_b = 1.70 \text{ l/s}$$

Selección del diámetro de la tubería

Aplicamos la fórmula de Bresse Guevara, A(2016), p.40. según ecuación (13).

$$d = 1.3 * \lambda^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Q}$$

$$d = 1.3 * \left(\frac{12}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * \sqrt{\frac{1.70}{1000}} = 1.3 * 0.8409 * 0.0412 = 0.045 \text{ m}$$

$$d = 45 \text{ mm.}$$

Optamos por un diámetro comercial disponible $D_c = 11/2''$

$$d_c = 43.40 \text{ mm.}$$

Velocidad media de flujo

$$\text{Diámetro interior} : 0.0434 \text{ m.}$$

$$\text{Caudal de bombeo} : 1.70 \text{ l/s.}$$

Aplicamos según la ecuación (14)

$$V = \frac{4 * 1.70/1000}{3.1416 * 0.0434 * 0.0434} = 1.15 \text{ m/s}$$

$$V = 1.15 \text{ m/s.}$$

Velocidad de propagación de onda.

$$\text{Densidad de agua} : \delta = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Módulo de elasticidad del agua} : \varepsilon = 2 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Diámetro interior de tubería} : D_c = 0.0434 \text{ m.}$$

$$\text{Espesor de la tubería} : e = 0.0023 \text{ m.}$$

$$\text{Módulo de elasticidad de la tubería} : E = 2.94 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

Se tiene la ecuación: $\alpha = \sqrt{\frac{1}{\delta * (\frac{1}{\epsilon} + \frac{D_c}{e * E})}}$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1000 * (\frac{1}{2 * 10^9} + \frac{0.0434}{0.0023 * 2.94 * 10^9})}}$$

$\alpha = 380.20 \text{ m/s.}$

Sobrepresión

Velocidad de propagación de onda (α): $\alpha = 380.20 \text{ m/s.}$

Longitud de tubería (L) : L = 566 m.

Gravedad (g) : g = 9.81 m/s

Velocidad media de flujo (V) : 1.15 m/s.

Sobre presión: $\Delta H = \frac{\alpha V}{g}$

$$\Delta H = \frac{380.20 * 1.15}{9.81} = 44.57 \text{ mca}$$

$\Delta H = 44.57 \text{ m}$

Perdida de carga por fricción

De la ecuación (15): $H_f = L * \frac{10.67}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}}$

Caudal de bombeo (Qb) : 1.70 l/s

Coefficiente de rugosidad (C): C = 150

Diámetro de la tubería (D) : D = 0.0434 m

Longitud de la tubería (L) : L = 566 m.

$$h_f = \frac{10.67 * 0.0017^{1.852}}{0.0434^{4.87} * 150^{1.852}} * 566$$

$h_f = 18.07 \text{ m}$

Perdida de carga local por accesorios

Velocidad media de flujo (V) : 1.15 m/s

Gravedad (g) : 9.81 m/s²

Coefficiente (K) : determinamos de la tabla

Tabla 17

Coefficiente de accesorios

| DESCRIPCION | N° | K | total |
|---------------------------|----|------|-------|
| Canastilla | 1 | 0.25 | 0.25 |
| Codo de 90° | 3 | 0.4 | 1.20 |
| Valvula compuerta abierta | 1 | 0.25 | 0.25 |
| Valvula chek | 1 | 2.5 | 2.50 |
| Tubo de salida | 1 | 1 | 1.00 |
| Union tipo | 1 | 0.10 | 0.10 |
| Valvula de purga | 1 | 2.5 | 2.50 |
| Total | | | 8.40 |

Fuente: *Elaboración propia*

$$H_1 = \Sigma k * \frac{V^2}{2 * g}$$

De la fórmula: $H_1 = 8.40 * \frac{1.15^2}{2 * 9.81} = 0.56 \text{ m.}$

$$H_1 = 0.56 \text{ m.}$$

Perdida de carga total: $H_{ftotal} = H_1 + H_f$

$$H_{ftotal} = 0.56 + 18.07$$

$$H_{ftotal} = 18.63 \text{ m.}$$

Altura geométrica

Es la diferencia de nivel entre captación (caison) y reservorio. Teniendo en cuenta la profundidad del pozo y el motor sumergible se instala su base a una altura de 0.5 m.

Tabla 18

Alturas de nivel (m.s.n.m.)

| Descripción | Cota (msnm) | Máxima | Mínima | Descarga |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| Caisson | 3,838.24 | 3,824.04 | 3,827.40 | |
| Reservorio | 3,871.00 | | | 3872.20 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

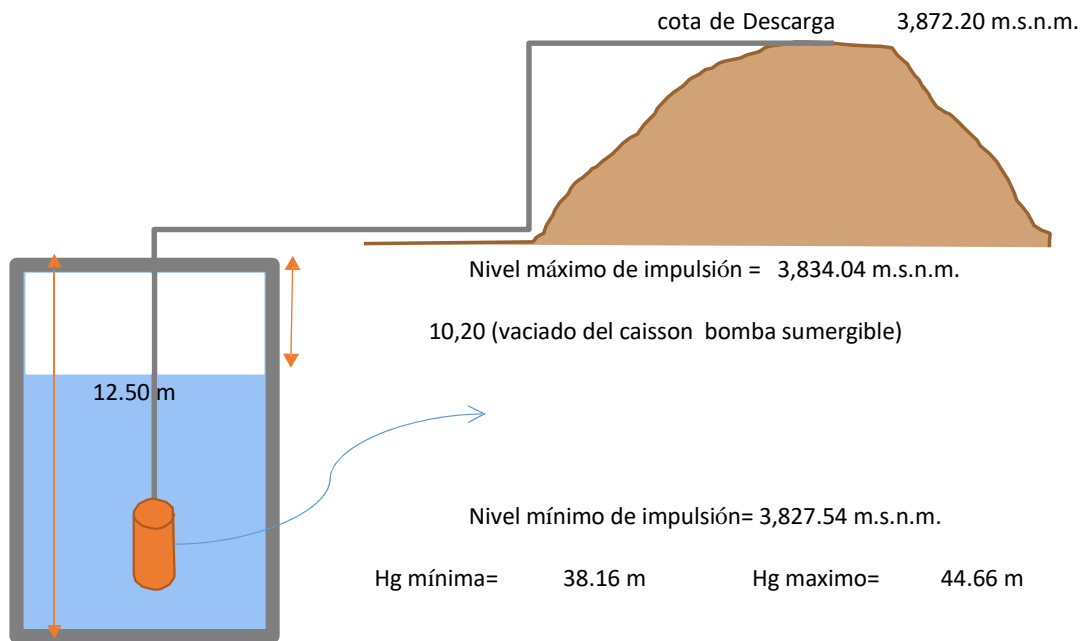
Alturas de caisson y reservorio

| CAISON | | RESERVORIO | |
|--------------------|---------|-----------------|--------|
| Espesor de la tapa | 0.15 m | Espesor de tapa | 0.15 m |
| Borde libre | 4.00 m | Borde libre | 0.30 m |
| Altura | 12.50 m | Altura de H2O | 1.20 m |

Fuente: Elaboración propia

Nivel Dinamico = 3,827.54 m.s.n.m.

Figura 19
Diagrama de Impulsión



Fuente: Elaboración propia

$$H_g = H_s + H_d + H_p$$

Donde

H_g = Altura geométrica (m)

H_s = Altura de succión o aspiración es la altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior (m).

H_d = Altura de descarga, altura de nivel superior con relación al eje de la bomba (m).

H_p = Profundidad del pozo a partir de la base del motor (m).

Por lo tanto

$$H_g = 6.5 + 38.16 + 12.00 = 56.66 \text{ m.}$$

$$H_g = 56.66 \text{ m.}$$

Altura manométrica o dinámica.

Se calcula la altura dinámica total (H_{DT}) mediante la ecuación:

$$H_{DT} = H_g + H_{ftotal} + H_s$$

$$H_{DT} = 56.66 + 18.63 + 6.5$$

$$H_{DT} = 81.79 \text{ m.}$$

Diseño del reservorio

Para este sistema de bombeo se calcula el volumen de regulación. Utilizando la ecuación:

$$V_{reg} = P_f \cdot \dot{Q} \cdot 0.25/1000$$

$$V_{reg} = 707 \cdot 80 \cdot 0.25$$

$$V_{reg} = 14.14 \text{ m}^3$$

Volumen de reserva

$$V_{res} = 25\% \cdot V_{alm.}$$

$$V_{res} = 25\% \cdot (V_{reg}).$$

$$V_{res} = 25\% \cdot 14.14$$

$$V_{res} = 3.54 \text{ m}^3$$

Volumen de almacenamiento

$$V_{alm} = V_{reg} + V_{res}$$

$$V_{alm. diario} = 14.14 + 3.54 = 17.68 \text{ m}^3$$

Se recomienda para el almacenamiento de agua por la zona sierra se debe prever los días nublados, se considera un reservorio mas grande por lo que consideramos dos días nublado.

$$V_{almn} = V_{res} + 2 \cdot V_{reg}$$

$$V_{almn} = 3.54 + 2 \cdot 14.14$$

$$V_{almn} = 31.82 \text{ m}^3$$

El Volumen de agua de reserva para los días nublados será:

$$V_{res.d.nublados} = V_{almn} - V_{alm}$$

$$V_{res.d.nublados} = 31.82 - 17.68$$

$$V_{res.d.nublados} = 14.14 \text{ m}^3$$

Dimensión del reservorio.

Altura de agua : $H = 2.30 \text{ m}$.

Largo : $L = \sqrt{\frac{V_{almn}}{H}}$

$$L = \sqrt{\frac{31.82}{2.30}}$$

$$L = 3.72 \text{ m}.$$

Ancho : $A = L$

$$A = 3.72 \text{ m}.$$

Borde libre : $B_L = 0,30 \text{ m}$

Altura total : $H_T = 2.60 \text{ m}$

Capacidad Máxima : $L * A * H = 3.72 * 3.72 * 2.30 = 31.83 \text{ m}^3$

Volumen asumido : $V_a = L * A * H_t$

$$V_a = 3.72 * 3.72 * 2.60$$

$$V_a = 35.98 \text{ m}^3$$

3.3. Diseño del sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica.

Línea de impulsión

Primero necesitamos determinar la potencia de la bomba y saber las horas de bombeo.

Según RM N° 192 del MVCS la dotación para la sierra es 80 lts/hab con una densidad de 4 personas por familia del cálculo tenemos un caudal máximo diario de 0.85 l/s.

Potencia de la bomba

Efectuamos con la ecuación: $P_b = \frac{Q_b * H_{DT}}{76 * \varepsilon}$

Datos:

Caudal de bombeo : $Q_b = 1.70 \text{ l/S}$

Altura dinámica : $H_{DT} = 81.79 \text{ m.}$

Eficiencia teórica : 70 % a 90 %

Reemplazamos datos : $P_b = \frac{1.70 * 81.79}{76 * 0.75}$

$$P_b = 2.388 \text{ HP}$$

Convirtiendo, 1 HP = 746 watts.

$$P_b = 1781.71 \text{ W.}$$

Cálculo de la energía por día consumida.

Potencia de la bomba (W) : $P_b = 1.78 \text{ KW.}$

Horas de bombeo : $t = 12 \text{ h.}$

Energía consumida : $E_C = P_b * t$

$$E_C = 1.78 * 12 = 14.24 \text{ kWh.}$$

Tabla 20

Datos para la línea de impulsión

| Descripción | Valor | Unidad de medida |
|--------------|-------|------------------|
| Qbombeo hora | 1.30 | m3/h |
| Qmd | 0.85 | l/s |

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| Qbombeo | 1.70 | l/s |
| Nº de bomba | 1 | Und. |
| Horas de bombeo | 12 | H |
| Presión de llegada | 2 | m.c.a. |
| Cota reservorio | 3,872.20 | m.s.n.m. |
| Cota caison | 3,834.04 | m.s.n.m. |
| Cota succión | 3,827.54 | m.s.n.m. |
| Cota nivel de agua | 3,874.80 | m.s.n.m. |
| Cota nivel de ingreso | 3,875.10 | m.s.n.m. |
| Altura geométrica | 56.66 | m. |
| Longitud | 566 | m. |

Fuente: Elaboración propia

Estimación de consumo y irradiancia

Pedrollo S.P.A. según su catálogo de bombas sumergibles tiene bombas según caudal y altura dinámica total, del cálculo la pérdida HPT es 81.79 m. el caudal de bombeo es 1.70 l/s que es equivalente a 102 l/mm, por lo tanto, en nuestro diseño elegimos el modelo 4SR25Gm/15 monofásico que es de 1.1 KW para una altura dinámica total de 81.79 Metros con un caudal de 80 lts/mim.

Tabla 21

Consumo medio diario

| Descripción | electrobomba | Lampara 15 W |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Cantidad | 1 | 2 |
| Potencia instalada (W) | 1100 | 15 |
| Tiempo de uso diario (hrs) | 12 | 2 |
| Energía instalada (Wh/día) | 11000 | 60 |
| Margen de seguridad | 20% | 20% |
| Consumo diario (Wh/día) | 14,240.00 | 72 |
| Consumo diario (KWh/día) | 14.24 | 0.07 |

| | | |
|----------------------|-----------|----|
| Consumo diario total | 14,240.00 | 72 |
|----------------------|-----------|----|

Fuente: Elaboración propia

Calculamos el consumo del sistema fotovoltaico de acuerdo con la ecuación...

Consumo medio diario

Tabla 22

Consumo medio diario

| Descripción | Datos | Unidad |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|
| Tipo de uso | Sistema de bombeo | Wp |
| Panel solar | 320 | Wp |
| Voltaje Nominal | 48 | V |
| Lampara 15 W | 15 | W |
| Electrobomba | 1100 | W |
| Consumo medio diario (AC) | 14240 | Wh/día |
| Eficiencia de batería (n bat) | 0.80 | |
| Eficiencia de inversor (n inv) | 0.85 | |
| Eficiencia de conductor (n con) | 0.97 | |
| Consumo medio diario final (Lmd) | 21,588.84 | Wh/día |
| Hora Solar Pico (HSP) | 4.85 | Wh/m ² /día |

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento de paneles.

Una vez calculado el consumo, determinamos la distribución en serie y paralelo de acuerdo a las ecuaciones mencionados, obteniéndose la siguiente tabla.

Tabla 23

N° de paneles en serie y paralelo

| Descripción | Abreviatura | Resultados | Unidades |
|-------------------------|-------------|------------|----------|
| Consumo medio diario | Lmd | 21,588.84 | Wh/día |
| Potencia pico de modulo | P MPP | 320.00 | Wp |

| | | | |
|------------------------------------|------------|-------|------------------------|
| Horas de sol pico | HPS | 4.85 | Wh/m ² /día |
| Factor global de funcionamiento | PR | 0.95 | |
| Nº de modulos solares | NT | 14 | Unid. |
| Tensión de batería | V BAT | 48 | V |
| Tensión máxima del modulo | Vmax | 37.65 | V |
| Numero de módulos solares en serie | N SERIE | 2 | Unid. |
| Nº de módulos solares en paralelo | N PARALELO | 7 | Unid- |

Fuente: Elaboración propia

De los cálculos, se nos resulta 07 paneles colocados en paralelo y en 2 series.

Dimensionamiento del sistema de acumulación.

Para nuestro diseño utilizamos baterías estacionales para una vida útil de 20 años de una capacidad de 600 Ah con arreglo de 48 V.

Tabla 24

Dimensionamiento de baterías

| Descripción | Abreviatura | Resultados | Unidades |
|--------------------------------|-------------|------------|----------|
| Consumo medios diarios | Lmd | 21,588.84 | Wh/día |
| Descarga Máxima Estacional | PD maxe | 0.70 | |
| Descarga máxima diaria | PD maxd | 0.15 | |
| Número de días de Autonomía | N | 3.00 | |
| Factor de modulo | F | 0.95 | |
| Tensión de batería | V BAT | 48.00 | V |
| Capacidad nominal diaria | C md | 151500.63 | Wh |
| Capacidad nominal diaria | C md | 3,156.26 | Ah |
| Capacidad nominal estacionaria | C me | 32,464.42 | Wh |
| Capacidad nominal estacionaria | C me | 676.34 | Ah |
| Capacidad de baterías | C | 600 | Ah |
| Voltaje de la batería | V | 48.00 | |
| Numero de baterías | Nb | 5 | Unid. |

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento del regulador

El regulador o controlador de carga es el encargado de que los componentes del sistema que no reciban sobrecargas, de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

Calculamos usando las ecuaciones (25) y (26)

Tabla 25

Dimensionamiento de baterías

| Descripcion | Abreviatura | Resultado | Unidades |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|----------|
| Factor de seguridad del regulador | | 1.25 | |
| Corriente de corto circuito | I _{cc} | 9.10 | A |
| Numero de ramas en paralelo | N P | 7.00 | |
| Potencia de carga en alterna | P _{ac} | 1115.00 | W |
| Tensión de batería | V _{BAT} | 48.00 | V |
| Eficiencia del regulador | N _{reg} | 0.95 | |
| Corriente de entrada al regulador | I _{entrada} | 79.625 | A |
| Corriente de salida al regulador | I _{salida} | 30.56 | A |
| Corriente del regulador | I _r | 79.625 | A |

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento del inversor

Esto nos permite que el inversor trabaje en un punto de eficiencia optima la mayor parte del tiempo, reemplazando los datos en la ecuación (27) el factor será de 5 veces la potencia nominal de la motobomba.

Tabla 26

Dimensionamiento del inversor

| Descripción | abreviatura | Resultados | Unidades |
|----------------------------------|-------------|------------|----------|
| Factor de seguridad del inversor | 20% | | |

| | | | |
|-------------------------------|-------|---------|---|
| Potencia de cargas en alterna | Pac | 1115.00 | W |
| Factor para picos de arranque | S | 5.00 | |
| Potencia del inversor | P inv | 1338 | W |
| Potencia del inversor con S | P inv | 6690 | W |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis el dimensionamiento resulto 14 paneles de 320 W cada uno, en paralelo 7 paneles y en serie 7 paneles. 5 baterías estacionarias de 48 v y 600 ah finalmente de 1500 watts de inversor de regulador, donde puede soportar hasta 6690 ah y 80 A. describimos los resultados de diseño en la tabla 26.

Resultado de diseño

Tabla 27

Resultado de diseño

| Descripción | Cantidad |
|---------------------------------|---------------------------|
| N° de paneles | 14 unidades |
| Potencia de cada panel | 320 W |
| Potencia mínima del inversor | 1500 W con pico de 6690 W |
| Baterías | 05 de 600 Ah d2 48 V |
| Potencia mínima de la motobomba | 1.5 hp – 1100 W |
| Corriente mínimo del regulador | 80 A |
| Hps | 4.85 |

Fuente: Elaboración propia

Inclinación de panel solar

El proyecto está ubicado en el sur, su orientación será hacia el norte, donde tenemos que hallar el ángulo de inclinación del panel solar.

Según Mascaros (2015, p. 32); la inclinación óptima de la ecuación (7) para la ecuación necesitamos la altitud en decimales.

De acuerdo al mapa de ubicación la estación de bombeo tiene una latitud de -15.482935, reemplazamos a la ecuación (7) se tiene una inclinación óptima de 14.38 grados orientados hacia norte.

Rentabilidad

Para comparar la rentabilidad tomamos en consideración las partidas que varían entre las dos opciones del sistema para el bombeo

Figura

Tabla 28

Diferencia entre sistemas

| Descripción | Sistema fotovoltaico | Sistema convencional |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Estación de bombeo | - Bombas, paneles, baterías etc. | - Bombas, caseta, tableros etc. |
| Red de tensión monofásica | - Bombas, paneles, baterías etc. | - Bombas, caseta, tableros etc. |
| Cerco perimétrico | - 40 m. de perímetro | - 28 m. de perímetro |

Fuente: Elaboración propia

Costos de inversión sistema fotovoltaico.

para los costos de inversión es necesario crear partidas y costos unitarios.

Tabla 29

Partidas y presupuesto del sistema fotovoltaico

| Item | Descripción | Un d. | Metra do | Precio S/. | Parcial S/. |
|------|--------------------------------|----------|-------------|------------|------------------|
| 01 | SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | | 86,197.44 |

| | | | | | |
|--------------|--|-----|-------|----------|------------------|
| 01.01 | SISTEMA DE BOMBEO CON PANELES SOLARES | | | | 79,200.14 |
| 01.01.01 | SUMINISTRO E INSTALACION DE PANELES SOLARES | und | 1.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| 01.01.02 | EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL | M3 | 1.15 | 50.55 | 58.13 |
| 01.01.03 | DADO DE CONCRETO f'c= 175 kg/cm2 | M3 | 1.15 | 250.62 | 288.21 |
| 01.01.04 | ESTRUCTURA METALICA PARA PANELES | Und | 7 | 810.50 | 5,673.50 |
| 01.01.05 | SUMINISTRO E INSTALACION DE BOMBA Y ACCESORIOS | Und | 1 | 72180.30 | 72,180.30 |
| 01.02 | CERCO PERIMETRICO (01 UND) | | | | 2,887.04 |
| 01.02.01 | TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 40.00 | 1.50 | 60.00 |
| 01.02.02 | EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL | m3 | 1.95 | 50.55 | 98.57 |
| 01.02.03 | DADO DE CONCRETO f'c= 175 kg/cm2 | m3 | 1.95 | 250.62 | 488.70 |
| 01.02.04 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTES f° G° DE D= 2" | M | 43.40 | 9.70 | 420.98 |
| 01.02.05 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBOS f° G° DE D= 1" | M | 77.50 | 9.50 | 736.25 |
| 01.02.06 | FIERRO ANGULAR DE 1/12" X 1 1/2" FIGACION DE POSTE | M | 6.80 | 6.35 | 43.16 |
| 01.02.07 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA GALVANIZADA N° 12 | M2 | 64.42 | 15.20 | 979.18 |
| 01.02.08 | CERRADURA DE PUERTA METALICA + CANDADO | Und | 1 | 60.20 | 60.20 |
| 01.03 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS | | | | 4110.40 |
| 01.03.01 | INSTALACION DE TUBERIA DE PVC SP 2" Y ACCESORIOS | Und | 1 | 4110.40 | 4110.40 |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 29 el sistema de bombeo muestra la colocación de paneles con su respectiva estructura metálica y bomba hidráulica sumergible resulto un costo de S/. 79200.14 soles, el costo del cerco perimétrico es de S/. 2,887.04 soles y la instalación e suministro es de 4110.40 soles.

Finalmente nos resulta el costo directo del sistema de bombeo fotovoltaico un total de 86,197.44 soles, nos representa el costo de inversión.

Costos de inversión sistema convencional.

En el sistema convencional ya existe el sistema de agua potable con sus diferentes componentes; sin embargo, no funciona por falta servicio de energía eléctrica por los altos costos de pagos.

Tabla 30

Partidas y presupuesto del sistema convencional

| Item | Descripción | Und | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|--------------|---|-----|---------|------------|-------------------|
| 02 | SISTEMA DE BOMBEO CONVENCIONAL | | | | 112,334.46 |
| 02.01 | CERCO PERIMETRICO (01 UND) | | | | 1,868.48 |
| 02.01.01 | TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR | m2 | 22.40 | 1.09 | 24.42 |
| 02.01.02 | EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL | m3 | 0.72 | 50.55 | 36.40 |
| 02.01.03 | DADO DE CONCRETO f'c= 175 kg/cm2 | m3 | 0.75 | 250.62 | 187.96 |
| 02.01.04 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTES f° G° DE D= 2" | m | 33-05 | 11.81 | 390.32 |
| 02.01.05 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBOS f° G° DE D= 1" | M | 43.70 | 10.56 | 461.47 |
| 02.01.06 | FIERRO ANGULAR DE 1/12" X 1 1/2" FIGACION DE POSTE | M | 3.70 | 6.82 | 25.23 |
| 02.01.07 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA GALVANIZADA N° 12 | M2 | 44.90 | 15.20 | 682.48 |
| 02.01.07 | CERRADURA PUERTA METALICA + CANDADO | Un | 1 | 60.20 | 60.20 |
| 02.02 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS | | | | 4385.42 |
| 02.02.01 | INSTALACION DE TUBERIA DE PVC SP 2" Y ACCESORIOS | Und | 1 | 4385.42 | 4385.42 |
| 02.03 | INSTALACIONES ELECTRICAS | | | | 834.13 |
| 02.03.01 | TABLERO GENERAL | Und | 1.00 | 53.08 | 53.08 |
| 02.03.02 | INTERRUPTOR THERMOMAGNETICO MONOFASICA 2 X 15ª | Pza | 2.00 | 41.54 | 83.08 |
| 02.03.03 | INTERRUPTOR THERMOMAGNETICO MONOFASICA 2 X 40ª | Pza | 1.00 | 51.54 | 51.54 |
| 02.03.04 | INTERRUPTOR THERMOMAGNETICO MONOFASICA 2 X 30ª | Pza | 2.00 | 38.54 | 77.08 |
| 02.03.05 | SALIDA DE TECHO C/CABLE AWG TW 2.5MM(14)+D PVC SEL 19MM(3/4) | Pto | 1.00 | 61.59 | 61.59 |
| 02.03.06 | SALIDA TOMACORRIENTE C/AWG TW 4.0MM(12)+D PVC SEL 19MM(3/4) | Pto | 2.00 | 64.14 | 128.28 |
| 02.03.07 | POZO-CONEXION A TIERRA EN SISTEMA C/EQ.BOMBEO,ALUMB,TOMACORR | Und | 1.00 | 338.38 | 338.38 |
| 02.03.08 | CABLE ELECTRICO TW AWG NO. 12 | M | 30.00 | 1.37 | 41.10 |
| 02.04 | EQUIPOS ELECTROMECHANICOS | | | | 10,231.87 |
| 02.04.01 | SUMINISTRO E INSTALACION DE BOMBA SUMERGIBLE DE 2 HP | Und | 2.00 | 4,577.29 | 9,154.58 |
| 02.04.02 | SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS ELECTRO MECANICOS | GLB | 1.00 | 1,077.29 | 1,077.29 |
| 02.05 | INSTALACION ELECTRICA DE DISTRIBUCION PRIMARIA Y SUBESTACION | | | | 95,014.56 |
| 02.05.01 | SUMINISTRO DE MATERIALES | GLB | 1.00 | 62,956.33 | 62,956.33 |
| 02.05.02 | MONTAJE ELECTROMECHANICO | GLB | 1.00 | 26,410.41 | 26,410.41 |
| 02.05.03 | TRANSPORTE Y/O ACARREO | GLB | 1.00 | 5,647.82 | 5,647.82 |

Fuente: Elaboración propia

Costos de mantenimiento

Para el mantenimiento del sistema convencional el pago mensual se toma del informe de OSINRMING, para la tarifa de consumo BT5B es de S/./kWh 85.93, y su consumo medio diario final es de 20,121.29 Wh/día usando la ecuación, con estos datos tenemos el promedio de gasto

6,311.00 soles al año, obteniendo el costo de mantenimiento final es de 148,685.53 soles tabla 31

Tabla 31

Costo de mantenimiento del sistema convencional

| N° | Descripción | Calculo |
|-----|--------------------------------------|--|
| A | Consumo anual | $85.93 * 20,121.29 * \frac{365}{100} = 6,310.93 \text{ soles}$ |
| B | Consumo en 20 años | $6,310.93 * 20 = 126,218.61 \text{ soles}$ |
| C | Mantenimiento y refacciones 1% CI | $0.01 * 112,334.46 * 20 = 22,466.92 \text{ soles}$ |
| b+c | Costo de mantenimiento | $126,218.61 + 22,466.92 = 148,685.53 \text{ soles}$ |

Fuente: Elaboración propia

Los materiales para la vida útil para el sistema de bombeo fotovoltaico son superiores a los 20 años proyectados, teniendo en cuenta que los paneles tienen una vida útil de 20 a 30 años, el inversor y regulador su vida útil es de 20 años, las baterías estacionarias son mayores de 20 años.

Tabla 32

Costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico

| N° | Descripción | Calculo |
|-----|--|---|
| A | 10% baja cada 10 años su capacidad. | $+4 \text{ paneles tabla 4}; 810.50 * 4 = 3,242.00 \text{ soles}$ |
| B | Mantenimiento y refacciones 1% CI tabla 2 | $0.02 * 86,197.44 * 20 = 34,478.98 \text{ soles}$ |
| a+b | Costo de mantenimiento | $3,242.00 + 34,478.98 = 37,720.98 \text{ soles}$ |

Fuente: Elaboración propia

3.4. FUNCIONABILIDAD.

Durante el año la radiación es uniforme debido a la proximidad a la línea ecuatorial, mostrándonos una pequeña variación a lo largo del año con una funcionalidad de 86.64 % de los días sin déficit de energía.

3.5. RENTABILIDAD

De acuerdo a los cálculos y resultados obtenemos la tabla 33 sin IGV.

Tabla 33

Cuadro comparativo de los sistemas

| Descripción | Sistema Eléctrico Convencional | Sistema de Bombeo Fotovoltaico |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Costo de inversión | 112,334.46 | 86,197.44 |
| Costo de mantenimiento y operación | 148,685.53 | 37,720.98 |
| Total | 261,019.99 | 123,918.42 |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos pueden variar de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada marca o productos, entonces optamos por la mejor manejabilidad en relación a la calidad, precio.

El costo de inversión del sistema convencional es mayor que el sistema fotovoltaico, para su funcionamiento del sistema de agua potable del centro Poblado de collana optamos por el sistema fotovoltaico ya que su sistema de mantenimiento anual es de S/. 1,886.05 y un aporte promedio anual por familias de 146, tendrían que aportar cada familia S/. 12.92 soles. Si optáramos por sistema convencional el mantenimiento costaría de S/ 7,434.28 y por cada familia tendrían que aportar S/ 50.92 soles el cual no está al alcance de la población de acuerdo al análisis económico, donde el 2.30 % estarían de acuerdo pagar el sistema convencional e el 97.70 %



están de acuerdo pagar el sistema de bombeo solar fotovoltaico, envista que está considerado en pobreza.



IV.- DISCUSION

Para un adecuado servicio básico de agua potable sostenible, se debe emplear una tecnología de acuerdo al entorno físico, social, económico y ambiental de las poblaciones, conseguir tecnologías de alto nivel con inversiones menores y sin dañar el medio ambiente, mejorando la calidad y cobertura a toda la población.

Los estudios socioeconómicos de la zona es un problema por estar en pobreza. Lo que no permite acceder a otras líneas de electricidad.

De acuerdo a los datos socioeconómico de la población, la tarifa mensual es asequible por lo tanto pueden mantener el sistema de bombeo por paneles solares.



V.- CONCLUSIONES

- ✓ La energía solar es una fuente viable de energía: es inagotable, gratuita y de fácil manejo para el sistema de bombeo de agua por sistema fotovoltaico para consumo humano va contribuir a mejorar la calidad de vida, en el Centro Poblado de Collana del distrito de Taraco de la Provincia de Huancané de la región puno.
- ✓ Se demostró la funcionalidad del sistema de bombeo fotovoltaico mediante un diseño adecuado en la presente investigación, con una funcionalidad de 86.64 %.
- ✓ El costo de inversión mantenimiento del sistema convencional es de S/. 261,019.99 y el sistema de bombeo solar fotovoltaico es de S/, 123,918.42, el sistema convencional es más caro, lo que nos indica invertir en energías renovables por ser muy rentables, funcional e económico y no daña el medio ambiente.
- ✓ Es un sistema de alta confiabilidad que garantiza su funcionamiento alrededor de 20 años, el porcentaje de fallas es extremadamente bajo durante ese periodo.
- ✓ Se aprovechará la infraestructura existente, donde se conectará a la red del sistema de agua potable del C.P de Collana,



VI.- RECOMENDACIONES

- ✓ Respetar las normas y reglamentos electrotécnicos aplicables a instalaciones eléctricas.
- ✓ Mantener su inclinación óptima de los paneles solares a 15 grados, para que no se acumule material de suciedad, realizar mantenimiento cada cierto tiempo y proteger los equipos electrónicos.
- ✓ Proteger la entrada de la bomba de suciedad arena y otros mediante filtros adecuados en cada caso.
- ✓ También es bueno considerar que, el sistema de bombeo solar sus componentes son muy sensibles a deteriorarse como los paneles, baterías, la útil depende del número de ciclos de descarga que tenga, es recomendable usar pocas baterías de alta capacidad de almacenamiento, que utilizar baterías de menor capacidad, ello garantiza que su vida útil sea mayor. Los controladores MPPT permiten que los paneles solares trabajen a su máxima potencia, se recomienda usar las convencionales PWM que limitan la potencia.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abella, M.A. & Romero, F.C. (s.f.). *Departamento de energías renovables. – CIEMAT. Sistema de bombeo fotovoltaico.*
- Atlas Solar del Perú, proyecto per/98/g31: *electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú.* Ministerio de Energía y minas., 2003.
- Atlas solar del Perú, proyecto, per/98/g93. *Electrificación rural a base de energía fotovoltaico en el Perú,* Ministerio de Energía y Minas, (2003).
- Custudio, E. & Llamas, M. R. (1996). *Hidrología subterránea,* Barcelona. Primera edición – omega.
- Hidromas Servicios generales. (2015). *Estudio hidrogeológico Proyecto “Ampliación, Renovación y mejoramiento del tema de agua potable y alcantarillado del distrito de Chala, Provincia de Caravili, Departamento de Arequipa”.*
- I.P.Sagahon, *Tesis energía solar térmica y fotovoltaico aislada para pequeñas comunidades en Perú,* lima, 2013.
- Ivan G. L. & David N. C. (2009). *Propuesta automatización de un sistema de bombeo de agua potable.*
- Rubio, A. R. (2001) *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua, con energía fotovoltaica.* Volumen 1 libro de consulta 112.
- Sandia Nacional Laboratorios. (2001). *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaico.* -Volumen 1, México.
- Ventocilla (2012) *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilización desalinizadora autónoma.*

ANEXOS









WASHINGTON MAMANI MIRANDA

