FACULTAD DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

TRABAJO DE INVESTIGACION

"IMPLEMENTACIÓN DE PLANTA DE BOMBEO USANDO ENERGíA SOLAR, PARA LA IRRIGACIÓN DE 5,000 HECTÁREAS EN BAGUA GRANDE-AMAZONAS"

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRONOMO

BACH. ESTEBAN PLASENCIA RODRIGUEZ

ASESOR: Ing° VICTORINO SAAVEDRA PALACIOS

LAMBAYEQUE – PERU

2015

AGRADECIMIENTOS

Tengo que agradecer en primer lugar a Dios, porque gracias a su ayuda este logro ha sido posible, Él es el dador de todo conocimiento.

Agradecer a mis queridos padres, que con su Amor y dedicación supieron inculcar en mí, entre muchos valores la perseverancia.

A mi esposa e hijos por su apoyo moral y espiritual, que con su cariño motivaron en mí el deseo de seguir avanzando en mi preparación profesional, para ampliar mis posibilidades de atender mis responsabilidades con mayor tranquilidad. Son las personas que marcan mi camino.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, a mis padres, a mi esposa, A mis hijos, a mis familiares, a mis profesores, quienes De una u otra forma han servido de mucho apoyo para culminar esta etapa de mi vida profesional.

INDICE GENERAL

RESUMEN 5

I. INTRODUCCIÓN 6

a. Formulación del problema 7

b.Objetivos 7

II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA 7

2.1. BREVE HISTORIA DE LOS PRIMEROS EXPERIMENTOS 7

2.2. RESEÑA HISTÓRICA 8

2.3. OPCIONES DE FUENTES DE ENERGÍA EN EL PERÚ 9

2.4. DESARROLLO ENERGÉTICO SUSTENTABLE 10

2.5. TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES 10

2.5.1. Tecnologías de Energías Renovables de uso local 10

2.5.2. Tecnologías de Energías Renovables de uso remoto 10

2.6. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS 11

2.6.1. Ventajas 11

2.6.2. Principales aplicaciones 12

2.6.3. Componentes de un sistema fotovoltaico 12

1. Paneles solares 13

2. Baterías o acumuladores 14

2.1. Tipos de baterías 14

a) Baterías de plomo – acido 14

b) Baterías selladas 14

3. Controladores de carga 15

a) Reguladores en serie 15

b) Reguladores en paralelo 15

4. Inversores de corriente 16

5. Adaptadores 17

2.7. BOMBEO DE AGUA MEDIANTE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA 17

2.8. SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED 18

2.9. BOMBA 19

2.9.1. TIPOS DE BOMBA 19

2.10. MOTOR 23

III. MATERIALES Y METODOS 24

3.1. La Energía Solar en el Perú **24**

3.2. Instrumentos para medir la Irradiación Solar **25**

3.2.1. Pirheliómetros **25**

3.2.2. Piranómetros **26**

3.2.3. Actinógrafo **27**

3.2.4. Heliógrafo **27**

3.2.5. Instrumentos para medir Temperaturas **29**

IV. RESULTADOS **30**

V. DISCUSION **36**

VI. CONCLUSIONES **36**

VII.RECOMENDACIONES **38**

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS **39**

Resumen

La energía solar, por ser una fuente inagotable y renovable, además limpia y gratuita; a dado lugar en los últimos años a un interés general que va en crecimiento. La intensidad de radiación emitida sobre la tierra es constante, pero la recibida en la superficie depende de algunos factores como la época del año, hora del día, latitud y climatología, sin embargo es fácilmente almacenable de manera versátil desde pequeña hasta gran escala.

Lo que se busca proponer es el uso de sistemas fotovoltaicos(SFV) para producir electricidad, que nos evitará el uso de energía eléctrica convencional que es más cara y contaminante; además, poder incorporar tierras eriazas con aptitud agrícola mediante plantas de bombeo de agua, usando la energía solar a través de estos sistemas fotovoltaicos. Esto repercutirá especialmente en el desarrollo integral de las provincias de Bagua y Utcubamba y por ende del Nor Oriente Peruano.

Palabras claves: Energía solar, fotovoltaica y planta de bombeo.

I. INTRODUCCION

El sol es una fuente muy poderosa de energía, sin su presencia la vida en nuestro planeta no sería posible. La luz solar se desplaza en todas direcciones y alcanza la tierra en un tiempo de ocho minutos; se ha calculado que en un solo segundo, el sol irradia más energía que la que ha consumido la humanidad en toda su historia (1).

El interés general por la energía solar en los últimos años, se ha incrementado, por tratarse de la fuente energética alternativa más atractiva del futuro, no solo por su carácter inagotable al ser energía renovable, sino también por ser limpia, además gratuita, y; se puede usar en el lugar donde se produce (5).

La intensidad de radiación emitida sobre la tierra es constante, pero no así la recibida en la superficie que depende de la época del año, la hora del día, la latitud y la climatología; sin embargo es fácilmente almacenable. La gran variedad de formas de almacenamientos y características particulares de cada una de ellas, permiten su gran versatilidad en su uso, que va desde la pequeña escala de una vivienda, una granja, hasta la interconexión a las redes nacionales de energía eléctrica (2).

La energía solar se llama también "ENERGIA VERDE", por no ser contaminante. Se calcula que para el 2,030-2,035, dos terceras partes de las necesidades energéticas de la población mundial, será alimentada por la energía solar, mayormente en los países del primer mundo. Por su ubicación, el Perú es uno de los territorios con mayor promedio de radiación solar anual (8).

Se podría hablar de tipos de energía solar, tales como: La Fotovoltaica para producir electricidad, Termoeléctrica para producir electricidad a través de un fluido, Solar térmica para producir agua caliente de baja Temperatura, etc. (15).

El objetivo general es proponer el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para producir electricidad, mediante un sistema fotovoltaico específico, que nos evitará usar energía eléctrica convencional, la cual aparte de ser más cara, contamina nuestro medio ambiente.

Llegar a instalar bombas de agua para bombear agua del rio Marañón, que permitiría incorporar por lo menos unas cinco mil hectáreas a la actividad agrícola y pecuaria.

Mejorar la calidad de vida de 400 a más familias e incrementar el potencial agropecuario de las provincias de Utcubamba y Bagua en la Región Amazonas.

a. Formulación del problema

¿Cómo influye el proyecto "Implementación de planta de bombeo usando energía solar" para la irrigación de 5,000 hectáreas en Bagua Grande-Amazonas 2015?, considerando el aumento de los costos de la energía eléctrica convencional; y, más aún cuando no se tiene la presencia de esta en el lugar donde se la necesita.

b. Objetivos

Objetivo general

Usar la Energía Solar Fotovoltaica para producir electricidad, mediante un sistema fotovoltaico específico, que nos evitará usar energía eléctrica convencional, la cual aparte de ser más cara en el tiempo, contamina nuestro medio ambiente.

Objetivos específicos

- Llegar a instalar bombas de agua para captar agua del rio Marañón, que permitiría incorporar por lo menos unas cinco mil hectáreas a la actividad agrícola y pecuaria en esta zona del Nor Oriente Peruano.

- Mejorar la calidad de vida de más de 400 familias, e incrementar el potencial agropecuario de las provincias de Utcubamba y Bagua en la Región Amazonas.

II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

2.1. Breve historia de los primeros experimentos

Arquímedes (año 212 A.C.), quemó algunas naves de la flota Romana, mediante un rayo de luz, usando espejos ustorios (cóncavos).

Edmun Becquerel (1839), físico Francés quién fue el descubridor del llamado efecto Fotovoltaico.

Heinrich Hertz (1870), fabricó celdas fotovoltaicas que transformaban la luz en electricidad, con una eficiencia del 1 – 2%.

En Chile (1,872), en el soleado desierto de Atacama, se construyó una planta de destilación solar de 5,000 m2 de área, para transformar agua salada en dulce, que se emplearía en una mina de nitrato; láminas de vidrio inclinado cubrían canales de

agua salada, transmitiendo los rayos del sol, reduciendo la perdida de radiación infrarroja, calentando de esta manera el agua; el vapor se condensaba en la cara interna del vidrio, era enfriado por el aire exterior, y una vez condensado se vertía en unos canalones. Esta planta funcionó eficazmente durante 40 años hasta que la mina se agotó; esta es una notable aplicación en gran escala de energía solar, que produjo hasta 23,000 litros de agua fresca por día.

En París (1,878), en una exposición, la luz era enfocada a una caldera que hacía funcionar un pequeño motor, que a su vez accionaba una impresora.

H.E. Willeio y Jhon Boyle, (De 1,902 a 1,908), construyeron 4 motores solares en San Luis y, en Needles California, uno de 6 HP y otro de 20 HP; utilizaban agua y anhídrido sulfatazo.

, F. Shuman, (1907 y 1911), desarrollo motores de vapor solares de varias capacidades en HP que bombeaban agua.

La Sociedad Anónima de Hamington,(década de los 70) fue la que hizo uno de los primeros intentos de almacenar energía solar, en Nuevo México hace casi medio siglo, concentrando la luz solar de un motor de vapor, que bombeaba agua a un tanque de 19,000 litros, a una altura de 6 metros.

C.G. Abbott, (1936) presentó al congreso internacional de energía celebrado en Washington en 1,936, un motor de vapor solar de ½ HP.

F. Molero (1941 a 1946), desarrollo motores solares de vapor en Tashkent en la U.R.S.S.

China (2004), se instalaron alrededor de 10 millones de metros cuadrados de colectores solares, esto equivale a 76 Gwt/hr en producción anual de energía.

2.2. Reseña histórica

La historia del hombre muestra que en ninguna época una sola fuente de energía ha satisfecho todos los requerimientos energéticos. Desde que el hombre apareció en la tierra hasta el comienzo de la industrialización en Europa, fueron las energías renovables las que en varias de sus formas le dieron calor al hombre, para cocinar y calentarse, la fuerza del viento fue usada para transportarse en ríos y mares, así como proveer potencias para la molienda y el bombeo de agua. La Radiación solar, el

viento, el agua de los ríos y la madera (biomasa usada como combustible), fueron las primeras fuentes de energía en ser utilizadas (4).

A partir de la segunda mitad del siglo XVIII, el carbón se hizo de uso común y sin él no se hubiese podido sostener la industrialización. A partir de la segunda mitad del siglo XIX, el petróleo empezó a ser explotado en forma generalizada, ofreciendo una fuente más transportable y compacta de combustible, haciendo posible el desarrollo de la industria petrolera, siendo ésta una de las industrias más importantes de nuestros tiempos. El petróleo colmo fuente de energía es la que domina la escala mundial, quedando las energías renovables rezagadas en cuanto a tecnología y uso (7).

En 1,955, surgieron los primeros reactores de fusión nuclear, que abastecieron una fracción de la energía mundial; otra fuente de energía primaria muy importante en la actualidad es el gas natural, que surgió en 1,965 y su uso hoy en día como fuente de energía es generalizada(9).

Con la crisis del petróleo de los años setenta, se replanteo el problema de la energía en el ámbito mundial; esto dio origen por un lado al desarrollo de tecnologías y políticas para el ahorro y uso eficiente de la energía, y, por otro lado al renacimiento del interés por las fuentes de energías renovables. Tres razones han mantenido el interés mundial en la búsqueda de energías renovables, la primera es el reconocimiento de que los materiales fósiles y nucleares son finitos y están concentrados en regiones puntuales del planeta; la segunda, corresponde al uso indiscriminado de los recursos fósiles que han causado daño ecológico irreversible en muchas partes del mundo y el confinamiento de los desperdicios nucleares que aún no está resuelto; la tercera, y quizás la más importante es el cambio climático debido al efecto invernadero, siendo el CO2 uno de los más peligrosos gases de este efecto(4).

2.3. Opciones de fuentes de energía en el Perú

Hablar de opciones de fuentes energéticas asociadas al desarrollo del Perú, es necesariamente hablar de los recursos energéticos no renovables con que cuenta nuestro país; las reservas probadas y probables con las que cuenta el Perú, si bien son abundantes, también hay que señalar que son limitadas. Los recursos energéticos renovables en nuestro país, particularmente la energía solar, no han tenido la atención y consecuentemente el desarrollo suficiente como para poder reconocerla como alternativa de uso generalizado en la época actual. A esto ha contribuido que las

diferentes administraciones de Gobierno Nacional, no han establecido claramente una política del uso de las fuentes alternas de energía, con programas de educación, capacitación, promoción y financiamiento apropiados (11,16). Considerando que el Perú es un país con altos niveles de Radiación Solar, con un promedio de 5 Kwh/m2, lo que hace atractivo el uso de Sistemas Fotovoltaicos.

Sin embargo, solo en la medida que la investigación científica coadyuve al desarrollo y mejoramiento de las tecnologías energéticas, sean o no renovables, éstas se convertirán verdaderamente en promotoras de un desarrollo sustentable (9).

2.4. Desarrollo energético sustentable

Desarrollo sustentable, desde el punto de vista ambiental significa, satisfacer las necesidades actuales de la sociedad, sin afectar las posibilidades de las generaciones siguientes; en otras palabras, es preciso que al obtener recursos de la naturaleza para atender las necesidades presentes, no afecte el potencial ambiental del desarrollo futuro. Esto implica forzosamente extraer recursos naturales a tasas que no impidan la regeneración de los ecosistemas; actualmente el combustible fósil como el petróleo, representa el 90% del abastecimiento mundial y da lugar al 50% de las emisiones totales de los gases que producen el efecto invernadero (11,13).

2.5. Tecnologías de energías renovables

2.5.1. **Tecnologías de Energías Renovables de uso local,** quiere decir que cuyo producto en energía, es usado en el mismo lugar donde están instalados los sistemas, tales como:

- ✓ La Energía Solar pasiva en edificaciones.
- ✓ La producción de calor por captadores de radiación solar.
- ✓ El uso de calor ambiental en bombas de calor.
- ✓ Los Arreglos Fotovoltaicos para generación de electricidad.
- ✓ La conversión del Viento en Energía Eléctrica (Eólica).
- ✓ La conversión de Biomasa en Energía Eléctrica, etc.

2.5.2. **Tecnologías de Energías Renovables de uso remoto,** quiere decir que el producto en energía, es usado fuera o alejado del lugar donde se produjo, estas incluyen a:

- Plantas de Potencia Termo solares y Fotovoltaicas.
- Plantas de Potencia Hidroeléctrica.

- Plantas de Potencia de Viento.
- Sistemas de conversión de Energía Térmica Oceánica.
- Plantas de Potencias Geotérmicas.

Todas estas tecnologías tienen en común, que son capaces de producir Energía Secundaria derivada de la Energía Renovable en casi todos los climas de la tierra, sin embargo, el tipo y la cantidad de Energía Renovable depende del lugar (17).

2.6. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Consiste en el uso de celdas fotovoltaicas que permiten convertir la energía lumínica en energía eléctrica (12).

2.6.1. VENTAJAS

1.- No consumen combustible.

2.- No producen polución ni contaminación ambiental.

3.- Son silenciosos.

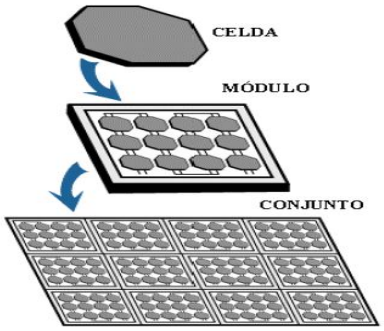
4.- Tienen una vida útil superior a los 20 años.

5.- Son resistentes a condiciones climáticas extremas tales como: Granizos, vientos, temperatura y Humedad.

6.- No poseen partes mecánicas, por lo tanto no requieren mantenimiento constante, excepto limpieza de los paneles.

7.- Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos.

ESQUEMA DE CELDAS



2.6.2. PRINCIPALES APLICACIONES

Generalmente estos sistemas son utilizados en zonas excluidas o alejadas de la red de distribución eléctrica, pudiendo incluso trabajar en forma combinada con sistemas de generación eléctrica convencional. Sus principales aplicaciones son:

1.- Electrificación de inmuebles rurales, para luz, para uso de electrodomésticos, telefonía, bombas de agua para abastecer de este recurso a poblaciones y para regadío, etc.

2.- Electrificación de alambrados.

3.- Alumbrado exterior.

4.- Actualmente se están instalando plantas de grandes dimensiones para generar energía eléctrica que se interconectan a las redes nacionales (18).

2.6.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLATAICO

Un sistema fotovoltaico está compuesto generalmente de Panel Solar o Módulos de celdas Fotovoltaicas, un Acondicionador de Energía y una Batería (10).

Pero al hablar netamente de un sistema en sí, tendríamos los siguientes componentes:

1. Paneles solares y sus soportes respectivos.

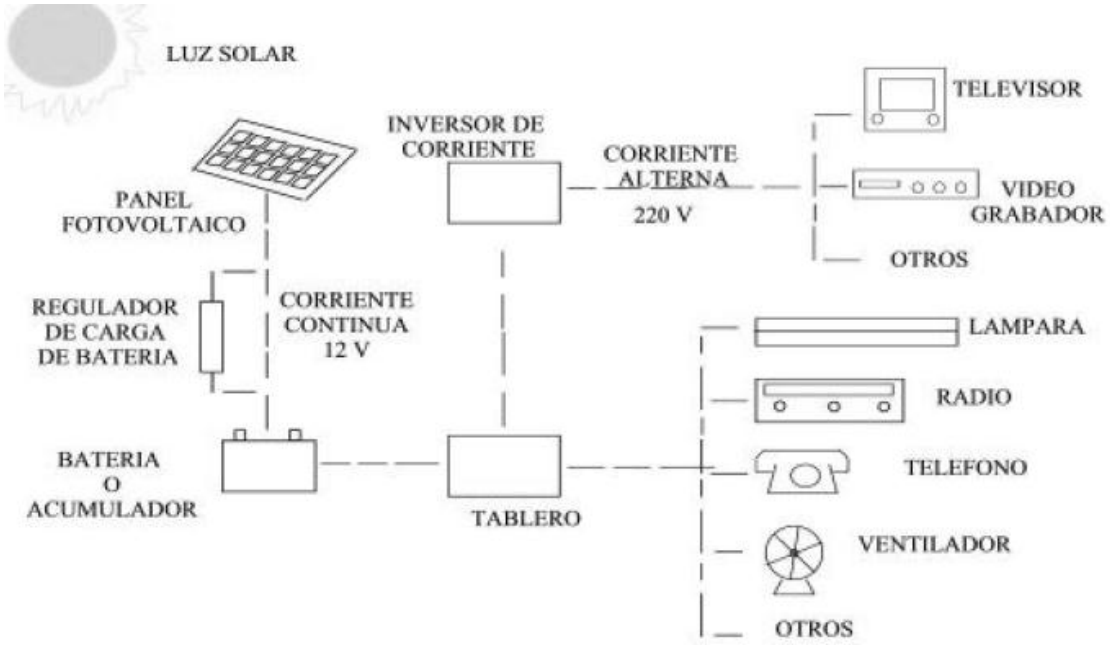
2. Baterías o acumuladores.

3. Tipos de baterías

4. Controladores de carga.

5. Inversores de corriente, de DC (corriente continua) a AC (corriente alterna).

6. Adaptadores.



1. **PANELES SOLARES.-** Se pueden instalar en serie y en paralelo, con esta última conseguimos aumentar la intensidad y mantener el voltaje constante. Existen dos tipos de paneles solares: Los fotovoltaicos tradicionales (son los más conocidos) y los de capa fina, que son más delgados y livianos además de ser más estéticos y aportar más energía eléctrica, por consiguiente un poco más caros. En los paneles tradicionales tenemos dos tipos, los Mono cristalinos y Poli cristalinos, siendo un poco más eficientes los mono cristalinos.

2. **BATERÍAS O ACUMULADORES.-** La función principal de las baterías en un sistema fotovoltaico, es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad, para poder ser utilizada durante la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar energía, pero si la corriente que aportan es menor de lo que exige la carga, las baterías deberán contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos superara la energía promedio demandada; los módulos no solo cubrirán la demanda, sino que además todo exceso se almacenara en las baterías, que empezaran a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente durante la tarde la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la suplirán las baterías.

2.1. Tipos de baterías

a) Baterías de plomo - acido

Con electrolito líquido, se aplican ampliamente en los sistemas fotovoltaicos; y, dentro de esta categoría de baterías tenemos las de plomo-antimonio, plomo-selenio, y plomo-calcio que son las comunes.

Se puede hacer una clasificación de las baterías en base a su capacidad de almacenamiento de energía (medido en Ah a la tensión nominal) y su ciclo de vida (número de veces en que la batería puede ser descargada y cargada a fondo antes de que agote su vida útil). Dentro de las baterías de plomo-acido, tenemos las de antimonio denominadas estacionarias, son una buena opción para los sistemas fotovoltaicos; ellas poseen unos 2500 ciclos de vida cuando la profundidad de descarga es de un 20%(es decir que las baterías tendrán un 80% de su carga) y unos 1200 ciclos cuando la profundidad de descarga es del 50%(baterías con el 50% de su carga).

b) Baterías selladas

Gelificadas: con electrolito tipo gel, no sufren derrames

- ✓ **Electrolito Absorbido:** el electrolito se encuentra absorbido en una fibra de vidrio, igualmente no se derraman.
  Estas baterías no requieren mantenimiento en forma de agregado de agua, no desarrollan gases evitando así el riesgo de explosiones; pero en ambos casos requieren descargas poco profundas durante su vida de servicio.
- ✓ **Níquel – Cadmio:** admiten descargas profundas, de hasta el 90% de la capacidad nominal y alto rendimiento ante variaciones extremas de temperaturas. Se pueden conseguir en las dos versiones estándar y selladas. Son de alto costo respecto a las baterías acidas.
- ✓ **Litio – Ferro fosfato (LiFePO4):** no contienen elementos tóxicos y tienen una eficiencia del 98%, se pueden descargar hasta un 20% de su capacidad y pueden tener una vida útil de hasta más de 10,000 ciclos, son más livianas y tienen menos volumen que las baterías de plomo. La desventaja es que su costo es cuatro veces más aproximadamente que una batería de plomo, sin embargo esto es relativo, considerando su gran cantidad de ciclos y consecuente larga vida, es cuestión de hacer cálculos para ver la rentabilidad.

3. **CONTROLADORES DE CARGA.-** Llamados también reguladores de carga, son dispositivos electrónicos cuya misión principal es la de proteger a las baterías de sobrecargas y descargas profundas, permitiendo de este modo alargar la vida útil de las mismas.

   En un sistema fotovoltaico autónomo, durante el día, la energía eléctrica que proviene de los paneles alimenta el consumo necesario y el exceso de energía carga las baterías; durante la noche o días nublados en los que los paneles no generan energía o la energía generada no es suficiente para alimentar el consumo, entonces la batería se descarga.

   Además de controlar y vigilar el estado de carga de las baterías para maximizar su vida útil, actualmente la mayoría de los reguladores de carga disponen de funciones adicionales, como alarmas, compensación por temperatura de las baterías, monitorización y visualizadores.

   Los reguladores funcionan habitualmente por control de la tensión, tomada en los terminales de las baterías, directamente relacionada con el estado de carga de las mismas, y han de ser configurados específicamente en función del tipo de baterías, aplicación y condiciones climáticas.

   a) **Reguladores en serie:** el principio de funcionamiento de este tipo de reguladores, es un semiconductor de potencia (interruptor) que se coloca en serie entre el generador fotovoltaico y las baterías. Este interruptor desconecta el generador de las baterías, no permitiendo el paso de corriente, cuando se alcanza la tensión límite de carga, evitando de esta manera la sobrecarga, volviéndose a conectar cuando disminuye la tensión en las baterías.

      Este tipo de reguladores también cuentan con otro interruptor entre las baterías y el consumo, que evita la descarga de las mismas, cortando el suministro de energía cuando se alcanza la tensión de corte por sobrecarga.

   b) **Reguladores en paralelo:** funciona por disipación de exceso de energía a través de un transistor o mosfet colocado en paralelo con el generador y el sistema de baterías. Cuando la tensión en los bornes de las baterías llega al valor de la tensión de sobrecarga, el regulador en lugar de interrumpir la corriente que llega a las baterías, deriva parte de la misma, dejando pasar

solo una parte de corriente que evita la auto descarga. La tensión de las baterías se mantiene en un valor equivalente a la carga de flotación, permitiendo una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía que produce el campo fotovoltaico.

4. **INVERSORES DE CORRIENTE.-** Llamados también Convertidores, son unos dispositivos electrónicos usados en sistemas fotovoltaicos autónomos, donde tenemos consumo en corriente alterna, estos dispositivos llamados inversores, son los que se encargan de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna, además de ajustar esta corriente en frecuencia y en tensión eficaz para los consumos que queremos satisfacer.

   En instalaciones fotovoltaicas autónomas el inversor se conecta directamente a los bornes de las baterías, son generalmente monofásicos a 50 Hz, con voltajes nominales de 12 a 24 V y con un amplio rango de potencias, que van desde unos pocos vatios hasta varios Kilovatios.

   Para instalaciones fotovoltaicas autónomas la selección de los inversores a utilizar, deberán permitir arrancar y operar con todas las cargas de corriente alterna de la instalación. Se tendrá especial cuidado con las cargas con altas corrientes de arranque, para que no influyan en el correcto funcionamiento de la instalación ni en el resto de las cargas con menores necesidades de corriente.

   El rendimiento de un inversor no es constante en todo el rango de su potencia de operación, sino que varía en función de la potencia generada, siendo muy bajo a potencias muy bajas y aumentando de forma progresiva a medida que aumenta la potencia.

A la hora de dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC en un instante, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea un 20% superior a la demanda por las cargas, suponiendo su funcionamiento al mismo tiempo.

5. **ADAPTADORES.-** Sirven para conectar equipos electrodomésticos, equipos de comunicaciones, etc.

2.7. BOMBEO DE AGUA MEDIANTE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Tiene su aplicación principalmente para:

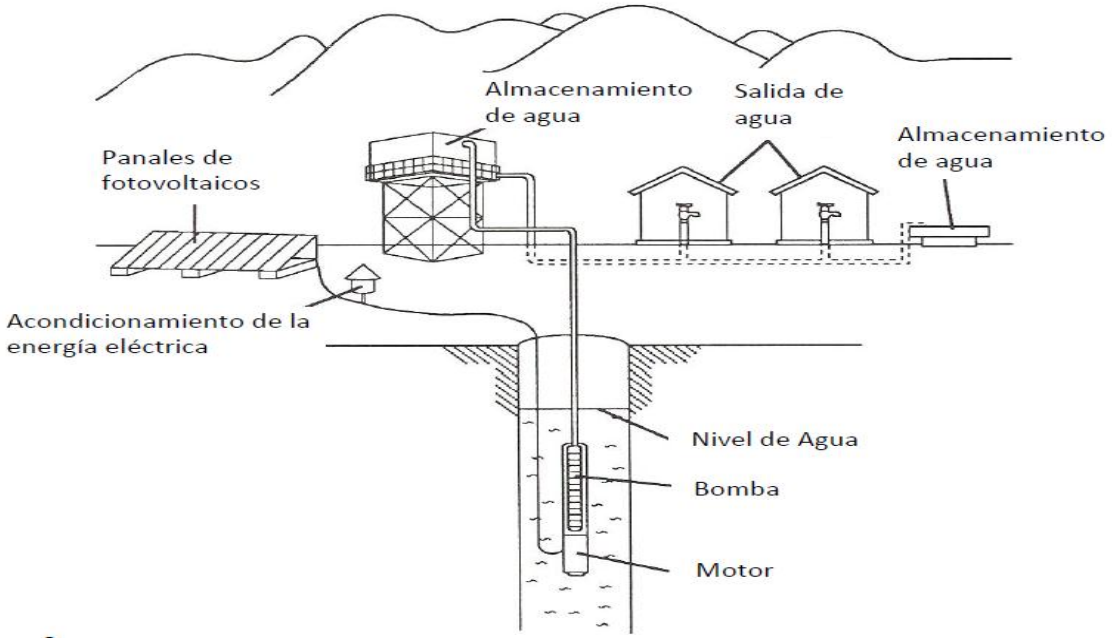
-Suministro de agua a poblaciones.

-Suministrar agua para uso pecuario.

-Uso Agrícola o Regadío.

La Figura se muestra el esquema de una bomba solar usada para el suministro de agua a una población. La población tendrá una demanda constante de agua aunque es necesario almacenar agua para períodos de baja insolación (baja radiación solar). En ambientes dónde existe estación de lluvias esta demanda se puede cubrir mediante la recolección del agua de lluvia durante dicha estación.

Las principales aplicaciones del bombeo de agua mediante energía solar son para el suministro de agua para ganado en EEUU y Australia. En África estos sistemas son usados para el suministro de agua a las poblaciones y también para dar de beber al ganado. Mientras que la aplicación del bombeo de agua mediante energía solar para regadío están incrementando especialmente en India y China (1,5).

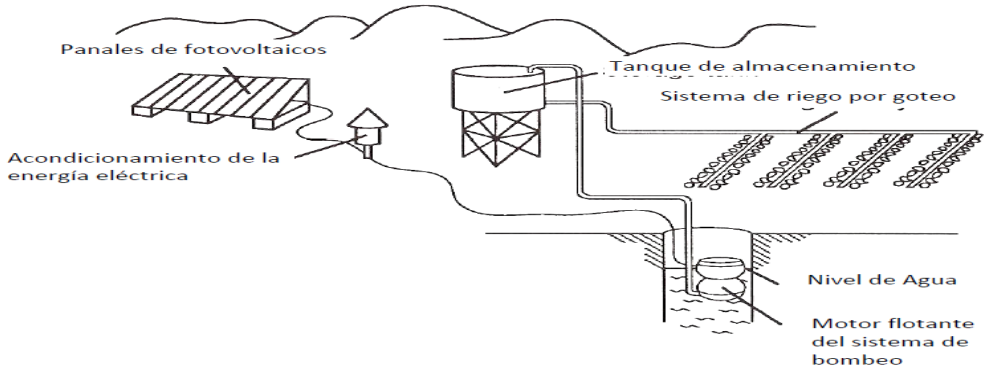


Un sistema solar de regadío (Figura) tiene que tener en cuenta que la demanda de agua para uso agrícola variará a lo largo del año. La demanda punta durante la época de regadío es con frecuencia más del doble de la demanda media.

Se debe prestar atención al sistema de distribución y aplicación del agua a los cultivos. El sistema debe minimizar las pérdidas de agua, sin imponer resistencias adicionales significativas al sistema de bombeo.

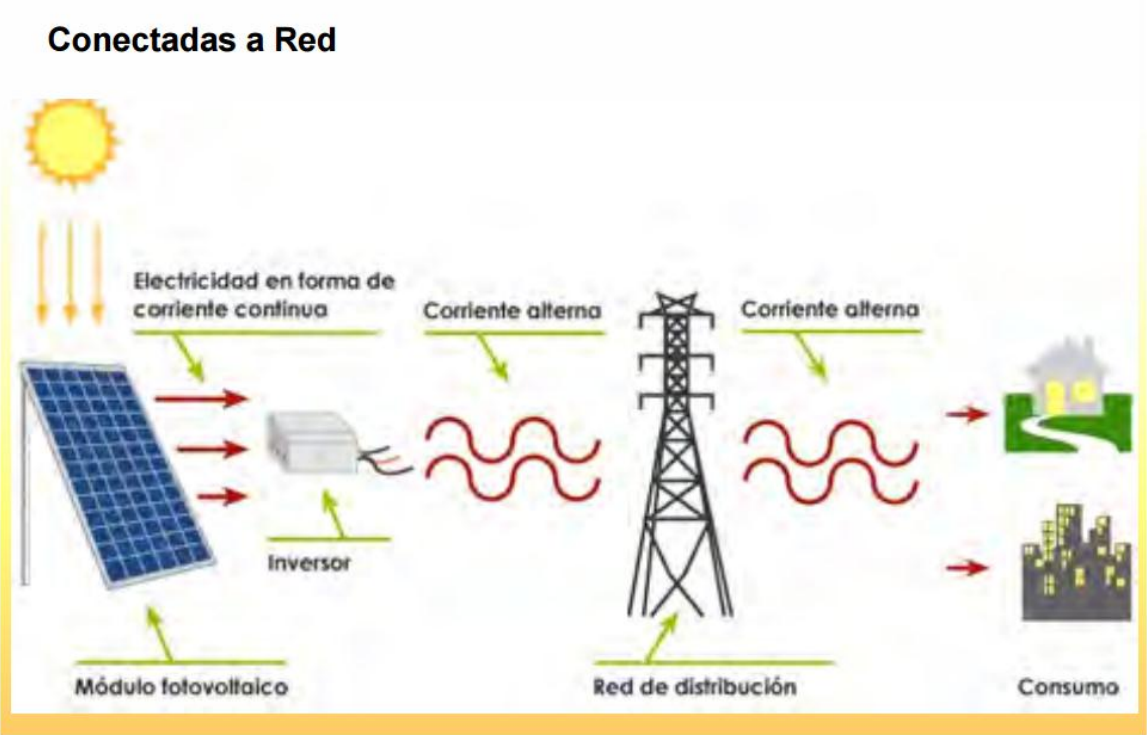
2.8. SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED

En este tipo de sistemas no se usan controladores de corriente, ni acumuladores o baterías, sólo se requiere el uso de inversores de corriente de Dc a Ac.



Método de distribución	Rendimiento de la aplicación típica	Altura típica	Idoneidad para su uso con bombas solares
Canales abiertos	50-60%	0.5-1m	Sí
Aspersor	70%	10-20m	No
Goteo	85%	1-2m	Sí
Inundación	40-50%	0.5m	No

Idoneidad de los principales métodos de regadío para su uso con bombeo solar



2.9. BOMBA

Las bombas fotovoltaicas están compuestas por una serie de componentes. La bomba tendrá un motor eléctrico para su accionamiento. Las características de estos componentes tienen que coincidir para conseguir el mejor rendimiento. El motor de la bomba tiene su propia velocidad óptima de funcionamiento y carga según el tipo y el tamaño de la bomba (12).

2.9.1. TIPOS DE BOMBAS

Bombas sumergibles

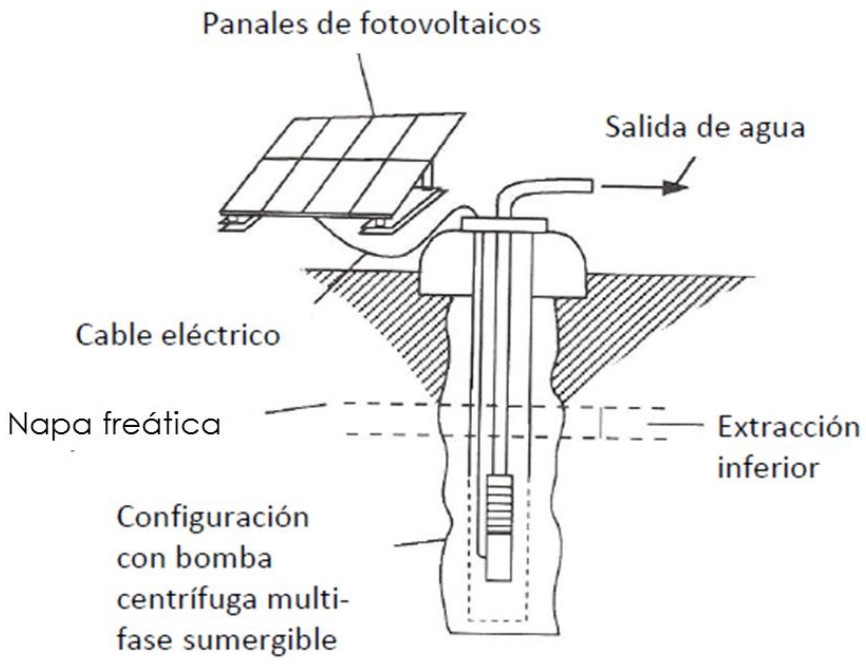
Con frecuencia con controladores de carga electrónicos. La bomba estará sumergida mientras que el controlador de carga está en la superficie.

Las ventajas de esta configuración son su fácil instalación, con frecuencia con tuberías flexibles y el impulsor sumergido lejos de daños potenciales.

Bombas centrífugas multi-fase

La bomba centrífuga puede accionarse a torques bajos y se puede emparejar con el bloque de paneles solares sin usar controladores electrónicos. Estas bombas no son tan eficientes como las de desplazamiento positivo las cuales usan controladores electrónicos de carga baratos.

Útiles para pequeñas cargas. Las más antiguas, accionadas con motores de corriente alterna operan a cargas de 10-25 m.



Configuración con bomba centrífuga multi-fase sumergible

Bombas helicoidales de desplazamiento positivo.

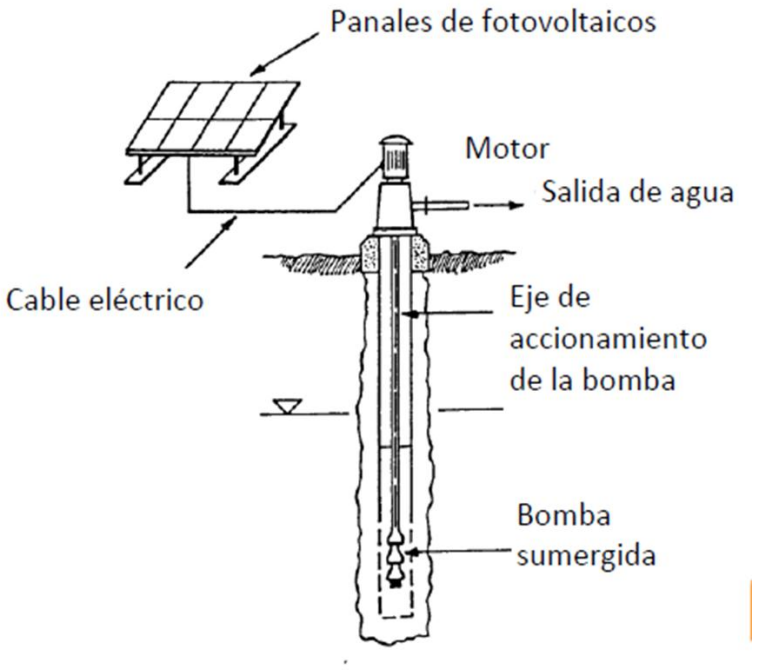
Las bombas helicoidales tienen las mejores eficiencias y requieren los menores paneles fotovoltaicos para suministrar el mismo volumen y presión del agua. Tienen una baja velocidad rotacional. La bomba está compuesta por un rotor metálico helicoidal el cual rota en el interior de una carcasa de goma. Son aptas para cargas mayores.

Una bomba mono-solar se ralentizará cuando esté nublado, pero debido a que no tiene una velocidad mínima (al contrario que las bombas centrífugas) seguirá suministrando agua.

Bombas sumergibles con motor montado en la superficie

La principal ventaja es el fácil acceso al motor para su mantenimiento.

Sus desventajas son la baja eficiencia debido a la pérdida de potencia en el eje de rodamiento y el alto costo de instalación. En general esta configuración está siendo ampliamente sustituida por los de motor e impulsor sumergibles.

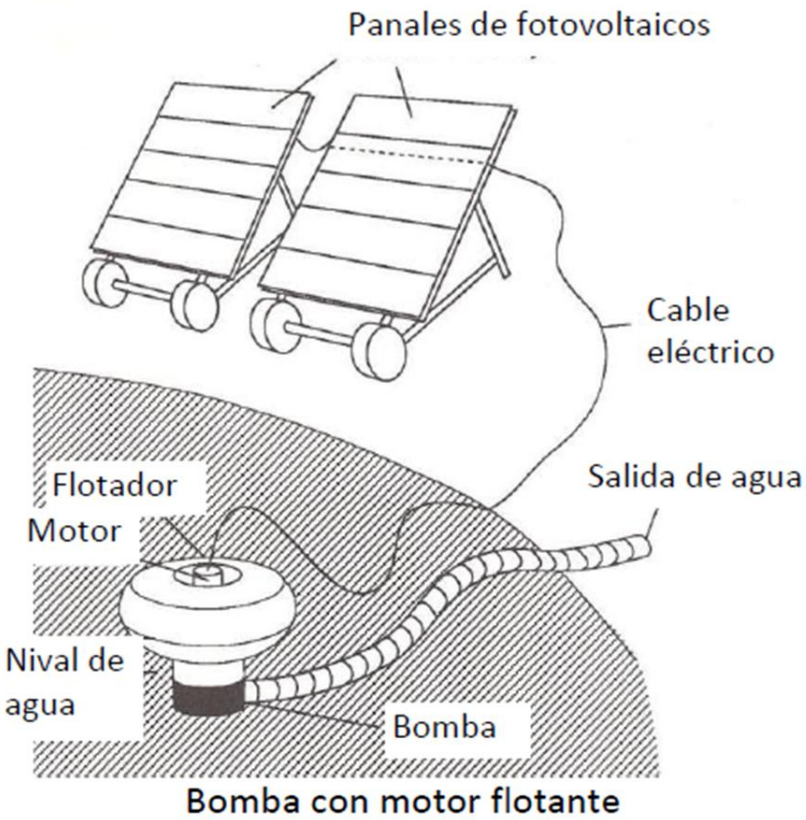


Bomba sumergible con motor montado en la superficie.

Bombas con motores flotantes

La versatilidad de las unidades flotantes hace a estas bombas ideales para riego para canales y pozos abiertos. El impulsor es fácil de transportar y la probabilidad de que entre aire a la bomba es despreciable.

La mayoría de estos tipos de bombas usan una bomba centrífuga sumergida de una sola fase. El tipo más común tiene un motor de corriente continua sin escobillas. Con frecuencia el soporte del bloque de paneles solares incorpora una agarradera o un carro tipo carretilla para permitir su transporte.



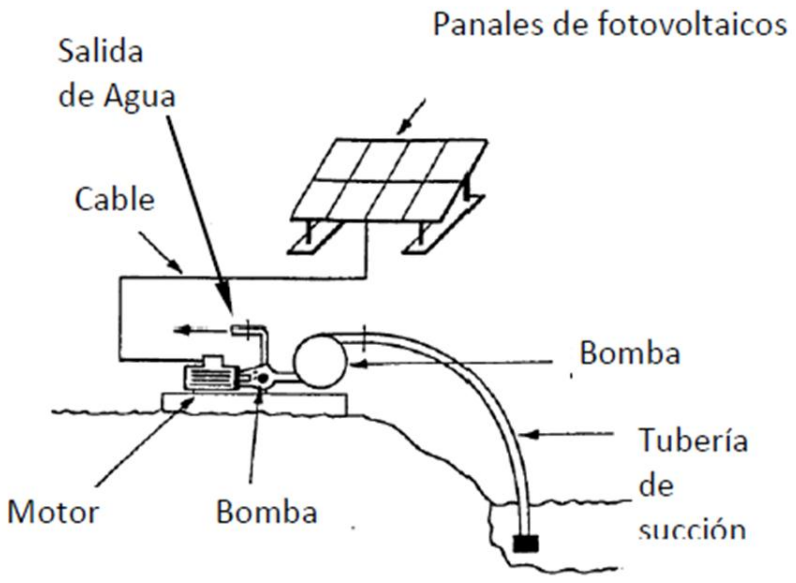
Bomba con motor flotante

Bombas superficiales de succión

Este tipo de configuración es también apropiado para aplicaciones de baja carga. No se recomienda excepto en lugares donde habrá siempre un operador vigilando su mantenimiento y seguridad de los sistemas expuestos.

Aunque el uso de cámaras primarias y válvulas anti-retorno pueden prevenir la pérdida de cebo, en la práctica, se experimentan problemas de cebado y de arranque. Es imposible tener capacidades de aspiración superiores a 8 m.

Tipos menos comunes de bombas accionadas mediante energía solar incluyen las bombas de tipo caballo mecánico ("nodding donkey") accionadas mediante energía solar fotovoltaica y también existen las bombas solares térmicas o bombas termosifones pero no están disponibles comercialmente.



Bomba de succión

Rendimiento de Bomba

Puesto que la diferencia en costo entre una bomba más eficiente y otra menos eficiente, es mucho menor que el costo adicional requerido por un mayor panel fotovoltaico, es importante tener la bomba más eficaz posible. El dimensionamiento correcto del bloque de paneles es importante para mantener el bajo coste de capital.

Un buen subsistema (motor, bomba y acondicionador de potencia) debe tener una eficacia de energía eléctrica a hidráulica de alrededor del 70% usando bombas de accionamiento positivo. Con bombas de diafragma la eficacia estará alrededor del 45% y con bombas centrífugas alrededor del 20%.

2.10. Motor

Puede ser de corriente continua o alterna. Si es de corriente alterna entonces se necesitará un convertidor. Los motores de corriente alterna están más ampliamente disponibles.

Los convertidores se han hecho baratos y eficientes los sistemas de bombeo solar usan convertidores especiales con una frecuencia variable controlada electrónicamente, lo cual optimiza su emparejamiento con el panel y la bomba.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. La Energía Solar en el Perú

En el Perú, desde 1986 con la cooperación técnica Peruana – Alemana, se inició un proyecto con sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD) en el departamento de Puno, con precios subsidiados.

Posteriormente (1991-1996), en un segundo convenio Peruana – Alemana se siguió promoviendo los FSD en la misma región. Los SFD están compuestos por un panel fotovoltaico de 45-50 Wp, un regulador de carga importado, una batería de 130-150 Ah tipo automotriz nacional y fluorescentes de 9-18 W parcialmente importados y fabricación nacional.

Durante la evaluación del proyecto que Cer-Uni realizó en 1996 por encargo del Ministerio de Energía y Minas, se visitó 32 de los SFD instalados en 1986-87, se comprobó que todos han seguido en operación con cambios de las baterías después de 7-8 años y cambios de algunas lámparas. Se puede decir que, en general los usuarios de los SFD instalados se han expresado muy favorablemente sobre la utilidad de esta tecnología, así como con el mecanismo de financiamiento que se estableció, es decir una cuota al momento de la instalación y cuatro cuotas anuales.

Para el año 2016 en Perú, la empresa Engie se adjudica 40 Mw Fotovoltaicos en licitación.

Perú adjudica 185 Mw Fotovoltaicos a $4.8 el Mwh. Acciona Micro energía, lleva el programa Luz en Casa, a la amazonia, que cubrirá con el proyecto Fotovoltaico Central Solar Rubí de 144.48 Mw de potencia.

Enersur, se adjudicó el suministro de 108 Gigavatios hora anuales, suministro que realizará con la central Fotovoltaica Intipampa de 40 Mw. (19).

3.2. Instrumentos para medir la Radiación Solar

3.2.1. Pirheliómetro

Es un instrumento que mide la irradiación directa del sol en una superficie perpendicular al rayo solar. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), estos se pueden clasificar en: Patrones Primarios, Patrones Secundarios y Pirheliómetros de campo.

Un Pirheliómetro Patrón Primario o también llamado Absoluto, es de gran precisión y suele ser bastante complicado y costoso para su uso frecuente.

El Pirheliómetro Patrón Secundario, no cumple con todas las especificaciones y no está plenamente caracterizado.

El Pirheliómetro de Campo, usados para registros continuos de la irradiación solar, y; con frecuencia se montan sobre un sistema de seguimiento automático. Uno de los más conocidos es el Pirheliómetro de Compensación Angstrom, usado para calibrar tanto Pirheliómetros como Piranómetros (12).

Pirheliómetro Ángstrom

3.2.2. Piranómetro

Mide la Irradiación Solar Global (Directa y Difusa) en un plano horizontal, el elemento receptor debe estar horizontal y libremente expuesto al hemisferio celeste, pero debe estar protegido de la irradiación que regresa del suelo y los alrededores.

Los Piranómetros usan normalmente sensores termoeléctricos, fotoeléctricos, piroeléctricos o elementos bimetálicos. Estos instrumentos pueden ser usados para medir a escala diaria, horaria o menor, lo que va a depender más, es de la programación del instrumento de adquisición de datos asociados.

Las propiedades de los Piranómetros en relación a su grado de precisión y confiabilidad son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, linealidad, respuesta de temperatura y respuesta espectral (12).

3.2.3. Actinógrafo

Conocido también como Piranógrafo Bimetálico de Robitzch, es similar a un termógrafo; no es recomendado en lecturas instantáneas, ya que tiene un coeficiente de retardo de 10 a 15 minutos para alcanzar una respuesta del orden del 98%, siendo considerado un instrumento de tercera clase (12).

3.2.4. Heliógrafo

Es un instrumento que mide la cantidad de horas de sol (total en horas y décimas) durante el día en lugar determinado. E s una esfera de vidrio sólido pulido con un eje montado paralelo al de la tierra, es necesario orientar el plano vertical que pasa por el eje e inclinar un ángulo igual a la latitud del lugar. La esfera actúa como un lente y la imagen focalizada se mueve a lo largo de una banda de papel especialmente preparada, que tiene una escala de tiempo.

La quemadura de la banda ocurre cuando la irradiación solar supera un límite variable de 120 – 210 W/m2. Mediante el uso de correlaciones simples, con coeficientes apropiados, las series históricas de insolación pueden ser utilizadas para estimar Irradiación Solar Diaria, Media Mensual o Anual, con errores mínimos del orden del 10%.

3.2.5. Instrumentos para medir temperatura

Como complemento y apoyo a los instrumentos para medir la radiación solar tenemos los que miden la temperatura y la humedad relativa como: TERMOHIGROGRAFOS, HIGROTERMOGRAFOS, estos instrumentos nos van alertar a tener precauciones especiales en condiciones de temperaturas anormales duras, que puedan causar cualquier daño físico y por consiguiente una pérdida del rendimiento de los instrumentos que sirven para medir la Radiación Solar. Sin embargo pudiendo contar con una estación meteorológica en la zona, sería de gran importancia, ya que permitiría predecir con mayor exactitud si se va a desarrollar algún fenómeno climático de importancia en este lugar ((14).

IV. RESULTADOS

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO.- Los datos aportados deben ser lo más realistas posibles para evitar desviaciones en el dimensionamiento; generalmente se escogerá el valor medio de todo el año.

DATOS DEL LUGAR DONDE SE REALIZARA LA INSTALACIÓN.- Para saber la irradiación o irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie, se mide en Wh/m2, o en caso de un día, en Wh/m2/día.

DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.- Se determinara el número de paneles necesarios.

DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN.- Se calculara el número de baterías a usar, según el tipo de las mismas.

DIMENSIONADO DEL REGULADOR.- Según el que se desee usar, ya sea en línea o en paralelo.

DIMENSIONADO DEL INVERSOR.- Su potencia debería ser un 20% superior a la demanda requerida.

EVALUANDO LA NECESIDAD DE AGUA

Las necesidades de agua, para consumo humano, para ganadería y para regadío, dependerán: de las necesidades per cápita y de las necesidades del cultivo o cultivos a instalar, contribución efectiva del agua superficial y eficiencia del sistema de distribución al campo (3,6)

El patrón de uso del agua también tiene que considerarse en relación al diseño del sistema y las necesidades de almacenamiento. Los sistemas de suministro de agua deben disponer de suficiente agua almacenada cubierta para garantizar el suministro de agua diaria y cortos periodos de tiempo nublado. Generalmente se almacena el equivalente a 2 a 5 días de demanda (3,6).

DIMENSIONAMIENTOS DE LAS BOMBAS SOLARES

Energía eléctrica requerida en Kwh/Día

= Volumen requerido (m3/día) x carga (m) x densidad del agua x gravedad / (3.6 x 106)

= 0.002725 x volumen (m3/día) x carga (m)

LA POTENCIA REQUERIDA DEL SISTEMA DE PANELES (KWp)

Energía requerida (Kwh/día)

Radiación (Kwh/m2/día)

ENERGIA REQUERIDA: Es la demanda diaria de energía (E).

Ejemplo:

Una lámpara consume 60 W/ Hora, si se enciende por 2 horas, entonces E1= 60W x 2 hs = 120W/h/día.

Un televisor que consume 50W/h, si se enciende por 3 horas, entonces E2 = 50W x 3 hs = 150W/h/día.

La energía total requerida será: Et = E1 + E2 = 120 + 150 = 270 W/h/día + 15 % de compensación, entonces Et = 310 W/h/día

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA DEL PANEL O PANELES:

Energía total Requerida = 310 W/h/día.

Radiación Solar = 3.8 Kw/m2

Potencia Requerida = 0.310 Kwhdia / 3.8 = 0.82 Kw = 82 W.

Entonces para cubrir la Energía Total Requerida (310 W/h/día), es necesario el uso de 4 paneles de 82 W cada uno.

Aplicando Factor para compensar Pérdidas (FP) = 1.2, se tendría:

Potencia Requerida = 0.310 Kwhdía /3.8 x 1.2 = 0.098 Kw = 98 W, es necesario el uso de 4 paneles de 98 W cada uno.

¿CÓMO CALCULAR PRODUCCION MENSUAL DE UN PANEL?

Potencia Panel Solar x Radiación Promedio/1000 x 30.4 (promedio días mes) = Producción mensual del Panel.

Ejemplo: 250 W x 6/1000 x 30.4 = 45.6 Kw/mes

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ACUMULADORES

-Autonomía (AUT, tiempo sin brillo solar): 2 días <- sugerido

-Demanda energética (DE): 1000 Wh/día <- ejemplo

-Eficiencia de las baterías (Rend): 80% <- asumiendo que son baterías de ciclo profundo

-Descarga máxima (Desc): 50% <- sugerido para no afectar la vida útil de las baterías

-Voltaje del sistema (V): 12 v <- se sugiere 12 v para sistemas no mayores de 1500 Wh/día

-Potencia total del banco de baterías (PB) = (AUT x DE)/ (Rend x Descarga x V) = (2 x 1000)/ (0.8 x 0.5) = 5000 Wh

-Capacidad total del banco de baterías = PB/V = 5000 Wh / 12 v = **417 Ah**

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR O REGULADOR

-Potencia máxima de los paneles (Wp): 400 W <- obtenido al calcular la potencia de paneles

-Voltaje del sistema (V): 12 v <- valor usado en el cálculo anterior

-Corriente en el controlador = Wp / V = 400 W / 12 V = **33 A** <- si no hay en el mercado, usar el valor comercial superior más cercano

-*Si se usa un controlador con funciones de carga y descarga, considerar también la corriente máxima que circulará en la descarga, por ejemplo, si se conecta a través del controlador un equipo de 600 watts, la corriente será de 600 W / 12 V = 50 A, el controlador debe poder soportar como mínimo esa corriente en su circuito de control de descarga.

POTENCIA DEL INVERSOR QUE SE REQUIERE

250 W x N° de Paneles = x Watts = x Kw

Ejemplo: 250 x 10 = 2,500 Watts = 2.5 Kw + 20% adicional sobre la demanda total de potencia requerida.

Entonces la Potencia del inversor debe ser de 3 Kw como mínimo.

Evaluación de necesidades

El rendimiento de un sistema de bombeo solar depende en gran medida de un buen diseño basado en un conjunto de datos exactos sobre la ubicación y la demanda. Es por lo tanto esencial que se hagan suposiciones acertadas en lo relativo al patrón de demanda de agua y la disponibilidad del agua incluyendo rendimiento de pozos y sequías esperadas.

Las necesidades para regadío dependerán de las necesidades del cultivo, contribución efectiva del agua superficial y eficiencia del sistema de distribución al campo.

El patrón de uso del agua también tiene que considerarse en relación al diseño del sistema y las necesidades de almacenamiento. Los sistemas de suministro de agua deben disponer de suficiente agua almacenada cubierta para garantizar el suministro de agua diaria y cortos periodos de tiempo nublado. Generalmente se almacena el equivalente a 2 a 5 días de demanda.

Dimensionamiento de bombas solares

- Energía hidráulica requerida (kwh/día) = Volumen requerido (m^3/día) x carga (m) x densidad del agua x gravedad / (3.6×10^6)

= 0.002725 x volumen (m^3/día) x carga (m)

- La potencia requerida del Sistema de paneles (kWh/día) = $\frac{\text{Energía hidráulica requerida}}{\text{Radiación solar diaria media (kWh/m}^2\text{/día x F x E)}}$

Donde F = factor de emparejamiento de los paneles = 0.8 de media (un factor de seguridad para el rendimiento real de los paneles expuestos al calor y después De 10-20 años) y E = eficiencia diaria del subsistema = 0.25 – 0.40 normalmente

- **Ejemplo:**

Volumen requerido (m^3/día)= 100

Carga (m)= 30

Densidad del agua =1 gr/cm^3 = 1000 kg/m^3

Gravedad = 9.81 m/s^2

Radiación solar diaria media = 5

F = 0.8

E = 0.40

- Hallando la energía hidráulica requerida:

Energía hidráulica requerida (kwh/día) = Volumen requerido (m^3/día) x carga (m) x densidad del agua x gravedad / (3.6 x 10^6)

Energía hidráulica requerida (kwh/día)= 100 x 30 x 1000 x 9.81 / 3.6 x 10^6

= 8.175 kwh/día.

- Hallando la potencia requerida del sistema de paneles:

La potencia requerida del Sistema de paneles	=	Energía hidráulica requerida (kWh/día) / Radiación solar diaria media (kWh/m^2/día x F x E)

$$= \frac{8.175\ (kwh/día)}{5 \times 0.8 \times 0.40} = \frac{8.175\ (kwh/día)}{1.6} = 5.11\ kwp/\ día$$

IMPLEMENTACION DE PLANTA DE BOMBEO USANDO LA ENERGÍA SOLAR A TRAVES DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Teniendo:

*Volumen requerido (m^3/día) = 25000 * Gravedad = 9,81 m/s^2

*Carga (m) = 80 * Radiación solar diaria media = 5.5

*Densidad del agua = 1000kg/m^3 * F = 0.8 * E = 0.40

- Energía hidráulica requerida = $\frac{25000 \times 80 \times 1000 \times 9.81}{3.6 \times 10^6}$ = 5450 kwh/día

- Potencia requerida del sistema de paneles = $\frac{5450}{5.5 \times 0.8 \times 0.4} = \frac{5450}{1.76}$ = 3096 Kwp/día

- Encontrando el número de paneles:

Número de paneles = Potencia requerida / potencia del panel a usar

Panel a usar es de: 260w

Por lo tanto: Número de paneles = 3096 x 1000 w /260 w = 11908 paneles.

Número de bombas a usar: Dependerá de la capacidad del caudal de cada bomba. Por ejemplo tenemos bombas cuyo caudal van desde 250m^3/día con un consumo de 54kw/día y hasta las de mayor caudal que son de 12000m^3/día con un consumo de 2613kw/día. Son opciones que tenemos a escoger dependiendo de las características del proyecto que se desea ejecutar.

CALCULO DEL BANCO DE BATERIAS

Capacidad de batería = 1.66 x Demanda total (Dt) x AUT

1.66 = factor de corrección

AUT = Días de autonomía

$$\text{Demanda total} = \frac{\text{Wh/día}}{\text{Tensión (12V ó 24V}}$$

$$1 = \frac{.66 \times 5450 \times 5}{12} = 3769 \text{ Bat.}$$

El uso de un banco de baterías, para plantas de bombeo usando los sistemas solares fotovoltaicos, resulta sobredimensionado cuando se trata de sistemas de riego de grades áreas agrícolas. Asimismo, los reguladores de carga.

La experiencia en otros países, como Chile, demuestra que es mejor que la corriente eléctrica producida por los sistemas fotovoltaicos se conecte a la red pública, para lo cual solamente se instalarían los inversores de corriente, para convertir la corriente continua (cc) producida por los paneles fotovoltaicos a corriente alterna (Ca).

DIMENSIONAMIENTO DE INVERSOR

Para dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas (ca) en un instante, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea un 20% superior a la demanda por las cargas, suponiendo su funcionamiento al mismo tiempo.

El requerimiento total de energía hidráulica es de 5450kw/día, la potencia del inversor debe ser un 20% más sobre el requerimiento total. Entonces, considerando diez horas de trabajo, el requerimiento por hora es 545kw/h, por consiguiente el inversor a usar tendría una potencia de 654kw/h.

V. DISCUSION

Proponer el uso de recursos renovables como la energía solar, es darle la debida importancia por razones ecológicas y económicas, ya que es inofensiva para el medio ambiente.

Una gran ventaja en el uso de la energía solar radica, en que es gratuita e inagotable y nos proporciona el mismo resultado que nos daría el uso de la energía eléctrica convencional; existiendo como referencia miles de bombas de agua en el mundo accionadas por energía solar.

El costo de inversión inicial, resulta ser bastante económico en el tiempo, debido a la duración de los sistemas fotovoltaicos y a su bajo costo de mantenimiento que se realiza anualmente, además de ser estos sistemas muy sencillos de operar e instalar.

La ejecución de este tipo de proyecto en esta parte del Perú, es tan importante porque estaríamos incorporando tierras eriazas a la actividad Agrícola y Pecuaria, además de fortalecer la actividad Agro Industrial.

El intercambio comercial y de otras actividades de esta Región, se verían incrementadas con el resto del País, así como con los países vecinos de Brasil y Ecuador, por cuanto las dos carreteras interoceánicas pasan por esta zona.

VI. CONCLUSIONES

- El presente trabajo refuerza las razones del uso de la energía solar fotovoltaica y otras energías renovables en las actividades más elementales de la subsistencia del hombre, y conservar las fuentes naturales irremplazables como el petróleo.

- Reducir la contaminación de la atmósfera que serios problemas nos está ocasionando, ya que nuestro planeta está sufriendo cambios climáticos por el calentamiento global. La energía solar no produce residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación.

- Aprender a utilizar las energías más abundantes e inextinguibles, y así a comenzar a crear ya, una educación en el uso de las energías renovables. Las desventajas del uso de esta energía son despreciables frente al inmenso beneficio de la explotación de esta misma.

- El problema más importante para el uso de estos sistemas es su costo, pero también cuenta la cultura del hombre a enfrentarse a una época de generación de energías aparentemente nuevas, esto es uno de los principales puntos a tratar con las nuevas generaciones, para que ellas puedan tener este tipo de sistemas y por lo tanto gozar de una vida más confortable.

- El cálculo de todos los elementos necesarios para la instalación de estos tipos de sistemas es muy sencillo para cualquier zona del país. La literatura sobre el tema se va ampliando cada vez más.

- El uso de reguladores de carga y banco de baterías estaría más indicado para sistemas solares fotovoltaicos de pequeña escala. Y para los sistemas fotovoltaicos de gran escala, como es el caso del presente trabajo, tendríamos dos opciones: Primero, bombear el agua durante el día tanto para regar y/o almacenar en reservorios para ser usada según la necesidad; Segundo, conectar la energía producida por el sistema fotovoltaico, a la red pública ya que en la zona se encuentra una mediana hidroeléctrica que permitiría hacer factible esta alternativa.

VII. RECOMENDACIÓNES

Considerando que el uso de energías renovables se va haciendo cada vez más indispensable, sobre todo para evitar que nuestro planeta siga contaminándose y ojala la existente pueda reducirse en un futuro no muy lejano; los expertos en el tema deducen que por cada Mw/día de energía que se produzca bajo la modalidad de plantas fotovoltaicas, se deja de contaminar la atmósfera con 8.9 toneladas de CO_2 por día. En consecuencia, es de vital importancia que el gobierno, a través de sus diferentes instituciones públicas, promueva a mayor escala el uso de las energías renovables, no sólo para uso agrícola, sino para diferentes actividades en las que puedan ser aplicadas estas tecnologías; Un ejemplo de esto lo tenemos en nuestro país vecino como Chile, que el gobierno en este próximo año 2016 proyecta invertir la suma de 700 millones de dólares para instalar plantas solares fotovoltaicas en el desierto de Atacama, con un rendimiento de energía alrededor de 270 Mw/hora, que beneficiará a 1500 agricultores, poblados y otros sistemas productivos.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

1.- Abella, M. Sistema Fotovoltaicos: Era Solar.

2.- Alcor, E. Instalaciones Solares Fotovoltaicas: Progensa.

3.- Dirección General Competitiva Agraria. (2012).

4.- Grupo Pin S.A. de C.V. La solución es energía solar: Ecopim.

5.- Grupo Investigación Agrosue – U.N. (2015). Medellín – Colombia.

6.- Hontoria, L. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos: Ciemat..

7.- Incropera, F; & Dewitt, D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor (4ta . ed.) México: Prentice.

8.- Maupoux, M. (2010). De Green Empowerment. Reino Unido.

9.- Pareja, M. Energía Solar Fotovoltaica: Mancorbo.

10.- Sencico, D. Energía Solar Fotovoltaica.

11.-SENAMHI – DPTC. (1990) Energía Solar Incidente Diaria – Amazonas

12.-Muñoz A. Flavio (2005), Atlas Energía Solar del Perú.

13.-Richarsd Montgomery (1994), Energía Solar, Selección del equipo, Instalación y Aprovechamiento.

14.-Mc. Vicente Flores Lara (1995), Estudio del comportamiento de un Sistema Solar.

15.-William A. Beckman (1974), Procesos térmicos con Energía Solar.

16.-Chromagen Compact (2005), Manual del usuario, Colectores Solares.

17.-Minem (2004), Diagnostico de la Energía Solar y Eólica en el País.

18.-UNI (1998), Centro de Energías Renovables.

19.-Pv Magazine Latinoamericana (2015).

PAGINAS WEB CONSULTADAS

- http://www.solener.cl/index.php?option=com_content&view=articled&id=50&itemid=13 ¿Qué es Energía Solar?.
- http://solar.nmsu.edu/wpguide/energía.html, Conceptos de Energía Solar.
- http://www.uni.edu.pe/publicaciones/libros, Cer-Uni.
- http//www.censolar.es/censolar, Centro de Estudios de la Energía Solar.
- http//solstice.crest.org/renewables/re-kiosk/solar/pv/index.shtml
- http//www.solarenergy.org/, Solar Energy International.