



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA
EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA -
FERREÑAFE**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

AUTORES:

Bach. Guevara Bellodas Abraham Pablo

Bach. Silva Delgado Romel Alonzo

ASESORES:

Ing. Sirlopu Gálvez Edwin

Ing. Vives Garnique Juan Carlos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación de Energía Renovable

CHICLAYO - PERU

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 9:00 horas del día 29 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N° 3285-2018-UCV-CH -2018-UCV-CH, de fecha 21 de diciembre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA – FERREÑAFE** presentado por el(la) (los) bachiller GUEVARA BELLODAS, ABRAHAM PABLO; SILVA DELGADO ROMEL, ALONZO, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Mecánico, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Sirlopu Gálvez Edwin
Secretario : Ing. Chapoñan Rimachi Luis Fernando
Vocal : Ing. Vives Garnique Juan Carlos

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por Mayoría

Siendo las 9:50 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 29 de diciembre de 2018

Ing. Sirlopu Gálvez Edwin
Presidente

Ing. Chapoñan Rimachi Luis Fernando

Secretario

Ing. Vives Garnique Juan Carlos

Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

DEDICATORIA

Esta Tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amada esposa Melissa por su apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis amados hijos Renata y Johao por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis queridos Padres y Hermanos quienes que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios porque sin Él no soy nada, a mis Padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles que pase, así como también en los momentos de felicidad ya que han estado junto a mí y gracias a ellos soy lo que ahora soy, también quiero agradecer a los Ingenieros Sirlopú Gálvez Edwin , Vives Garnique Juan Carlos y Amaya Checa Manuel, quienes en calidad de asesores, me brindaron todo su apoyo para la culminación de la presente tesis.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Guevara Bellodas Abraham Pablo identificado con DNI N° 16783108, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que adjunto es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente trabajo de investigación son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 14 de noviembre del 2018



Guevara Bellodas, Abraham Pablo
DNI N° 16783108

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Silva Delgado Romel Alonzo identificado con DNI N° 44024457, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que adjunto es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente trabajo de investigación son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 14 de noviembre del 2018



Silva Delgado Romel Alonzo
DNI N° 44024457

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA –FERREÑAFE”, someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

La presente investigación se realizó con el objetivo de obtener diseñar un sistema de bombeo utilizando la energía solar, para cubrir sus necesidades de obtención de energía eléctrica en el fundo Bobadilla - Ferreñafe y contribuir con el cuidado del medio ambiente.

El estudio de factibilidad nos permite determinar la viabilidad del proyecto de instalación del sistema fotovoltaico en el Fundo Bobadilla, donde cuentan con una buena cantidad de terreno para el cultivo de espárrago lo cual es un vegetal de gran importancia en la alimentación y de los seres humanos.

Los datos obtenidos se basan en encuestas y estudios anteriores realizados, en la producción del espárrago a partir del sistema de bombeo fotovoltaico.

INDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	¡Error! Marcador no definido.
PRESENTACIÓN	vi
INDICE	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCION	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	13
1.1.2. A NIVEL NACIONAL	15
1.1.3. A NIVEL LOCAL	15
1.2. TRABAJOS PREVIOS	16
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	16
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL LOCAL	18
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	18
1.3.1. SISTEMA DE BOMBEO	18
1.3.2. ENERGÍA SOLAR	22
1.3.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA	23
1.3.4. OBTENCIÓN A TRAVÉS DE LA ENERGÍA SOLAR	27
1.3.5. RADIACION ATRAVESANDO LA ATMÓSFERA	29
1.3.6. CLASES DE ENERGÍAS FOTOVOLTAICA (ESFV)	29
1.3.7. CELDA FOTOVOLTAICA	31
1.3.8. PANEL SOLAR O MODULO FOTOVOLTAICO	34
1.3.9. ACUMULADORES O BATERÍAS	39
1.3.10. REGULADORES DE CARGA	41
1.3.11. INVERSORES DE CARGA CC/CA	43
1.3.12. MOTOR – BOMBA	44
1.3.13. BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR EN USO AGRICOLA	45
1.3.14. TEMPORIZADOR AL TRABAJO.ON DELAY	46

1.3.15.	ELECTROVALVULA.....	47
1.3.16.	CONTACTOR.....	49
1.3.17.	DEFINICION DEL RIEGO	51
1.3.18.	SELECCIÓN DEL TIPO DE RIEGO.....	51
1.3.19.	RIEGO POR GOTEO.....	55
1.3.20.	COMPONENTES Y DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO	56
1.3.21.	EVALUACION ECONOMICA (VAN y TIR).....	57
1.3.22.	TERMINOS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO.....	59
1.4.	FORMULACION DEL PROBLEMA	60
1.5.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	60
1.6.	HIPOTESIS:	61
1.7.	OBJETIVO	61
1.7.1.	OBJETIVO GENERAL	61
1.7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	62
II.	METODO.....	62
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACION	62
2.2.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACION	62
2.1.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	62
2.1.2.	VARIABLE DE PENDIENTE.....	62
2.3.	POBLACION Y MUESTRA	63
2.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	63
2.4.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	63
2.4.2.	INSTRUMENTACIÓN.....	65
2.4.3.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	66
2.5.	METODOS DE ANALISIS DE DATOS.....	67
2.6.	ASPECTOS ÉTICOS.	67
III.	RESULTADOS	67
3.1	DETERMINACION DE LA RADIACION SOLAR PARA EL FUNDO BOBADILLA.....	67
3.2	TRABAJO DE CAMPO	68
3.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	69
3.4	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (Eto).....	82
3.5	DISEÑO AGRONÓMICO.....	82

3.6 DISEÑO HIDRÁULICO	85
3.7 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	91
IV. DISCUSION.....	94
V. CONCLUSIONES.....	95
VI. RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFIA	96
ANEXOS.....	97
ANEXO 01 DIAMETROS NORMALIZADOS.....	98
ANEXO 02 PLANO ESQUEMATICO.....	99
ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	100
AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACION DE TESIS.....	101
REPORTE DE TURNITIN.....	103
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL.....	104

RESUMEN

Se diseñó un sistema de bombeo fotovoltaico que permita satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos de espárrago del fundo Bobadilla provincia de Ferreñafe – Departamento de Lambayeque.

Se determinó la necesidad de este estudio para satisfacer la demanda de recurso hídrico requerido, ya que este tendrá un impacto positivo en la población en el uso agrícola. Esto se logró diseñando un sistema de riego tecnificado por goteo con bombas activadas por celdas fotovoltaicas aprovechando la radiación solar para poder generar energía eléctrica.

A continuación se desarrolló los cálculos requeridos para el sistema de bombeo en la transmisión de agua en riego tecnificado por goteo y selección de bombas, asimismo la radiación solar para la carga de baterías fue por medio de los paneles solares con una capacidad de carga de 142Ah/día con una corriente de 25.06A.

Se concluyó que el sistema de irrigación del cultivo de espárragos por medio de una energía renovable si es una buena alternativa en el fundo Bobadilla en la provincia de Ferreñafe.

Palabras Claves: *Energía solar, energía eléctrica, sistema de bombeo.*

ABSTRACT

A photovoltaic pumping system was designed to meet the demand of the water resource required by the asparagus crops of the fundo Bobadilla, province of Ferreñafe - Department of Lambayeque.

The need for this study was determined to meet the demand for water resources required, since this will have a positive impact on the population in agricultural use. This was achieved by designing a drip-based irrigation system with pumps activated by photovoltaic cells, taking advantage of solar radiation to generate electricity.

The calculations required for the pumping system in the transmission of water in drip irrigation and pump selection were then developed, as well as the solar radiation for charging batteries was by means of solar panels with a load capacity of 142Ah / day with a current of 25.06A.

It was concluded that the system of irrigation of asparagus cultivation through renewable energy is a good alternative in the Bobadilla farm in the province of Ferreñafe.

Keywords: *Solar energy, electric power, pumping system.*

I. INTRODUCCION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

COLOMBIA

Según nuestra realidad a nivel de educación en Colombia, el Ministerio Nacional de Educación (MEN) define en su plan de cada Sector 2010/2014 que tanto niños-niñas y adolescentes deberán obtener las mismas condiciones de una buena calidad de que educativa, dejando de lado la importancia de su estatus social, origen o etnia cultural. Por otro lado la data de la OEI, en este país colombiano que es la Organización de Estados Iberoamericanos, este órgano internacional regula que todos los países iberoamericanos deben cooperar con la educación. Ciencia y cultura, este ente reporta que existe 4,455 centros educativos que no cuentan con electricidad en cual forma parte del 30% de todos los centros educativos oficialmente de Colombia y de los cuales el 93% están en las zonas rurales de todos los 23 estados de Colombia.

Dado que las primeras barreras para llegar al objetivo de la calidad educativa es la carencia de energía eléctrica y en ciertos centros educativos de Colombia, los ministerios de educación, Tecnologías De Información Y Redes De Comunicación, Minas Y Energía–IPSE- (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas) y la OEI se unieron para entregar a estos centros educativos de las partes rurales que se encuentran alejadas del país con una energía alternativa que sea renovable y que este en la vanguardia de una buena tecnología

de la informática y comunicación en nuestro siglo XXI.(Iberoamericanos,2014).

VENEZUELA

El (MPPEE) que es el Ministerio para el poder Popular para la Energía Eléctrica, este ministerio de Venezuela se constituyó en el año 2009, en medio del mandato de Hugo Chávez en medio de la crisis de energía que se originó por ese tiempo. Este ministerio es el encargado de formular, regular, dar seguimiento y evaluar las normas en actividad que del Ejecutivo de la Nación en todo lo que corresponde a energías eléctricas, atómicas, y la parte de energía alternativa

Indico recientemente que su nivel de agua en la principal represa del país sigue muy crítico, lo que ha hecho que el gobierno tome medidas para ahorrar energía.

La Represa de Guri o llamada también Central hidroeléctrica Simón Bolívar, está en el Estado de Bolívar en el cañón Necuima, a unos 100 km arriba en donde desemboca el río Caroni es la principal hidroeléctrica en Venezuela el nivel de agua es muy crítico debido a una sequía aumentada por el fenómeno climático El Niño, obligando a decretar racionamientos de luz y agua

La Central Hidroeléctrica Simón Bolívar o represa Gurí genera el 70% de lo que consumen a nivel nacional de energía eléctrica durante abril y mayo llovió subiendo el nivel del agua de la represa. Dando el gobierno decretos para racionar el consumo eléctrico y de agua excluyo a Caracas a dos días semanales de la jornada laboral en el sector público también a las escuelas que se imparta clases de lunes a jueves.

Actualmente el gobierno de Maduro ordeno que los centros comerciales operen en horarios limitados y generen con equipos propios su electricidad que consumen, entre otras disposiciones. (Urgente24, 2016).

1.1.2. A NIVEL NACIONAL

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el censo del 2012 registra que el territorio agrícola que no cultivada de 774 882 ha, esto se debe a la baja cantidad de agua que daña el 49%, y que es causa en mayor importancia obstaculizando el desarrollo de los cultivos donde el principal productor se da en la costa en 55%, en la sierra afecta al 32% y en la selva el 13%.

Según el censo del 2012, el sector agrícola en Lambayeque se tiene un área agrícola 254 458,41 ha, de las cuales 241 563,2 ha, son de bajo riesgo y 12 895,2 ha son secano (agua proviene de la lluvia) los productores agropecuarios poseen propiedades y mini fundos lo que limita el avance agrícola de exportación (Informática, 2012)

UCAYALI

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), nos indica que aproximadamente 42% en áreas de acceso rural del litoral selvático de nuestro Perú no cuenta en su gran mayoría con electricidad, esto ante un 78.5% y 72.4% en territorio costero y gran parte de las serranías del Perú que si cuentan con electricidad.

La región Ucayali es el lugar que registra el índice más bajo de tendidos eléctricos siendo solo un 35.1% de la región. Es por ello que UTEC en unión con la ONG AIDER (Asociación para la investigación y desarrollo integral) donde tiene 30 años de labor en territorio selvático y cuenta con un registro de las diferentes zonas de Ucayali que necesitan de este servicio, especialmente Nuevo Saposoa, donde se busca promover un manejo correcto del bosque comunal y realizan proyectos económicamente sostenibles (Belling, 2016).

1.1.3. A NIVEL LOCAL

Existen muchos poblados y localidades en nuestra Región que no tienen electricidad, esto se debe al acceso es complicado y su geografía.

Esto lleva consigo a un atraso en comparación con otras comunidades y mucho más si se habla de las grandes ciudades que si tienen acceso al servicio eléctrico. Es por ello que se trata de buscar maneras alternativas de solución ante esta problemática que sea confiable y segura y que pueda contribuir con el desarrollo de esta región. Por esta razón se plantea este proyecto de investigación que busca solucionar de una manera sostenible. El fundo Bobadilla se encuentra en Pitipo y pertenece a la Provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, no puede extender sus siembras de cultivos debido a la falta de agua para sus cultivos producto de que no cuenta con energía eléctrica que permita accionar las electrobombas, lo que constituye una limitante para su desarrollo ya que ellos requieren un producto de buena calidad para su exportación.

Con el método de transformar la energía del sol en electricidad mediante la energía fotovoltaica se logrará generar electricidad que permita accionar bombas para mejorar el proceso de sistema de riego a diario que requieren los diferentes cultivos.

En la actualidad la parte de mayor población de Batán Grande, provincia de Ferreñafe, del departamento de Lambayeque, es una región agrícola y por su ubicación geográfica los cultivos necesitan mayor cantidad de agua con esta investigación se busca que los pobladores de la región rural sean los principales beneficiados con este recurso del río La Leche y por las estructuras hidráulicas del proyecto Tinajones, lo cual obligan a los pequeños agricultores al uso de agua subterránea para el riego de sus tierras, a través de bombeo de agua lo cual elevan sus costos y muchas veces no cubren sus requerimientos, al no poder regar todas sus hectáreas por falta de recurso hídrico.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Este avance tecnológico demostró por mucho tiempo ser el método con mayor efectividad del recurso hídrico de manera potable aplicándolas en la agricultura y la ganadería por medio de la irrigación y abrevaderos.

Desde los años 1978 donde se instaló los primeros sistemas de bombeo FV, fue creciendo en gran manera en el mundo entero, ciertas investigaciones destacan que aproximadamente son más de 10 000 sistemas estarían operando para los años del 2010.

Gracias a los programas de cooperación internacional se implementaron en gran número un sistema de bombeo FV tales como el “Programa Regional Solar de Sahel” PRS fueron todo un éxito logrando instalar 829 áreas de bombeo FV para suministrar de este recurso hídrico a las zonas rurales, 641 fueron sumergidas en agua y 188 operaron en la superficie, logrando alcanzar una potencia FV total de 1258kWp.

Trabajos semejantes se realizaron en Mali con un total de 40 áreas de bombeo en los años de 1990, India con 500 en 1994 y 3,320 en el 2000 también Filipinas con 150 sistemas de bombeo.

Por los años de 1990 y durante el siglo los sistemas de bombeo FV ha ido creciendo gracias a la gestión de los gobernantes, usuarios y empresas que instalan estos sistemas.

En los años de 1994 se destinaron a la venta los sistemas fotovoltaicos en unos 70MWp, de ellos el 17% están dirigidas a las instalaciones.

Los sistemas solares fotovoltaicos han ido aumentando su comercialización en las zonas agrícolas del país de Chile, principalmente en los sistemas de bombeo de agua para parcelas de tierra.

Tales como Indap y CNR promovieron ventajas de los sistemas siendo estos cada vez mas económicos y de fácil instalación y esto ayuda a ahorrar permitiendo competir entre los predios(Jorge Velasco Cruz, 2015)

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Cusco (Hadzic, 2014)

Este trabajo fue hecho para mejorar la calidad de vida de las zonas rurales mediante la iniciación individual y esta iniciativa donde presentaron una solución a la falta de agua para poder regar estas zonas.

De tal manera se hizo un estudio donde se analizó técnicamente y económicamente la selección de los sistemas de bombeos en Pucyura.

– Cuzco usando sistema solar necesaria para 4 hectáreas de cultivo.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Se ha diseñado un proyecto de elevación de agua para uso de consumo doméstico en el Centro poblado el Cenizo – Olmos. Las bombas sumergibles se utilizaron para elevar el agua y estas se activan mediante un panel solar fotovoltaico. Esto ya que es muy importante el incremento en todo el mundo de la generación de energías limpias, y se compromete el desarrollo amigable con el medio ambiente

(Revista Perú 21, 2013) Reforestan 370 ha del Bosque de Pómac con energías solares limpias Más de 370 ha del santuario Bosque de Pómac, en Lambayeque, han sido reforestadas, el riego automatizado utiliza energía limpia solar fotovoltaica, esto contribuye al cuidado del medio ambiente y se puede renovar en épocas de sequía.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. SISTEMA DE BOMBEO

Según (Blanco, 1994, p.18) define a un sistema de bombeo como una unión de elementos que permiten transportar mediante tuberías y almacenar temporalmente los fluidos, de esta manera se cumplen sus especificaciones de caudal y presión adecuada en las distintas, esto restringe el análisis de cómo se transporta el fluido Newtoniano sin comprimirse.

Partes de un sistema de Bombeo

Según, (Figueroa, 2012, p. 23,24) En su guía general de cálculo, instalación y mantenimiento de equipos de bombeo, define.

a) Acople: Es el elemento mecánico que puede ser rígido o flexible que permite acoplar dos ejes para convertirse en un equipo de impulsión para un sistema de drenaje subterráneo.

- b) **Bomba:** Es un elemento electromecánico que convierte energía-mecánica en energía-hidráulica que será presión velocidad en el líquido.



Figura 1. Bomba de agua

Fuente: ventageneradores.net

Elementos principales de una bomba:

- a) Motor.
- b) Mecanismo de transmisión.
- c) Mecanismo de impulsión.

Tipos de Bombas

1. **Bomba centrífuga:** Equipo que asimila la rotación del impulsor para producir un aumento de presión y de velocidad en los fluidos.

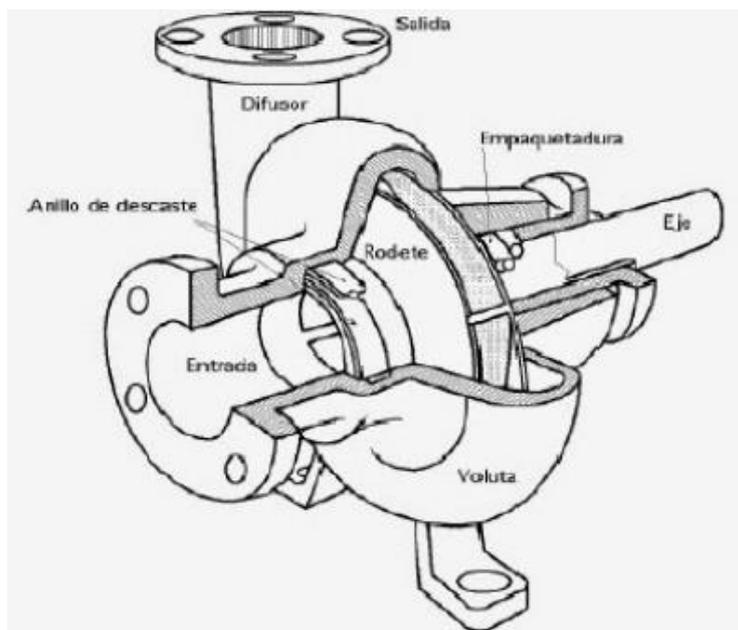


Figura 2. Bomba centrífuga

Fuente: yubasolar.net

2. Bomba hidroneumática: Es una unidad mecánica neumática que funciona con altas presiones de aire según su diseño, se operan automáticamente.



Figura 3. Bomba Hidroneumática

Fuente: angelatedo.com

3. Bomba sumergible: Se caracteriza por tener uno o más impulsores sellados a la carcasa dicho conjunto se sumerge en el líquido a bombear respetando en NPSH del equipo de bombeo.

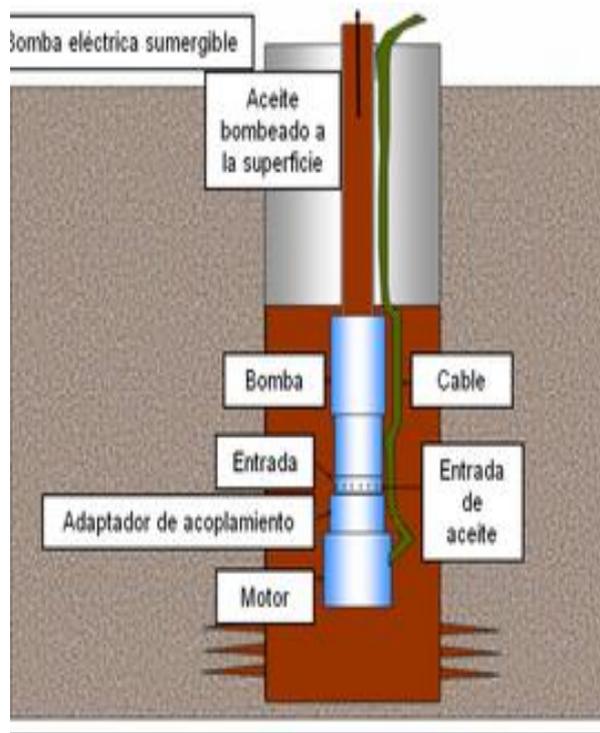


Figura 4. Bomba sumergible

Fuente: wikipedia.org

Caudal: Es la cantidad de agua que transporta por un tiempo determinado y se puede expresar en:

Litros por segundo (L/s.)

Metros cúbicos por segundo ($m^3/s.$) = 1,000 l/s

Galones por minuto (GPM) = 0,227124708 m^3/ s

Cavitación: se denomina cuando la presión en un punto del líquido resulta inferior a la tensión del vapor en el medio líquido que está siendo bombeado.

Se describe como la formación de burbujas que forma en la parte metálica que al suspenderse y chocar se genera una un desprendimiento del material de los elementos del equipo.

Cebar: Consiste en llenar de agua la tubería de impulsión de manera que el impulsor pueda succionar y evitar crear globos de aire en el interior.

Golpe de ariete: definimos como el impacto en forma violenta que modifica el fluido de una manera brusca y es la principal falla de equipos.

Impulsor: Su funcionamiento es rotativo que transforman energía mecánica en energía cinética de un fluido incomprensible.

Potencia: Es la capacidad para realizar trabajo en un determinado tiempo.

En el sistema inglés se expresa en:

Caballos de fuerza (HP) se traduce en inglés (Horse Power).

En el sistema internacional (Watt).

Sobre-presión: Presión mayor a la de operación.

Válvula de alivio: Es un sistema que libera al aumento de presión de un fluido que viaja dentro de algún conducto.

Válvula de retención: También le podemos llamar válvula de un sentido de flujo ya permite el paso, pero el no retorno

Pozo: Según (Pérez & Merino. Publicado: 2009. Actualizado: 2012) proviene del latín *puteus*, un pozo es un agujero que hace par alguna tarea específica y con un fin ya sea para la extracción de agua o crudo de petróleo.

1.3.2. ENERGÍA SOLAR

Esta se genera por la radiación solar y es resulta de la combinación de partículas que fusionan mediante ondas al chocar con suelo terrestre en forma de fotones (Orbegozo, 2010)

Es la energía que proviene del sol y se obtiene mediante la captura de la radiación. La radiación del sol se genera al momento que los rayos uv chocan con las placas de silicio y producen una reacción química nuclear de fusión en el sol cuando ciertos atomos de h2 se logran combinar entre ellos formando atomos de helio y liberan su energía que va desde la parte interior del sol hasta la superficie solar y genera radiación en todas las direcciones.

La energía E del fotón es expresada mediante la siguiente ecuación:

$$E = h \cdot \nu \quad \dots(1)$$

Dónde:

h = Constante de Planck de valor 6.626×10^{-34} julios x segundo

ν = Frecuencia del fotón en hercios

La Constante Solar

La radiación del sol se reparte en todas las superficies en manera de una bola de energía. Esta radiación es muy intensa y cada que ese esta se

acercas al sol aumenta considerablemente e inversamente cuando se está más alejado del mismo, al dispersarse sobre toda las superficies podemos decir que al alejarse del sol la radiación es más débil.

Según estudios se tiene un valor de aproximación de la intensidad de radiación que podemos calcular mediante la siguiente formula

$$I = \frac{P}{S} \quad \dots(2)$$

Dónde:

P = 4×10^{26} vatios (potencia emitida)

S (superficie de la esfera) = $4\pi R^2$,

R = $1,5 \times 10^{11}$ m (distancia media de la Tierra al Sol).

$$I = \frac{4 \times 10^{26}}{4\pi(1,5 \times 10^{11})^2}$$
$$I = 1,4 \times 10^3 \text{ W/m}^2$$
$$I = 1,4 \text{ KW/m}^2$$

Estos valores son aproximados que midió mediante un satélite en el espacio, justamente encima de la atmosfera, este número denota como constante solar y es $1.353 \text{ Watt/metro}^2$.

Esta constante varía de acuerdo al trayecto que entre el sol y nuestra superficie terrestre y tiene una variación también a medida en que estación o época se encuentre en el punto de orbita de nuestro planeta. En los meses de verano que son diciembre, enero tenemos un trayecto menor y esto va disminuyendo a medida que cambia su ángulo de incidencia, por otro lado en los próximos meses de invierno que son en junio o julio ocurre un fenómeno inverso. Y esto sería inversamente a las personas del polo sur.

1.3.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Esta energía se produce cuando el sol irradia sobre una superficie del panel y esta la transforma en electricidad a estos elementos se les denomina paneles solares fotovoltaicos. En dichos paneles, lo que irradia el sol genera una excitación en los electrones y al ser un elemento semiconductor produce una mínima diferencia de voltaje (potencial). El circuito de conexiones puede ser en serie permitiendo que ese diferencial aumente. Este efecto no es algo nuevo se registraron los primero en el siglo XIX, aproximadamente en los 50, en una carrera espacial, de ese entonces los sistemas solares fotovoltaicos han sufrido grandes mejoras por el método experimental y generaron un gran aporte al desarrollo espacial suministrando de energía eléctrica a los satélites geoestacionarios de comunicación, en nuestros tiempos es considerado una energía limpia y renovable.

Esta tecnología solar de tiene mucha virtual al ser modular se puede construir un enorme planta solar fotovoltaica en el suelo hasta un pequeño panel en la terraza.

EL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico es producido por el material de cada una de las celdas solares son generalmente de silicio u otros materiales semiconductores, estos al absorber ciertos fotones del sol liberan sus electrones que están en las celdas interiores y al estar unidos por cables de electricidad generan una corriente que podemos ver en la figura n° 5 (Orbegozo, 2010)

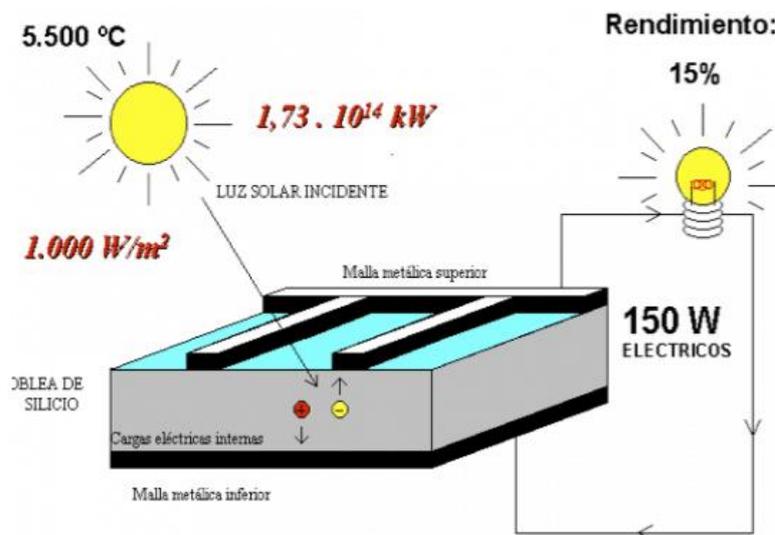


Figura 5. Esquema del efecto Foto Voltaico

Fuente: sfe-solar.com

Para poder disminuir costos en nuestros de un sistema solar es muy importante que sea eficiente, puesto que producir estos paneles es de costo elevado. En la tabla n° 1 mostraremos la eficiencia que alcanza los diferentes tipos de celdas solares. (Orbegozo, 2010)

Tabla 1: Eficiencia alcanzada en diferentes tipos de celdas.

Tecnología	Simbolo	Características	Eficiencia de celdas en laboratorio(%)	Eficiencia típica en módulos comerciales (%)
Silicio monocristalino	sc - Si	tipo oblea	24	(13-15)
Silicio policristalino	mc - Si	tipo oblea	19	(12-14)
Películas de silicio cristalino cobre cerámica	f - Si	tipo oblea	17	(8-11)
Película de silicio cristalino sobre vidrio		película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio - germanio)	a - Si	película delgada	13	(6-9)
Diseleniuro de cobre - indio / galios	CIGS	película delgada	18	(8-11)
Telurio de cadmio	CdTe	película delgada	18	(7-10)
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO ₂ sensibles a la humedad)		película delgada	11	
Caeldas tandem de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	33 (tandem) 28 (solo)	

Fuente: eficienciaenergetica.com

En nuestro territorio peruano la comercialización de paneles son las de silicio-mono cristalino, poli cristalino y finas capas de silicio amorfo.

Esta corriente eléctrica puede ser usada para alimentar energía a una carga con así a una bombilla. Al conjunto de varias celdas o células solares conectadas entre ellas, puesta en la superficie que apoya al marco la denominan modulo fotovoltaico.

Si muchos módulos se conectan entre ellos van a generar un campillo para la energía del sol.

Los módulos generan electricidad en corriente continua esto facilita para conectar ya sea en serie o paralelo y de esa manera conseguir la tensión o corriente que sea necesaria.

1.3.4. OBTENCIÓN A TRAVÉS DE LA ENERGÍA SOLAR

Diagrama de la historia del descubrimiento

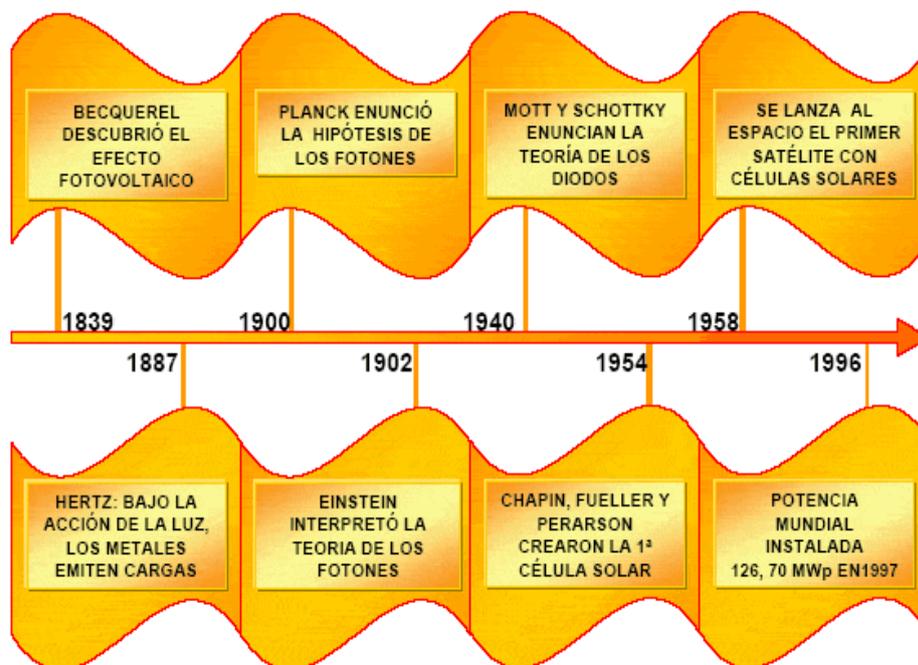


Figura 6. Historia de descubrimiento

Fuente: deltavolt.pe

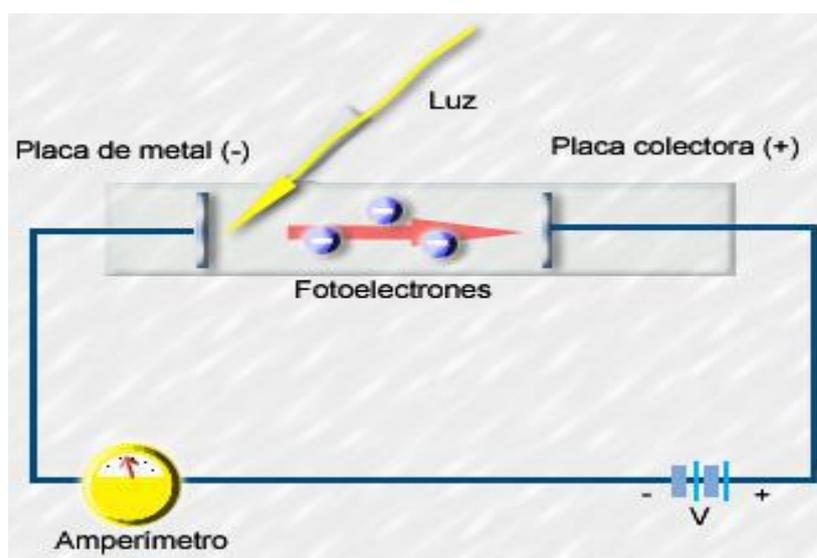


Figura 7. Esquema de los fotoelectrones

Fuente: Dr. Juzam, 2006

La obtención se origina es un efecto físico llamado “efecto-fotovoltaico” que fundamentalmente radica en transformar la radiación solar en electricidad mediante componentes denominados semi-conductores que reciben el nombre de células fotovoltaicas. Donde estas células son hechas en base a de la principal materia prima y de mayor abundancia en nuestro medio, la arena, este elemento químico se llama silicio donde se adiere impurezas de algunos componentes químicos (boro y fosforo).

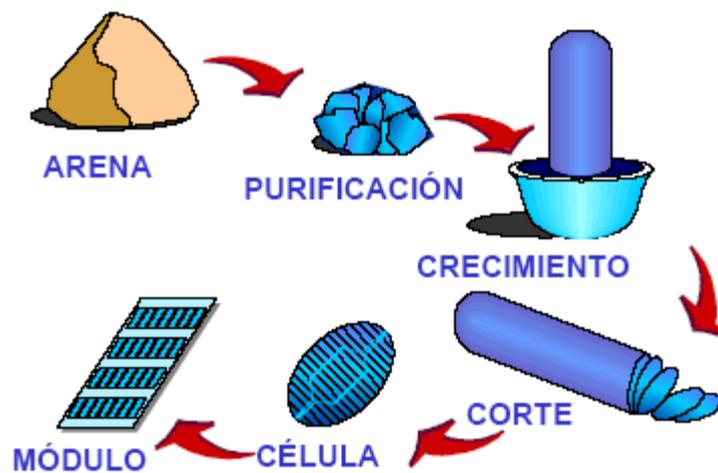


Figura 8. Elementos químicos

Fuente: www.ujaen.es

Las celdas de silicio que conectan ya sea en serie para aumentar su potencial eléctrico, esto gracias a que estos sistemas generan una tensión muy baja de aproximadamente 0.5 voltios.

Al agruparlas estas celdas, interconectadas entre ellas las denominan módulos solares.

Parte de lo que se irradia se desperdicia por el efecto rebote o flexión y otra por el efecto que trasmite al atravesar una célula con otra, mientras lo que queda hace que los electrones hagan un salto entre capas generando una intensidad proporcional a lo irradió.

1.3.5. RADIACION ATRAVESANDO LA ATMÓSFERA

Nuestro sistema atmosférico ofrece una resistencia al flujo de la radiación, esto es debido a que encima de las nubes se genera el efecto denominado flexión de energía y otra parte es absorbida por las moléculas del aire, esto lleva consigo que en un día libre o despejado donde podríamos deducir que hay bastante energía en ciertas ocasiones puede llegar a valores de 1000 watts/metro².

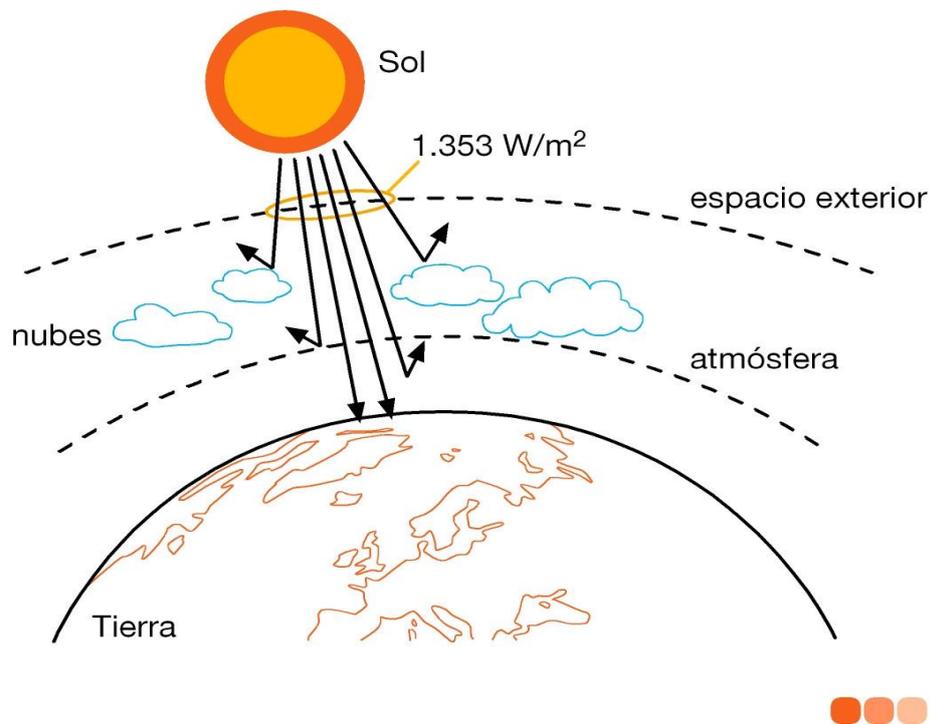


Figura 9. Esta Disminuye de la intensidad de lo que el sol irradia en la capa atmosférica.

Fuente: certificacionenergetica.info

1.3.6. CLASES DE ENERGÍAS FOTOVOLTAICA (ESFV)

Los sistemas solares fotovoltaicos aislados.

Este sistema es auto abastecedor, puesto que aprovechan que el sol irradia sobre la superficie del panel esto genera electricidad necesaria pa instalar en suministro eléctrico. El objetivo básico es que convierte la radiación solar en energía eléctrica mediante el panel fotovoltaico. La intensidad de corriente producida por este panel es continua (CC) por lo general es de

12v (voltios) y va a depender de cómo se conecte el panela en algunos casos son de 24v o 48v. (Pareja, 2010).

Esta energía generada es almacenada en acumuladores de energía (baterías) para posteriormente sea aprovechada en los momentos que requiera energía algún sistema externo, estos acumuladores se den dimensionar de acuerdo al sistema y estos pueden funcionar incluso en tiempos largos donde el clima no es ventajoso y cuando lo que irradia el sol sea muy bajo o en un día nublado. De esta manera se consigue un suministro de energía prácticamente continua (Pareja, M. 2010).

El regulador es el elemento capaz de mantener un buen control cuando el panel está funcionando, evita que haya sobrecargas y nuestro acumulador se descargue.

Proporciona unos indicadores visuales en algún momento donde ocurra un problema, de esta manera podemos asegurar el uso y alargando su vida útil.

Este tipo de sistema es muy útil en zonas rurales donde el suministro eléctrico es muy escaso y alejado y al concesionario no justifica dicha instalación por la extensión de cables de electricidad donde se va tender y otros elementos eléctricos en una electrificación común.

Este sistema a comparación de un grupo electrógeno no genera ruidos ni emana olores tóxicos productos de los derivados de petróleo y evita altos costos de mantenimiento

Elementos de un sistema fotovoltaico aislado

- a) Módulo fotovoltaico
- b) Reguladores
- c) Inversores de voltaje
- d) Controladores de carga
- e) Batería
- f) Servicios (Luminarias, artefactos y otros).

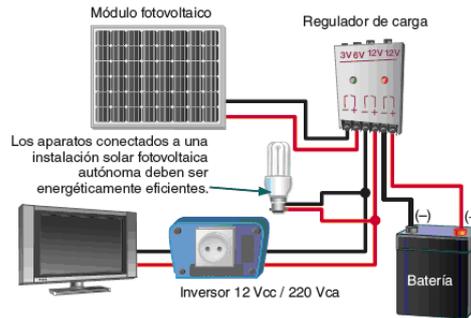


Figura 10. Elementos de un sistema fotovoltaico

Fuente: autoconsumosi.com

Los sistemas solares fotovoltaicos interconectados

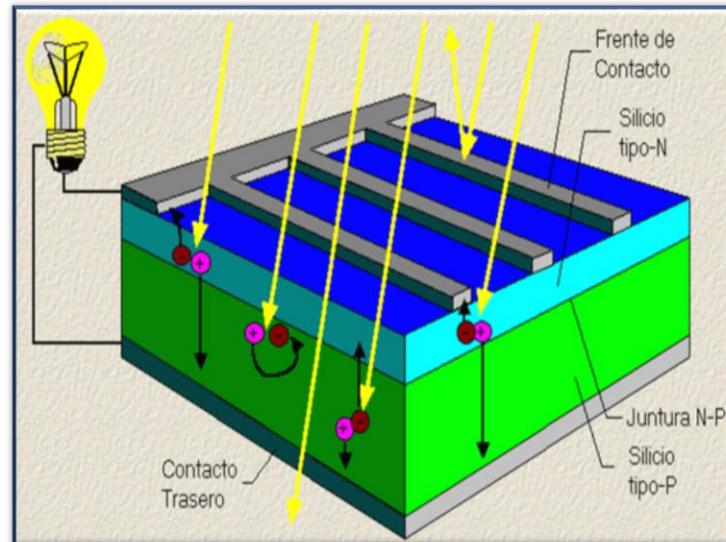
Esta denominación se da ya que la energía que genera estos sistemas solares son inyectados a la red eléctrica de la región donde está instalado, eso quiere decir que trabajan de manera paralela a la del sistema eléctrico. Este sistema en ciertas ocasiones son económicamente viables puesto que no depende de un sistema de acumuladores, ya que estos son de alto coste generan mayor mantenimiento y el reciclaje de baterías es otro tema que tiene impacto ambiental negativo.

1.3.7. CELDA FOTOVOLTAICA

Las células fotoeléctricas, son llamadas también Fotocélula o células fotovoltaicas, son elementos electrónicos que permitirán convertir la radiación solar en energía eléctrica por medio del efecto foto eléctrico.

En un sistema de energía fotovoltaica convierte de manera directa la radiación del sol en energía eléctrica. Ciertos materiales en su composición tienen propiedades una de ellas llamada efecto eléctrico en la manera simple, estos tipos tienen en su recubrimiento un ánodo y el otro es el cátodo. La energía lumínica que irradia sobre la el cátodo emite electrones que son absorbidos por el ánodo, con carga positiva, esto origina que el flujo de intensidad sea a proporción a la cantidad de radiación, al momento que gana fotones de luz que emiten electrones. Al momento que dichos electrones se liberan son atraídos, esto resulta en una intensidad eléctrica y se podría utilizar en algún equipo eléctrico. Estas celdas son fabricadas como elemento principal de silicio que es el 2 componente con mayor

abundancia en nuestro planeta. En la actualidad encontramos sistemas de energía solar fotovoltaica en cohetes del espacio, calculadoras científicas,



etc.

Figura 11. Celda fotovoltaica

Fuente: sector electricidad

Un sistema solar fotovoltaico es un equipo capaz de transformar la energía del sol en energía eléctrica, a este método donde la luz irradia en el módulo de electricidad o en la superficie del panel cuenta con dos capas, esto produce una diferencia de potencial eléctrico. A este potencial recorre internamente por medio del circuito de la manera que genere electricidad, pero esta tecnología estuvo en nuestro medio desde los años 50, la constante mejoras y la investigación de estos efectos y la energía fotovoltaica empezaron en 1839, donde el Henri Becquerel un científico encontró que se podía generar electricidad al iluminar en un haz de luz sobre ciertos elementos químicos. Este efecto demostrado en laboratorio fue el selenio como primer material en los años de 1877. Este elemento se utilizó en varios años en los fotómetros, que necesitaban en parte muy bajas. En científico Albert Eintein en 1908 y Schottky en 1930 aportaron en gran parte al desarrollo de este principio el cual fue muy necesario que dichas células fotovoltaicas aprovechaban un 6% de luz que irradiaba sobre la superficie de silicio se desarrolló por Chapin, Pearson y Fullet en

los años de 1954, esta tecnología fue de mucho aporte para el desarrollo de satélites orbitales en los años de 1954.

Desde ese entonces fueron cada vez siendo más comerciales es por ello ahora podemos encontrar de un 18% aproximado, a un coste mucho menor que hace 30 años.

En estos momentos existen muchas formas de producir células de energía fotovoltaica por medio de ciertos materiales como el seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, etc.

Pero también parte de esa investigación llevo consigo a determinar que otros materiales sean muy provechosos como el dióxido de titanio (TiO_2), obteniendo en una escala industrial y en la actualidad está orientado a usos diferentes como los de pigmentación blanca para papel, pintura y dentífricos, esto tiene como resultado un menor costo de producción.

Pero tiene como principal inconveniente su bajo desempeño en la formación de energía eléctrica, puesto que solo obedece a una forma de ultravioleta de luz solar. Es por ello que para corregir este problema se dirige ciertas investigaciones para obtener tintes que sensibilicen en respuesta a este material sería ciertos espectros de una manera más amplia de la radiación del sol logrando que sea un 7% más eficiente a comparación de uno de silicio.

Parámetros eléctricos que definen una celda solar

a. Tensión nominal (V): define como tensión de trabajo de la celda solar.

b. Intensidad de corto circuito (I_{cc}): es la corriente entre los bornes de la celda solar a tensión nula. Este valor varía dependiendo de la radiación solar.

c. Tensión a circuito abierto (V_{oc}): es la tensión entre los bornes de una celda solar a intensidad nula, el cual es un valor que varía entorno a la radiación solar.

d. Intensidad de máxima potencia (IMP): Se puede definir como la intensidad de corriente que suministra la celda solar cuando trabaja a máxima potencia.

e. Tensión de máxima potencia (VMP): Se puede definir como la tensión que suministra la celda solar cuando trabaja a máxima potencia.

f. Potencia máxima o de pico (PP): define al valor máximo de potencia obtenido de la celda solar.

1.3.8. PANEL SOLAR O MODULO FOTOVOLTAICO

Los paneles solares modulares cuentan con dispositivos para capturar lo que irradia el sol y poder aprovecharlo. Esta definición engloba a los colectores solares, se utilizan generalmente en las viviendas para generar aguas calientes por efecto de calor del sol, y se utiliza la radiación solar para generar electricidad.

El panel solar fotovoltaico está formado por muchas celdas que transforman la radiación en energía eléctrica, a estas celdas se conocen con el nombre de celdas fotovoltaicas dependiendo de ese efecto hace que la luz genere una carga positiva y negativa en la superficie esto acoplado mediante semiconductores generando un campo eléctrico que produce corriente.

El silicio cristalino o arseniuro de galio son de uso especial en sistemas fotovoltaicos, de otra parte, los de cristales de silicio se fabrican en lingotes bajo normas, son más económicos y se utiliza mayormente en la micro electrónica. Este material cuando lo exponemos a la radiación solar podemos producir una intensidad de aproximadamente 0.5 Amperios y 0.5 voltios que son equivalentes a unos 90 Watts/metro², eso depende de la intensidad de sol para que la celda sea eficiente.

A) Curvas características de un módulo fotovoltaico

Para un generador fotovoltaico, la intensidad que se genera es proporcional a lo que se irradia de una forma prácticamente lineal, donde al disminuir la radiación la corriente de cortocircuito disminuye de forma proporcional; el voltaje suele permanecer casi constante cuando se opera en puntos trazados por la recta que define los diferentes puntos de máxima potencia.

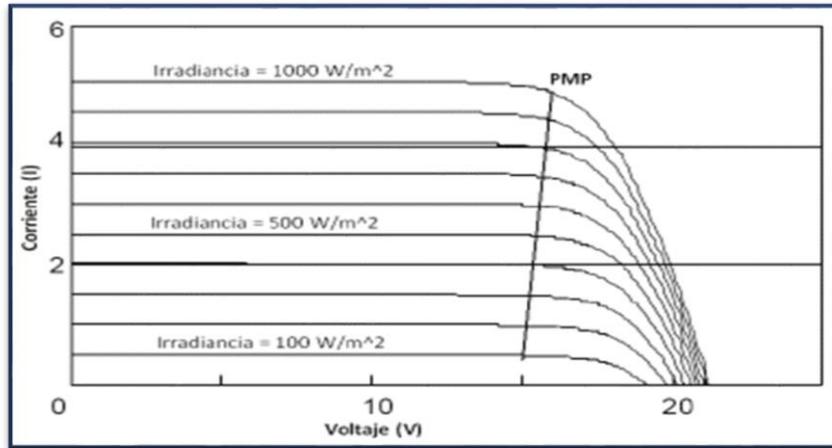


Figura 12. Curva de irradiancia sobre el desempeño del generador FV
Fuente: Estudio de sistemas de bombeo fotovoltaico

Al calentarse el generador FV por estar expuesto al sol como cualquier otro captador solar, produce una ganancia marginal de corriente de cortocircuito y a la vez una caída de tensión. Por lo cual significa una menor eficiencia.

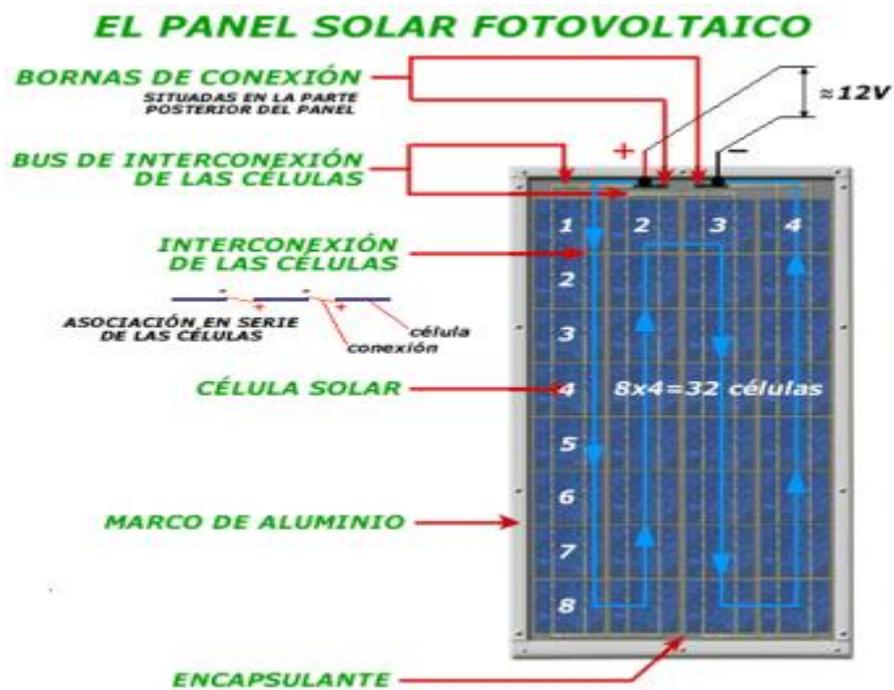


Figura 12. Panel solar fotovoltaico
Fuente: panelsolarperu.com

PARAMETROS BASICOS DE UN PANEL SOLAR

A) POTENCIA ELECTRICA

Es la correspondiente al máximo de irradiación solar (aprox. 1000 W/m²)

Se mide en vatios (W)

Permite calcular la energía diaria proporcionada por el panel usando las numerosas horas de sol pico (h.s.p.)

B) VOLTAJE DE TRABAJO

Es el que proporciona el panel a la salida

Varía normalmente entre 12 y 16 V

El valor depende de la intensidad de corriente proporcionada

a. Máxima corriente - mínimo voltaje

b. Mínima corriente - máximo voltaje

El voltaje se puede aumentar agrupando paneles en serie.

C) INTENSIDAD DE CORRIENTE

Depende del tamaño del panel

Su valor varía normalmente entre 2.5 A y 12 A.

Este valor se puede aumentar agrupando paneles en paralelo

Tabla 2: Módulos estándar

Módulos estándar
Standard modules
Modules standard

CARACTERISTICAS ELECTRICAS		ELECTRICAL SPECIFICATIONS		CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES		
Modèle	Nº de cellules	Puissance en test ±10%	Courant au point de puissance max.	Tension au point de puissance max.	Courant de court-circuit	Tension de circuit ouvert
Model	No. of cells	Power under test ±10%	Maximum power point current	Maximum power point voltage	Short circuit current	Open circuit voltage
Modelo	Nº de células	Potencia en prueba ±10%	Corriente en punto de máxima potencia	Tensión en punto de máxima potencia	Corriente de cortocircuito	Tensión de circuito abierto
A-5	36 1/6 de 3.3"	5 W	0.29 A	17.0 V	0.34 A	21.6 V
A-10	36 1/3 de 3.3"	10 W	0.59 A	17.0 V	0.69 A	21.6 V
A-20	36 1/2 de 4"	20 W	1.18 A	17.0 V	1.40 A	21.6 V
A-38	36 1/2 de 5"	38 W	2.20 A	17.2 V	2.38 A	21.3 V
A-45	32 1/2 de 6"	45 W	3.00 A	15.0 V	3.20 A	18.0 V
A-50	36 1/2 de 6"	50 W	3.13 A	16.0 V	3.50 A	20.0 V
A-55	36 1/2 de 6"	55 W	3.40 A	16.2 V	3.70 A	20.5 V
A-60	36 1/2 de 6"	60 W	3.55 A	16.9 V	3.85 A	21.0 V
A-65	36 de 5"	65 W	4.00 A	16.3 V	4.60 A	20.5 V
A-75	36 de 5"	75 W	4.40 A	17.0 V	4.80 A	21.0 V
A-110	36 de 6"	110 W	6.79 A	16.2 V	7.40 A	20.5 V
A-120	36 de 6"	120 W	7.10 A	16.9 V	7.70 A	21.0 V
A-130	72 de 5"	130 W	4.00 A	32.6 V	4.60 A	41.0 V
A-150	72 de 5"	150 W	4.40 A	34.0 V	4.80 A	43.4 V

Especificaciones en condiciones de pruebas estándar de: 1.000 W/m², temperatura de la célula 25°C y masa de aire de 1.5 (Según normativa EN 61215)
Specifications under standard testing conditions of: 1,000 W/m², cell temperature: 25°C and air mass of 1.5 (In accordance with EN 61215 norm)
Caractéristiques en conditions de test standard de: 1.000 W/m², température de la cellule 25°C et masse d'air de 1,5 (En accord avec la norme EN 61215)

Fuente: www.ujen.es

Tabla 3: Módulos estándar

Módulos estándar
Standard modules
Modules standard

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		ELECTRICAL SPECIFICATIONS			CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES	
Modèle	Nº de células	Puissance en test ±10%	Courant au point de puissance max.	Tension au point de puissance max.	Courant de court-circuit	Tension de circuit ouvert
Model	No. of cells	Power under test ±10%	Maximum power point current	Maximum power point voltage	Short circuit current	Open circuit voltage
Modelo	Nº de células	Potencia en prueba ±10%	Corriente en punto de máxima potencia	Tensión en punto de máxima potencia	Corriente de cortocircuito	Tensión de circuito abierto
A-5	36 1/6 de 3.3"	5 W	0.29 A	17.0 V	0.34 A	21.6 V
A-10	36 1/3 de 3.3"	10 W	0.59 A	17.0 V	0.69 A	21.6 V
A-20	36 1/2 de 4"	20 W	1.18 A	17.0 V	1.40 A	21.6 V
A-38	36 1/2 de 5"	38 W	2.20 A	17.2 V	2.38 A	21.3 V
A-45	32 1/2 de 6"	45 W	3.00 A	15.0 V	3.20 A	18.0 V
A-50	36 1/2 de 6"	50 W	3.13 A	16.0 V	3.50 A	20.0 V
A-55	36 1/2 de 6"	55 W	3.40 A	16.2 V	3.70 A	20.5 V
A-60	36 1/2 de 6"	60 W	3.55 A	16.9 V	3.85 A	21.0 V
A-65	36 de 5"	65 W	4.00 A	16.3 V	4.60 A	20.5 V
A-75	36 de 5"	75 W	4.40 A	17.0 V	4.80 A	21.0 V
A-110	36 de 6"	110 W	6.79 A	16.2 V	7.40 A	20.5 V
A-120	36 de 6"	120 W	7.10 A	16.9 V	7.70 A	21.0 V
A-130	72 de 5"	130 W	4.00 A	32.6 V	4.60 A	41.0 V
A-150	72 de 5"	150 W	4.40 A	34.0 V	4.80 A	43.4 V

Especificaciones en condiciones de pruebas estándar de: 1.000 W/m², temperatura de la célula 25°C y masa de aire de 1.5 (Según normativa EN 61215)
Specifications under standard testing conditions of: 1,000 W/m², cell temperature: 25°C and air mass of 1.5 (In accordance with EN 61215 norm)
Caractéristiques en conditions de test standard de: 1.000 W/m², température de la cellule 25°C et masse d'air de 1.5 (En accord avec la norme EN 61215)

Fuente: www.ujaen.es

ASOCIACION DE PANELES

Para conseguir incrementar los niveles de tensión, intensidad y potencia, los módulos fotovoltaicos se pueden asociar de las siguientes formas:

Asociación en serie: La conexión en serie consiste en conectar un lado positivo de nuestros paneles con el lado negativo del que le sigue, con el fin de obtener la suma de las tensiones de cada módulo. El valor de la intensidad que se obtiene es la equivalente para un solo módulo.

Asociación en paralelo: con esto lo que se consigue es la suma de las intensidades de cada panel solar conectando todos los polos positivos en un terminal y los negativos en otro, coincidiendo la tensión en cada módulo individual.

Asociación mixta: este tipo de conexión se utiliza cuando los niveles de tensión e intensidad requeridos por la carga, no son obtenidos por ninguna de las anteriores conexiones. Consiste en realizar las dos conexiones simultáneamente, de forma que consigamos conectar en paralelo un grupo de módulos, previamente conectados en serie.

Agrupación de paneles

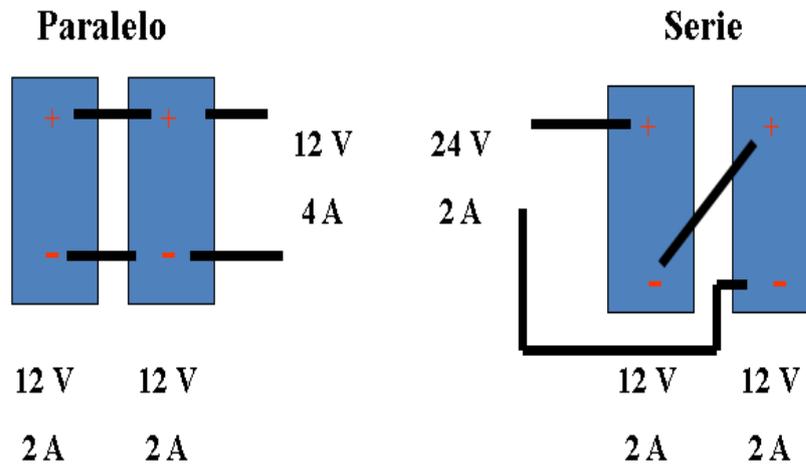


Figura 13. Agrupación de paneles

Fuente: instalacionesyeficienciaenergetica.com

Agrupación de paneles

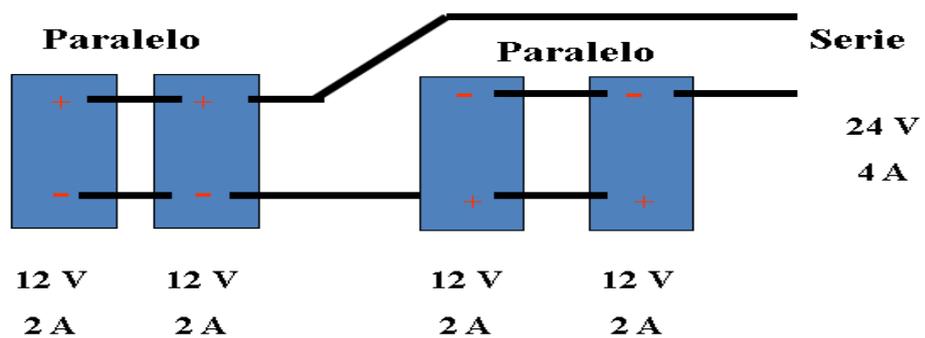


Figura 14. Agrupación de paneles

Fuente: instalacionesyeficienciaenergetica.com

1.3.9. ACUMULADORES O BATERÍAS

La energía que produce un panel fotovoltaico puede variar de acuerdo al clima y las estaciones y esa carga es aleatoria, afectando de una manera negativa a la capacidad de suministrar electricidad, es por ello que es necesario que implementar un banco de baterías de acuerdo a la capacidad de carga y almacenamiento. (Pareja, 2010)

La utilización de estas baterías permite:

- Suministrar como fuente de electricidad ante una posible baja de radiación solar.
- Suministrar a los sistemas conectados una autonomía de carga.
- Entregar a todos los sistemas una intensidad mayor a la nominal.
- Según este sistema ofrece una mejor estabilidad frente al consumo de los componentes conectados.

La capacidad de una batería se define como la cantidad de energía eléctrica que puede obtenerse cuando está completamente descargada de la batería completamente llena. Esta capacidad la medimos en amperio/hora (Ah), que determina su tasa de descarga.

Por ejemplo, cuando nos definen la capacidad de una batería dándonos el dato de capacidad en C20, indica cuanto de carga que es necesario sacar en un acumulador durante aproximadamente 20 horas con una temp de 20°C hasta que el voltaje en pueda llegar a 1.8V.

Así tenemos a una batería de C 100=250 Ah, significa que la batería puede darnos 250 A durante 100 horas.

Los fabricantes suelen dar la capacidad de una misma batería en diferentes tiempos de descarga. Normalmente para los cálculos se utiliza la capacidad en C100

Tabla 4: Módulos estándar

MODELO	TENSION	C100 (Ah)	C20(AH)
POWER 250	12 V	250	210

Fuente: Pareja, M. 2010

PROFUNDIDAD DE DESCARGA DE LAS BATERÍAS PARA ENERGÍA SOLAR

La definimos así al cociente entre lo que se extrae de un acumulador entre su capacidad nominal, en un porcentaje. Por ejemplo, una batería de 250 Ah que se ha sometido a descarga de 100Ah, ello significa que la profundidad de descarga que se la sometido es del 40% del total de la batería.

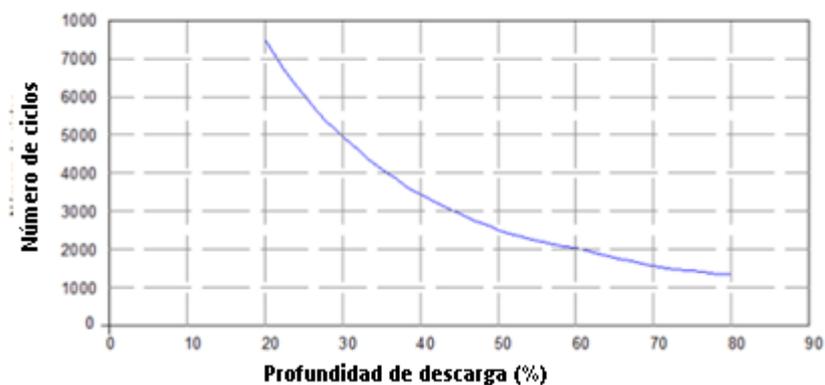
VIDA UTIL

Cuando se habla de la vida útil de un acumulador damos la cantidad de ciclos de carga y descarga que podamos someterla a cierta profundidad de descarga. Por ello que la vida útil de los acumuladores es a proporción con la profundidad de descarga. Por ejemplo, una batería monoblock que tenga una vida útil de 180 ciclos a una profundidad de descarga del 80%, si las descargas se reducen a un 30% la vida útil de esa misma batería aumentará a más de 1000 ciclos.

Grafico 1: Vida útil de baterías

Fuente: Pareja, M. 2010

Gráfico de vida útil en ciclos y prof.descarga en baterías estacionarias



TIPOS DE BATERÍAS

a) Baterías Monoblock

Son acumuladores donde se utiliza en una pequeña instalación de energía solar es por ello que se debe equilibrar peso-calidad .

Este tipo de baterías se ajustaría con pequeñas instalaciones fotovoltaicas aisladas.

b) Baterías AGM

Este tipo de acumuladores poseen una válvula donde se regula el electrolito y los gases evitando fugas. Este tipo se les conoce como libre mantenimiento. Pueden durar con la misma cantidad de ciclos de carga y descarga que una monoblock.

Son pequeñas pero su mantenimiento es muy complejo.

c) Baterías estacionarias

Este tipo de acumuladores mantienen una vida útil son especiales para zonas donde los consumidores necesiten energía diariamente y por un periodo mayor de tiempo.

Son de 6 celdas de 2v cada una, y acumulan gran cantidad de energía, existiendo de varias capacidades.

d) Baterías litio

Este tipo de acumuladores se pueden almacenar en espacios cortos y no emanan gases. Tienen un tiempo superior de carga a comparación de otras, se puede descargar en su totalidad sin afectar su composición interna, pero tienen como una desventaja son económicamente caras pero en un futuro se pueden optimizar.

1.3.10. REGULADORES DE CARGA

Este dispositivo tiene como finalidad de controlar cuanto de energía ingresa de los paneles solares a los acumuladores, para evitar sobrecargas y ayudando a prolongar su vida útil.

Existen un tipo de reguladores lo de modulación por ancho de pulso, este tipo viene incorporado de unos diodos que permite al panel solar funcionar a la misma tensión de los acumuladores solares. Y a su vez mantienen la misma corriente

Pero existe otro tipo de regulador los conocidos como maximizadores solares, estos tipos tienen una tecnología mucho mayor y es útil donde se desea instalar sistemas solares aislados y autónomos.

El tipo de reguladores MPPT o los maximizadores disponen de diodos que protegen su sistema y un sistema que convierte la tencion CC-CC .



Figura 15: Regulador de carga

Fuente: (Mppt Solar.com, Simone Bortignon 2011)

Por ello que los reguladores MPPT tienen como funcionamiento mantener igual a la corriente que ingresa a igual que los PWM pero a diferencia de la tensión si varia esto tiene consifo que se pueda aumentar la tensión de sistema fotovoltaico en hasta un 30% en relación a los PWM y su costo de fabricación es más elevado que los MPPT.

Por tal motivo que al trabajar con tensiones mayores se reducirán las pérdidas de energía que se ocasionan en un sistema de baja tensión.

Parámetros que definen un regulador de carga

a. Intensidad nominal (I): Es la intensidad que recorre el interior del regulador para ir desde las placas solares hasta las baterías. Esta intensidad debe ser mayor que el total recibido por los paneles solares.

b. Tensión nominal (V): Es la tensión de los módulos conectados. Suele ser 12, 24, 48 V.

Tipos de reguladores de carga

a. Reguladores lineales: Su función de control se basa en la regulación con una resistencia variable por donde se disipa la energía producida por los paneles que la carga no puede absorber. Esta resistencia variable está constituida por transistores MOS o MOSFET.

Poseen un rendimiento bajo y se emplean en instalaciones de baja potencia. Dependiendo de la forma de conectar el regulador dentro del sistema, tendremos un regulador lineal serie o paralelo.

b. reguladores conmutados: Estos son de mayor costo debido a su complejidad electrónica, lo que les proporciona un alto rendimiento. Controlan el valor de la tensión para que sea adecuada a la salida y tienen en cuenta que influye en su temperatura. Su función es desconectar la batería del generador mediante un dispositivo que está en serie con el módulo. Este dispositivo puede ser un relé, un transistor o un interruptor.

1.3.11. INVERSORES DE CARGA CC/CA

Los inversores son dispositivos que varían su tensión de ingreso de CC a una tensión simétrica al momento que salen la CA con una magnitud y frecuencia que desea el cliente o el que diseña.

Este dispositivo solar fotovoltaico es muy importante para convertir la corriente continua que genera un panel solar fotovoltaico en una corriente alterna para utilizar en diferentes dispositivos o consumidores de energía, este inversor puede transformar de 12v, 24 o 48v continua a una tensión de 220v alterna a una frecuencia de 50 o 60 Hz.

En el mercado encontramos dos tipos de inversores, unos de onda senoidal y otros inversores para corriente trifásica, pero es más recomendable los de onda senoidal.

Los inversores de onda senoidal pura son aquellos que son capaces de reproducir una onda uniforme entre los diferentes pulsos. La ventaja que tiene estos tipos de inversores frente a un inversor de onda senoidal modificada o cuadrada es que los pulsos entre las ondas son mucho más bruscos y segmentados. Es por ello, que para la utilización de aparatos electrónicos será muy recomendable la utilización de los inversores de onda senoidal pura, ya que permite que el tipo de corriente con el que alimentemos el aparato será exactamente igual a la que podemos recibir de la red eléctrica convencional. La repercusión de la utilización de inversores de onda senoidal pura es que la vida de los aparatos electrónicos será mucho más larga en comparación con los inversores de onda senoidal modificada.

Los parámetros que caracterizan a los inversores son:

Tensión Nominal: Es el voltaje que debemos aplicarlos en los terminales donde ingresa el inversor.

Potencia Nominal: Esta potencia debemos suministrarla a un inversor de manera constante.

Capacidad de sobrecarga: Esta capacidad hace referencia a la de los inversores para enviar potencial considerable mayor al nominal, así como se mantiene constante.

Forma de onda: La señal de corriente alterna se caracteriza de manera principal por la forma de onda y los valores de voltaje eficaz y frecuencia.

Eficiencia (o rendimiento): Hace referencia en un porcentaje a la diferencia entre la potencia que ingresa con la que sale del inversor. El valor va a depender de cuanta carga funcione la misma.

Factor de potencia: Es el cociente entre la potencia efectiva y la aparente del sistema.

Distorsión armónica: Indica el porcentaje de armónicos en la onda de salida.

1.3.12. MOTOR – BOMBA

Generalmente el motor y la bomba conforman una misma parte compactada a esto se le conoce como motobomba o por lo general bomba. La gran mayoría bombas que utilizan energía solar se llaman bombas

solares y estas se sumergen en el agua (sumergibles), pero hay otras que son flotantes o de superficie.

Hay cuatro formas de configurar las principales son:

- A) Bomba sumergible, estas son de motores de corriente continua o alterna conde maneja centrifuga.
- B) Motor-bomba sumergible de recorrido positivo.
- C) Motor-bomba flotante con motor de corriente continua y una bomba sumergible.
- D) Las motobombas se instalan en la superficie.

Las configuraciones de la cantidad de paneles solares se conectan en serie o paralelo, y tiene una adaptación a las restricciones de tensión (V) o intensidad (A) de este motor o su sistema de potencia esto hace que al estar juntos se optimiza para obtener una mayor potencia.

En última instancia de vital importancia que en estos tiempos existan diferentes modelos de uso comercial, el motor y a bomba viene en una sola unidad de fabricación, frente a ello es muy importante escoger una motobomba que cumplan con nuestros requisitos.

1.3.13. BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR EN USO AGRICOLA

Los sistemas de bombeo que se alimentan por energía solar, entregan una forma distinta y muy útil a aquellas motobombas que funcionan a base de derivados del petróleo, o molinos eólicos o de manera manual.

Este tipo de sistema son más provechosas cuando existe mayor radiación del sol, y cuando el requerimiento de agua sea más alto.

No existe un sistema de bombeo que sea adecuado para cualquier uso, cada una tiene su propia utilidad. La gran mayoría es útil para zonas donde existen pequeños pobladores desde 100 a 1000 pobladores y las necesidades de agua no es mucha a comparación con otras aplicaciones. Otro punto es importante para zonas agrícolas donde se puede tener 18 gmp.

El término GPM hace referencia a la cantidad de galones por minuto que podemos extraer por cada mil pies cúbicos. Es una unidad de ingeniería usada para el proceso del gas natural. Se escribe en minúscula para

diferenciarlo del GPM (galones por minuto), unidad de caudal, para una presión de 15 mca (milímetro de columna de agua).

Este tipo de sistema de bombeo fotovoltaico nos da muchos beneficios uno de ellos es que es de bajo mantenimiento, no funciona con combustibles fósiles, son fáciles en su instalación, tienen un sistema confiable, tiene muchas prestaciones a requerimientos y tiene bajo costo a ciclos repetitivos.

Pero su principal desventaja es la inversión inicial siendo esa muy alta, y producen bajo caudal en climas nublados.

Este tipo de bombas usan energía directamente del panel solar, eso quiere decir que son más productivas cuando hay mayor radiación solar es directamente proporcional a la radiación solar.

Las bombas de baja capacidad emplean mecanismos de elevación positiva donde se sella la cavidad e impulsa el agua. Esta capacidad de elevarla mantiene un sistema de bombeo lento.

Dentro de su mecanismo de elevación tiene un diafragma, un impulsor y las propias bombas de pistón. Esta diferencia entre bombas hace que pueda funcionar de una manera más eficiente, y las bombas centrífugas son usadas para mayores volúmenes.

1.3.14. TEMPORIZADOR AL TRABAJO ON DELAY

Unos temporizadores operan un cierto tiempo después de haber activado el circuito. En ese momento la bobina sigue en la posición de reposo hasta que transcurra el tiempo establecido, y son NA y NC.

CARACTERISTICAS:

- Varían su posicionamiento una vez haya transcurrido el tiempo.
- Regresa a su posicionamiento inicial al momento que se desenergiza la bobina
- Se debe energizar la por tiempos más prolongados a la bobina.

FUNCIONAMIENTO:

El temporizador es capaz de variar su estado en un determinado tiempo y regresar a su estado inicial en otro

Cuando las bobinas no están energizadas los contactos internos no variarían su posición.

1.3.15. ELECTRO-VÁLVULA

Las electro-válvulas son elementos capaces de controlar el flujo de algún fluido en una determinada tubería, este tipo funciona mediante un solenoide y una boina que al energizarlas permiten el cierre o abre de paso. Este tipo de válvulas se pueden utilizar en agua, gas, y cualquier tipo de fluidos ya sea en estado líquido o vapor, por lo general su fabricación es de acero inoxidable, PVC, o bronce. Dependiendo la aplicación que se va a utilizar.

Este tipo de electro-válvulas viene en dos posiciones una es normalmente cerrada o NC y la otra normalmente abierta o NA este tipo va a depender al accionar del flujo o la utilización, quiere decir que una normalmente abierta deberíamos energizarla para cerrarla y en el caso contrario energizarla para que podría abrirse.

Acción directa

En este tipo la electro-válvula se mantiene cerrada impidiendo el paso del fluido en donde las bobinas estas sin energía en estas existen dos tipos una en la NC y a otra las NA.

Las NC son aquellas válvulas que se mantiene cerradas por efecto del resorte la bobina esta sin energía e impide el libre tránsito del fluido.

Las NA son aquellas que se mantienen abiertas dejando pasar libremente al fluido el resorte se mantiene descomprimido y la bobina esta sin energía.

Normalmente cerrada (N.C)



Normalmente abierta (N.A.)



Figura 16: Electroválvulas

Fuente: (Mppt Solar.com, Simone Bortignon 2011)

Acción Indirecta

En este tipo el fluido no tiene acceso directo con la cámara de paso tiene una cavidad antes y un diafragma que se abre o cierra por efecto del embolo, a su vez necesita una cantidad mínima para su funcionamiento pero existen también en este tipo unas NC y otras NA.



Figura 17: Electroválvulas acción indirecta

Fuente: (Mppt Solar.com, Simone Bortignon 2011)

Acción Mixta

A este tipo también se le conoce como valvular de combinación y es aquella que combina las dos anteriores, donde tiene una pre cámara y a su vez un diafragma y un embolo que hace que se accione las podemos encontrar ya se NA o NC.



Figura 18: Electroválvulas acción mixta

Fuente: (Mppt Solar.com, Simone Bortignon 2011)

En las válvulas de acción mixta y de acción indirecta, los diafragmas que

Estas válvulas se fabrican se utilizan dependen del material que va a atravesar por ese conducto y el tipo de material pueden ser (Buna, viton o teflón) cada una de estas pueden operar en diferentes rangos de temperatura.

Una Buna puede operar a una temperatura de (-10+90 C) es recomendable en h2o, aire, o gas

Otro tipo son las de Viton, estas pueden operar entre (-10+140 C) y es recomendable para aceites, gasolinas, petróleo.

En el último caso las de Teflón trabajan entre (-10+180 C) estas son recomendables para vapor sobrecalentado al ser de mayor resistencia este se recomienda para vapor debido a la temperatura que puede soportar y que el teflón es más resistente.

1.3.16. CONTACTORES

Los contactores son interruptores que se accionan por un electro imán generado por una bobina, están preparados para trabajar en ergimenes industriales con altos requerimientos de potencia y confiabilidad tiene un sistema de enclavamiento que acciona la bobina para dejar fluir la corriente El contactor no realiza funciones de protección.



Figura 19: Contactores

Fuente: (Mppt Solar.com, Simone Bortignon 2011)

Figura Contactores

Contactos principales.

Mediante estos contactos se energiza el circuito de potencia. Estos se colocan en zonas estratégicas donde se destinan para abrir o cerrar el circuito.

Por lo general existen 2 puntos donde se interrumpen y se abren en reposo. Cuando un contactor tiene varias vías de paso es bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. O se realizan varias tareas en simultáneo por medio de un conductor que los une. Suelen sufrir desgaste con el tiempo y por ello se debe tener algunas condiciones, como alta conductividad eléctrica y térmica, baja resistencia al contacto, débil tendencia a soldarse, buena resistencia a erosión, buena dureza, buena resistencia mecánica, baja tendencia a producir óxido o sulfuro. Suelen usarse aleaciones de; plata-cadmio, plata-níquel y platino-iridio.

Contactos Auxiliares.

Se utilizan para el circuito de mando o maniobra. Se acoplan de manera mecánica al contacto principal, que es el encargado de abrir y cerrar el circuito auxiliar y los mandos del contactor, donde se enclavan de manera segura, por lo general podemos encontrar NA y NC.

Suelen llevar un sistema de roce o deslizamiento forzado, con el fin de limpiarlo, se conoce como dispositivo auto limpiante.

Según el país de procedencia del contactor, NA significa Normalmente Abierto en reposo, el NC será normalmente cerrado. También podemos encontrar un NO Normally Open y un NC Normally closed que en este caso coincide.

Electro imán.

Es un dispositivo que se activa mecánicamente por medio de un campo magnético dentro del contactor. Elemento mecánico que acciona los contactos de potencia y maniobra. O auxiliares.

La parte del control del electro imán, es el principal componente del contactor, se compone de un núcleo que magnetiza mediante una bobina.

Este núcleo consta de planchas o laminas El núcleo magnético está formado por chapas laminadas de hierro al silicio, se sujetan mediante remaches y se aisla entre ellos, en todo caso el contactor de corriente alterna, en cambio es de acero macizo cuando es de corriente continua.

Esto es debido a que se intercambia la corriente Foucault donde calienta al núcleo y sube la pérdida, y es necesario laminar el núcleo para reducir las pérdidas. Además, estos núcleos no deben imantarse, de tal manera se mantiene el objetivo de no tener a la parte móvil del electro imán en el caso que la fuerza supere al campo de las bobinas.

Los núcleos para corriente alterna deben llevar una espira en cortocircuito o espira.

1.3.17. DEFINICION DEL RIEGO

El riego se refiere al proceso en el cual se inserta un caudal de agua a una determinada área de tierra, con el fin de proporcionar nutrientes a las plantas. Este método deriva desde años antiguos mediante el desarrollo agrícola, en los tiempos atrás se utilizaron diferentes técnicas para garantizar el líquido en las plantas.

Los sistemas de riego, es trascendental en áreas donde existe amplia variedad lluvia que puede poner en riesgo los sembríos y cosechas, de tal modo se busca alternativas de solución a la mejora de producción de este recurso hídrico.

1.3.18. SELECCIÓN DEL TIPO DE RIEGO

Riego por Gravedad

Este tipo de riego interviene la caída de agua y se debe distribuir por medio de canales o sequias a una disposición de todo el cultivo.

Para este tipo el agricultor deberá tener un sistema de acumulación de agua o represa lo suficiente amplia para cubrir el cultivo. Y mediante esos canales se redireccionará el agua a todos lados.

Una vez acumulada el agua la fuerza gravitatoria se encarga de distribuir por todo el sembrío.



Figura 20: Cultivo usando la técnica de gravedad

Fuente: sistemaagricola.com.mx

El sistema de riego por gravedad pertenece a un método aborigen en nuestro sistema agrícola. Para poder realizarlo se debería de contar con ciertos conocimientos y habilidad para poder determinar la filtración del suelo, de tal manera cuando se alcance los puntos de saturación se debería parar el flujo del agua para evitar que se inunde todo el terreno.

Se debe realizar un estudio previo que nos permita entender las plantaciones más adecuadas según los tipos de cultivos.

Ventajas:

- a) Este tipo de riego es el más económico por ser muy simple.
- b) No se necesita energía adicional para poder funcionar ya que interviene la gravedad.
- c) La disposición de las parcelas y la densidad del agua hace que no le afecte los vientos.

Desventajas:

- a) Se recomienda no utilizarse en zonas donde los desniveles son altos, impediría el correcto flujo.
- b) Al momento que se inunda toda la parcela es muy probable que aparezca mala hierba y plagas en cultivo. En nuestra actualidad este método es muy posible ser utilizado mediante tuberías multi compuestas. Esto hace que se pueda distribuir el agua mediante sistemas de tubos que se abastece desde una fuente.

Este método hace que el agua se distribuya de manera uniforme por medio de los surcos en toda la parcela y se acopla a sistemas de mini compuertas ayuda a que no necesita supervisión. Y asegura un riego uniforme

Se pueden construir de polímeros o pvc, para mantener el caudal discontinuo, los componentes son de fácil acceso y económicos.

Riego por Aspersión

Mediante este tipo se conduce el fluido mediante aspersores que expulsan el agua humedeciendo la tierra como si estuviera lloviendo.

En nuestra actualidad existen grades variedades de sistemas de regadío por este método en los cuales son lo móviles, fijos y auto propulsados.

De los mencionados anteriormente se pueden instalar en varias zonas donde el viento no supere los 15 kilómetros por hora.

Aspersor fijo:

Este tipo de aspersores cuentan con un número de tuberías que están ubicadas dentro del área a regar y solo se expone a la superficie unas boquillas que giran. Estas son las encargadas de rociar el fluido en círculos. Este tipo se puede ubicar en partes cuadradas, rectangulares o triangulares. Teniendo en cuenta que el círculo de rociado de agua se intercepten, evitando así los espacios entre ellos.

La forma de la boca del aspersor determina la dimensión de las gotas. Mientras ese diámetro es más corto se desviará mucho mas o se evapora, en caso contrario causaría problemas en la zona de regado o los cultivos.

Se garantizaría un buen riego cuando se considera la característica principal de los aspersores tales como la presión en trabajo, caudal donde se expulsa el agua, el radio de regado, y cuantos litros riega por metro².

Existen tres tipos un dónde se impacta el agua, los de doble boca y los de media presión, los mencionados anteriormente pueden alcanzar unos 2.5 hasta 4 atm. Eso permite alcances hasta 18m con un buen nivel del terreno.

Aspersor móvil:

Estos sistemas se conectan a unos tubos donde se puede variar de manera manual cuando uno lo desee y donde sea optimo regar dentro del área de sembrío, son muy útiles en áreas cortas.



Figura 21: Pivot accionado por motor eléctrico

Fuente: cimmyt.org

Generalmente estos aspersores los encontramos en sistemas móviles como un carro donde puede recorrer el área mientras rocía el agua.

Los pivotes son unas estructuras donde el aspersor se auto propulsa y la profundidad de este sistema para alimentar de h₂O la encontramos a 1 metro aproximadamente. Se puede llegar a amplias, pero se puede rociar en círculos. Ellos solo funcionan en terrenos con forma regular poca dimensión.

Los movimientos realizados se dan por medio de motores a corriente, estas máquinas pueden alcanzar una vida de entre 15 a 20 años y alcanza una eficiencia de 75 a 90 %.

Otro motivo de estos sistemas de autopropulsión es el cañon viajero, por medio de estos sistemas de presión se logra que se riegue entre 2,5 y 15 ha por aspersión.

Se puede transportar mediante un tractor, autopropulsado o algún sistema a combustible.

El primer problema que presenta estos sistemas son la altura y la dimensión que alcanzan cuando se riega, esto se ve influido por los vientos de otro modo son frágiles a la fuerza en que se golpea el líquido.

Ventajas:

- a) Este sistema de riego está dentro de los principales, aunque depende de los sistemas que se acople varia su costo y eficiencia.
- b) Pueden alcanzar amplias zonas de tierra.

- c) Se acoplan fácilmente al tipo de área.
- d) Este sistema se puede mejorar con la automatización.
- e) Su vida en operación es más alta a otros sistemas.

Desventajas:

- a) El costo inicial podría ser superior a otros sistemas.
- b) Tienen una instalación más complicada en este sistema.
- c) Tiene un parecido al sistema por gravedad que es la formación de mala hierba.

1.3.19. RIEGO POR GOTEO

Se le conoce bajo el seudónimo de riego gota a gota, este método de regadío es muy usado en áreas áridas pues nos da la opción de regar solo lo necesario.

La cantidad de agua que se aplica por este sistema se introduce hasta la raíz del cultivo puesto que se coloca directamente en la superficie de las plantas, este sistema se compone de ciertas tuberías que recorren todo el cultivo y por medio de agujeros en los tubos se libera el fluido hacia la zona deseada. Este método innovador no es actual, viene mucho antes, en los años de 1930 donde se inventaron estos aspersores.

Con este método se puede lograr una eficiencia de aproximadamente entre el 90 y 95% y la disposición del agua es uniforme. Se adapta justamente al estado del terreno.

Esta técnica es muy útil y nos ayuda a regar con poca cantidad de agua en zonas exactas donde se necesita agua.

Ventajas

1. Se puede ahorrar desde el 40 al 60% de agua en comparación al método tradicional.
2. Se reduce en horas hombre, tanto al que vigila el riego y en menor cantidad la formación de maleza.
3. Se determina un aumento en la calidad producida.
4. Se puede utilizar aguas de calidad inferior que se podrían considerar inservibles.
5. Se puede adaptar a cualquier relieve o algún desnivel.
6. No es necesario lavar el terreno por presencia de salinidad.



Figura 22: Sistema de riego por goteo

Fuente: gardeneas.com

1.3.20. COMPONENTES Y DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

Existen varias formas para diseñar un sistema de riego por goteo, podemos encontrar una amplia gama de elementos para el riego tales como cintas, mangas, emisores de goteo, eso depende del fabricante, así como su sistema que distribuye, las válvulas y su sistema de bombeo debe ser el adecuado para cada aplicación.

Se debe analizar los diferentes cultivos y sus propiedades en el suelo para así poder seleccionar el tipo de conductor de agua que va a tener, así como su distancia y el flujo másico de agua.

Para los vegetales como espárragos o álamos se utiliza generalmente una manguera en vez de cinta.

El flujo de agua que se inserta de una manguera o tubería se debe colocar justo en la raíz del cultivo, seleccionando la separación entre ellos y cuan profundo esta, analizando también el tipo de cultivo y la cantidad de agua que necesite y la estación de clima.

Esta técnica debe ser diseñada de acuerdo a las necesidades del cultivo planificando todas sus actividades y a su vez la forma del terreno, sus curvas de nivel e inclinación así se puede fiar que el terreno sea uniforme.

Tabla 5: Tipos de riego por goteo

Tipo de sistema	Diámetro interno (cm) (pulg.)	Grosor de pared (mm) (mil)	Distancia entre emisores (cm) (pulg.)	Tasa de flujo de emisores (L/h) (gall/h)
Cinta de goteo	0.955–3.495 0.375–1.375	0.1–0.9 4–35	5–91 2–36	0.25–3.20 0.07–0.84
Tubería de goteo con emisores interlíneas	1.040–2.030 0.410–0.800	0.6–1.2 23–47	30–152 12–60	1.50–6.80 0.40–1.80
Mangueras duras con emisores a presión	0.32–3.8 0.125–1.5*	0.7–3.2 29–125	diseño especial	1.90–15.15 0.50–4.0*

*Para los sistemas de mangueras duras, están disponibles mangueras de mayor diámetro y emisores micro rociadores con mayor tasa de flujo.

Fuente: catalog.extension.oregonstate.edu

1.3.21. EVALUACION ECONOMICA (VAN y TIR)

La evaluación económica según el término de selección de las circunstancias de inversión, en términos de elección o selección de oportunidades de inversión, se compara los bienes creados a la inversión y el adecuado egreso de gastos. Consiste en comparar los beneficios generados asociados a la decisión de inversión y su correspondiente desembolso de gastos. Por ende, se evalúan los proyectos de inversión para hallar el valor económico, a través de algunas medidas de indicadores de evaluación se pueden determinar la viabilidad y la óptima inversión.

Estos indicadores de inversión que son utilizados para saber la viabilidad del proyecto son los siguientes: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno y el B/C (Factor Beneficio Costo)

El valor actual neto (VAN)

El resultado del VAN es el flujo neto actualizado del proyecto, si en este cálculo es positivo quiere decir que es viable la ejecución.

Si el resultado fuera lo contrario quiere decir que la ejecución del proyecto no será rentable es lo mismo que ponerlo en el mercado con el interés equivalente a la misma tasa de descuentos que se está utilizando.

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{BN_t}{(1+i)^n} - I_o \quad \dots(3)$$

Dónde:

VAN: Valor actual neto

BN_t: Flujo de caja o Beneficios netos en el periodo t

I_o: Inversión inicial

i = td: tasa de rendimiento requerida, tipo de interés o tasa de descuento
(COK= Costo de oportunidad de su capital)

t: periodos de tiempo

n: números de periodos

Si:

VAN>0; Quiere decir que el proyecto es viable

VAN=0; El proyecto también es viable, porque ya está agregado la tasa de descuento.

VAN<0; el proyecto no es rentable

En conclusión, para obtener el VAN se necesitan tener lo siguiente:

Tamaño de la Inversión

Flujo de caja neto proyectado

Tasa de descuento.

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La designación de la TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) a la tasa de descuento que hace que el valor actual neto (VAN) de una inversión que sea igual a cero (VAN=0). Permite medir directamente la rentabilidad del proyecto. La Tasa Interna de Retorno deberá ser mayor que la tasa de descuento para que el proyecto sea aceptable para la ejecución del mismo (TIR<td)

La TIR es una tasa de porcentaje que se encarga de la medición de rentabilidad por periodo teniendo en cuenta los valores que se encuentran en inversión en el proyecto a lo largo de la ejecución.

Desde otra perspectiva, esta tasa si fuese igual al COK (Costo de Oportunidad del Capital), impide que se lleve a cabo invertir en el proyecto al COK ya que la rentabilidad del proyecto será nula.

El paso que nos llevara a la rentabilidad del proyecto es la TIR.

Ecuación N°2: Tasa Interna de Retorno

$$VAN = -I_o + \sum_{t=0}^{t=n} \frac{BN_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Si:

$VAN = 0$; entonces $i = TIR$

$i = TIR$

$$VAN = -I_o + \sum_{t=0}^{t=n} \frac{BN_t}{(1 + TIR)^t}$$
$$0 = -I_o + \frac{BN_t}{(1 + TIR)^0} + \frac{BN_t}{(1 + TIR)^1} + \frac{BN_t}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{BN_t}{(1 + TIR)^n}$$

Interpretación y criterios de decisión

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es el que se encarga de la rentabilidad por tiempo del periodo del proyecto, teniendo en cuenta los valores que se encuentran en inversión en el proyecto.

- Si $TIR < COK$ \longrightarrow Es rentable hacer el proyecto
- Si $TIR = COK$ \longrightarrow Es indiferente hacer el negocio
- Si $TIR > COK$ \longrightarrow No es rentable hacer el negocio

1.3.22. TERMINOS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

a. Energía Renovable:

Se llama energía renovable a la que se obtiene de forma natural que no es agotable (sol), es utilizada por las cantidades de energía que tiene y otros medios naturales son capaces de perjudicar.

b. Bombeo Fotovoltaico:

El método de Bombeo Solar será alimentado por paneles solares fotovoltaicos con el uso de una bomba hidráulica, para que sea recargada gracias a la electricidad natural.

c. Bomba:

Máquina que se usa para extraer, elevar o impulsar líquidos y gases de un lugar a otro.

d. Sistema Fotovoltaico(SFV):

El método fotovoltaico está vinculado a los módulos que hacen productiva la energía originada por el sol y la transforma en energía eléctrica.

e. Generador fotovoltaico

Agrupación de reglas o indicadores fotovoltaicos unidos en cadena o paralelo como del voltaje y corriente eléctrica que se necesita.

f. Tablero:

Equipo electromecánico construido para facilitar la interconexión eléctrica; para interconectar los dispositivos.

g. Energía

Es un recurso natural caracterizado por su dimensión física que esta representado en diferentes formas, el cual se encuentra inmersa en los cambios de estados mecánicos y no mecánicos. Esta función de cambios que evoluciona y se traspasa.

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es factible utilizar la técnica de bombeo fotovoltaico para abastecer de agua el cultivo de espárragos en el Fundo Bobadilla ubicado en Ferreñafe- departamento de Lambayeque?

1.5.JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente proyecto se realizará con el fin de satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por el cultivo de espárragos del fundo Bobadilla ubicado en la Ciudad de Ferreñafe (Lambayeque), para obtener un sistema de riego eficiente para sus cultivos.

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El diseño de un método de bombeo fotovoltaico permitirá la utilización de energías limpias o renovables, la cual se empleará la radiación solar para poder generar energía eléctrica.

JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

El diseño del sistema de bombeo fotovoltaico, logrará la disminución de los gases contaminantes producidos por las motobombas empleadas en el sistema de riego, ya que este aprovechará la radiación solar para poder generar energía eléctrica.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Tendrá un impacto positivo en la población debido a que con el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico que será utilizado en el uso agrícola, originará puestos de trabajo en el sembrío y cuidado de espárrago.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El diseño del sistema de bombeo fotovoltaico permitirá tener energía eléctrica para la irrigación de los cultivos de espárragos.

1.6. HIPOTESIS:

Es posible generar energía para abastecer de agua mediante el bombeo de pozo con fines de irrigación para el cultivo de espárragos en el fundo Bobadilla ubicado en Ferreñafe –Lambayeque

1.7. OBJETIVO

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico que permita satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos de espárrago del fundo Bobadilla provincia de Ferreñafe – Departamento de Lambayeque.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la demanda de agua necesaria para el riego de los cultivos.
2. Establecer el potencial de energía solar disponible para hacer funcionar el sistema de bombeo fotovoltaico.
3. Diseño de un sistema de Bombeo Fotovoltaico.
4. Selección de equipos del Sistema de Bombeo Fotovoltaico.
5. Evaluar económicamente el proyecto.

II. METODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACION

El actual aprendizaje será de tipo Descriptiva - Analítica, ya que está orientado a proponer un Diseño de un Sistema Fotovoltaico utilizando conocimientos básicos de ingeniería, así como material y equipos disponibles en el mercado, el cual cumpla con la premisa del desarrollo sustentable del mismo implicando el desarrollo social, económico y ambiental.

2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION

2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Demanda hídrica del suelo
Energía Solar

2.1.2. VARIABLE DE PENDIENTE

Energía eléctrica
Sistema de bombeo

Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Demanda hídrico del suelo	Máxima demanda	Humedad del suelo	atm	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Caudal de agua al producto
Energía Solar	Luz solar	Radiación solar	w/m ²	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Datos de una estación meteorológica
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Energía Eléctrica	Energía Requerida	Energía Generada	kW/h	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Contador de energía
Sistema de Bombeo	Equipos	Los equipos		Análisis de documentos		

Fuente: Propia

2.3. POBLACION Y MUESTRA

POBLACION: La población está formada por las hectáreas de terreno del fundo Bobadilla distrito de Pitipo –Ferreñafe –Lambayeque.

MUESTRA: La muestra de estudio es el diseño de un método de bombeo fotovoltaico para el cultivo de espárrago en las hectáreas de terreno del Fundo Bobadilla –Ferreñafe.

2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la siguiente técnica de investigación se hizo lo siguiente:

Observación: este método facilitó describir, reconocer y almacenar datos en la investigación que se realizó en campo.

Entrevista: esta técnica nos permitió la obtención de información mediante el diálogo con los técnicos, ingenieros y agricultores especialistas en cada área que abarca el diseño en un encuentro formal y planeado.

Recolección de Información: porque mediante esta técnica se obtuvo los datos de laboratorio (físicos) precisos para diseñar el método de bombeo con energía solar.

Diagrama de flujo de procesos

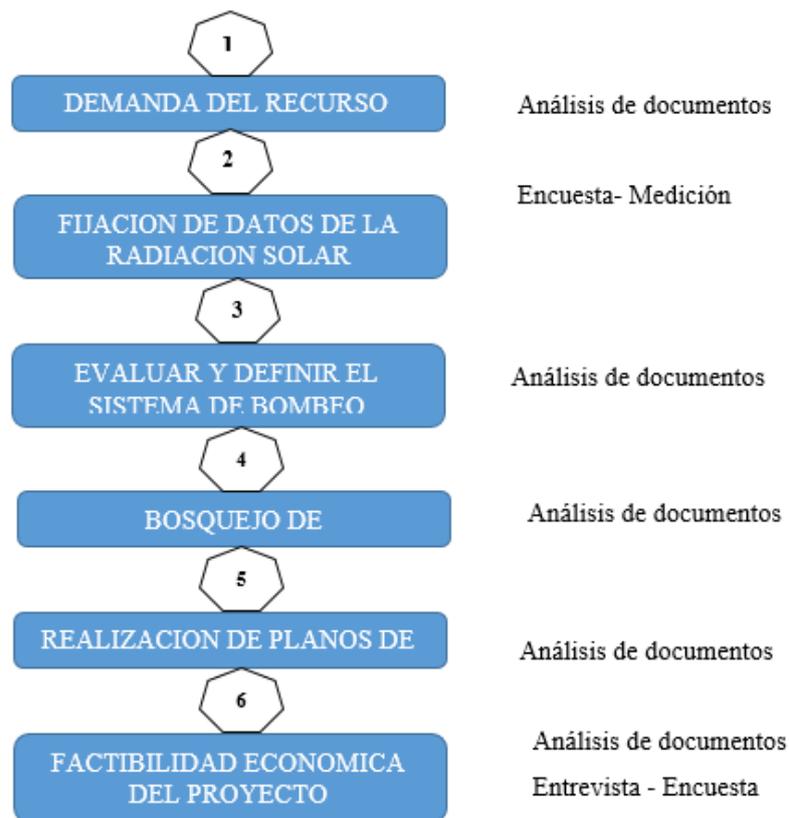


Figura 23: Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

Descripción de procesos

1. Demanda del recurso hídrico

Se recolecta datos del método de aspersión por goteo para los espárragos mediante los métodos de recolección de datos en los cuales obtendremos datos como caudal requerido por hectárea dependiendo por distintos factores como el tipo de suelo, clima, etc.

2. Fijación de datos de la radiación solar

Se obtendrá mediante el análisis de documentos que serán revisados del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI), también se tomarán datos de las encuestas realizadas y las mediciones tomadas por un solarímetro.

3. Evaluación y definición un sistema de bombeo fotovoltaico

Se debe contar con los pasos anteriores, como la máxima demanda de recurso hídrico y la determinación de la radiación solar. Para

luego proceder a realizar el proyecto de un método de bombeo fotovoltaico donde se determinará la el número y características de los paneles, tipos de conexiones, numero de acumuladores, inversores y reguladores a implementar.

4. Bosquejo de mantenimiento

Para el Plan de mantenimiento se realizaran análisis de documentos y entrevistas a especialistas, se tendrá en cuenta el manual de fabricante y las condiciones de trabajo de los equipos.

5. Realización de planos de diseño

Se elaborarán los planos de diseño del sistema de bombeo fotovoltaico, tomando en cuenta los planos de ubicación del fundo Inca Verde y planos del proyecto a realizar.

6. Factibilidad económica del proyecto

Se realizará la estimación financiera del sistema de bombeo fotovoltaico, cumpliendo con las especificaciones técnicas y ambientales correspondientes

2.4.2. INSTRUMENTACIÓN

Se tuvo en cuenta de los siguientes instrumentos:

Guías de observación: las guías utilizadas sirvieron para determinar el nivel de humedad del área de estudio y datos climáticos utilizados para el proyecto del método de aspersión.

Cuestionario: Se realizó con la finalidad de determinar qué tan importante es para el agricultor del Fundo Bobadilla -Ferreñafe y los pequeños agricultores de contar con este tipo de bombeo y que beneficios les brinda este tipo de sistema

Equipos y materiales utilizados:

Tabla 7: Equipos y materiales utilizados

NOMBRE	DETALLE
Equipos	Computadora

	Cámara fotográfica
	Calculadora
Materiales	Cuaderno de notas
	Manuales
	Planos
	Lapiceros
Instrumentos	Solarímetro
	Software
	GPS

Fuente: Elaboración propia

Recursos Humanos

Se contó con el siguiente recurso humano

Tabla 8: Recurso Humano

Personal	Cantidad
Asesor Especialista	1
Asesor Metodológico	1
Técnico agrónomo	1
Tesistas	2

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

Validez: se realizará mediante la propuesta de la instalación del método de bombeo fotovoltaico para el cultivo de esparrago en el Fundo Bobadilla – Ferreñafe. La información obtenida para del trabajo la exploración es prototipo primario y secundario, basados en datos obtenidos directamente de campo y trabajos previos.

Confiabledad: en el presente trabajo de investigación se empleará a teorías ya establecidas por autores que realizaron investigaciones con relación a la instalación de un método de bombeo de cultivo de esparrago en el Fundo Bobadilla –Ferreñafe.

2.5.METODOS DE ANALISIS DE DATOS

Método de análisis de datos.

Se sabe que el método es el que nos orienta a resolver problemas o conocimientos nuevos; mediante diversos sistemas, técnicas, algoritmos, procedimientos, esquemas, enfoques, perspectivas, diagramas, cuadros y otros; teniendo como base la hipótesis.

2.6.ASPECTOS ÉTICOS.

Derecho del autor:

El proyecto tendrá como factor primordial el respecto por la reserva, resguardar la identificación de las personas que se encuentran participando del estudio.

Citaciones:

El material bibliográfico utilizado en el presente trabajo, será citado siguiendo los estándares ISO 690 y 690-2 respectivamente.

Respeto:

Al aplicar los métodos y materia de recopilación de datos, se procurará evitar herir la susceptibilidad de las personas que participen en la investigación, protegiendo su identidad y respetando su privacidad, mostrando resultados concretos que son honestos y confiables.

Dignidad y cordialidad

Se hará referencias de detalles relevantes, también se solicitará permisos para diseñar el método de bombeo fotovoltaico para el cultivo de espárragos en el Fundo Bobadilla – Ferreñafe.

III. RESULTADOS

3.1 DETERMINACION DE LA RADIACION SOLAR PARA EL FUNDO BOBADILLA

Cultivo:

El fundo Bobadilla cuenta con 60 hectáreas, pero para el cultivo de espárrago se va a utilizar 10 hectáreas, la siembra y la cosecha es por todo el año y una máxima evapotranspiración (E_{Tc}) del espárrago en la provincia de Ferreñafe de 5 mm/día.

Para hallar la evapotranspiración hemos tomado en cuenta la siguiente formula:

$$ET_c = K_c ET_o \quad \dots(4)$$

Dónde

ET_c : Evapotranspiración de cultivo

K_c : Constante de cultivo

ET_o : Evapotranspiración de cultivo de referencia

Para el esparrago tomamos (según la FAO) el valor de 0,5 como el K_c

ET_o nos dice que 1mm/día le corresponde 10 m³por ha /día por lo tanto tenemos 10 mm/día por 10 ha/día.

$$ET_c = K_c ET_o$$

$$ET_c = 0,5 \left(\frac{10mm}{dia} \right)$$

$$ET_c = 5 mm/dia$$

En el trascurso del estudio se realizaron diferentes etapas en la metodología utilizada, las cuales son:

1. Recopilación de información.
2. Trabajo de campo realizado en la zona de estudio.
3. Elaboración de los diseños y análisis de resultados.

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Aquí es donde se fundamenta en la recopilación de investigación documental, para su revisión, selección e interpretación, esto se llevó a cabo en diferentes entidades privadas y públicas, así también como consultas a especialistas en la materia.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

La faena en campo tuvo como principal objetivo la recopilación de información “in situ” y se realizaron las siguientes actividades:

Como primer paso la observación y selección del espacio estudiado, para ver el tipo de deslizamiento, a que distancia se encuentran las fuentes y diferentes elementos que son utilizados para dicho estudio.

Se tiene en cuenta las medidas del terreno para el cultivo mediante un levantamiento y el análisis de las condiciones del clima y suelo.

Después de ello se realizó el diseño del método que se utilizara para el sistema de riego.

Se selecciona el arreglo fotovoltaico factible para el óptimo trabajo del equipo de bombeo.

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

3.3.1 DISEÑO AGRONÓMICO

La necesidad de agua en la planta: técnica de aspersión por goteo a diseñar deberá satisfacer el más alto consumo de agua que pueda darse en un cultivo.

Los requerimientos de agua son determinados partiendo de la evapotranspiración (Eto) en (mm/día). A partir del dato evapotranspiración se elige la más desfavorable es decir el mes con mayor evapotranspiración.

Las necesidades diarias de la planta tenemos que corregirlas por los siguientes factores:

Factor de cultivo (Kc): Es propio de cada cultivo y varía con las fases desarrollo vegetativo de los cultivos.

Factor de sombreado (Ks): Está basada en la hipótesis de que en el territorio sombreada por efecto es la parte inferior al valor calculado.

Tabla 9: Factor de Sombreado según el marco de plantación

Ks	Marco de plantación (m)
0.5	7x7

0.6	6x6 ó 5x5
0.7	<5

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008

Factor de aumento por valores medios (Ka): La Eto de la zona de cultivo se toman valores medios del mes. Por consiguiente, hay que tomar en cuenta que algunos días del mes será más alta, por lo tanto se aplicará un factor de zona cálida Ka= 1.20 y Ka=1.15 para zona templada.

Factor de uniformidad (Ku): El coeficiente de uniformidad del agua indica la aplicación uniforme del agua. En el riego por goteo se puede considerar:

Tabla 10: Factor de Uniformidad

Valor de Ku (%)	Calificación
>94	Excelente
86-94	Bueno
80-86	Aceptable
70-80	Pobre
<70	Inaceptable

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008.

Al inicio de un diseño de riego se puede considerar Ku= 1.1 (90%).

La necesidad del lavado por aguas salinas (KI): Esta medida hace entender la elevación de aplicación del bombeo de agua según las necesidades de lavado de acuerdo a las sales que se depositan en el suelo. Esto es calculado mediante la siguiente formula: $KI = 1 - NL$

Dónde:

$$NL = \frac{CE}{2CS} \quad \dots(5)$$

NL: Necesidad de lavado

CE: Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)

CS: Conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm)

El lavado del suelo se utiliza cuando el agua tenga una salinidad $CE > 1$ mmhos/cm. En este caso no se empleará el factor de eficiencia, K_e y si se utilizará el factor de coef. De uniformidad K_u . Cuando CE es igual 1 o menor que 1 mmhos/cm se utilizará el factor de lavado K_l y se empleará el factor K_{eu} 1.2 que engloba al factor de eficiencia y al factor de Uniformidad.

Calculo Necesidades Diarias de agua de la Planta

Agua sin salinidad ($C_e < 1$ mmhos/cm)

$$ND = K_c * K_s * K_a * K_{eu} * ET * M \quad \dots (6)$$

Agua con salinidad ($C_e > 1$ mmhos/cm)

$$ND = (K_c * K_s * K_a * K_u * ET * M) / K_l \quad \dots (7)$$

ND: Necesidades diarias del cultivo (l/día por árbol)

K_c : Factor de cultivo

K_s : Factor de sombreado

K_a : Factor de aumento por valores medios (1.20)

K_{eu} : Factor global de $K_e + K_u = 1.2$

K_e : Factor de Eficiencia ($K_e = 0.1$)

K_u : Factor de Uniformidad ($K_u = 1.1$)

K_l : Factor de lavado

E_t : Evapotranspiración diaria para el mes de máximo consumo (mm/día)

M : Superficie que ocupa un árbol. No superará 36m²

Características Hidráulica del gotero

Los goteros o emisores es el elemento más importante por lo tanto se debe tomar en cuenta:

Deberán proporcionar un bajo caudal a una baja presión de tal forma que los diámetros de la tubería lateral y tubería secundaria sean los más reducido posible.

Los caudales estandarizados son: 2 l/h, 4 l/h y 8 l/h. para iniciar un proyecto tomaremos los caudales estándar y si tenemos decidido la marca tomaremos el caudal del fabricante.

Tabla 11: Caudal empleado en algunos cultivos

Caudal(l/h)	Cultivos
<2	Invernaderos, Hidropónicos
2-4	Hortícolas y frutales en marcos Intensivos
8	Frutales en general

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008.

La mayoría de los goteros trabajan a una presión máxima 1 bar (10.2 m.c.a).

Según el comportamiento de la presión los goteros se clasifican en:

Laminares: Cuyo consumo de agua aumenta con la presión.

Autocompensantes: Cuyo consumo de agua permanece igual, aunque la presión aumente.

Inestable, turbulentos o vortex: se sitúan entre las dos anteriores.

Cálculo del número de goteros por Planta

$$Ng = \frac{Sp \cdot Pm}{Smj} \quad \dots(8)$$

Dónde:

Ng: Número de goteros por planta.

Sp: Superficie que invade el terreno en m² de sembradío cumpliendo lo establecido de no sobrepasar los 36m², número que se tiene en cuenta cuanto esto ocurra.

Pm: Porcentaje del área mojada (en decimales). Si el riego llega al 33% aumenta la producción de los árboles.

Smj: Área que riega un cuentagotas en m² exactitud la superficie máxima que ocupa el bulbo húmedo, ya que intervienen varios factores: terreno con la cifra de dígito de goteros por sembradío, tipo de suelo, tiempo de goteo, etc. Los diseños de riego por goteo en.

Cálculo tiempo de Riego (Tr)

$$Tr = \frac{ND}{Ng * Qg} \quad \dots(9)$$

Dónde:

Tr: Tiempo de Riego (horas)

ND: Necesidades Diarias (l/día por árbol)

Ng: Número de goteros por planta

Qg: Caudal del gotero (l/h)

Cálculo del número de sectores

$$N^{\circ} \text{ sectores} = \frac{\text{Jornada}}{\text{Tiempo de riego}} \quad \dots(9)$$

Jornada de Riego: Se considera una buena jornada de trabajo de 24 ó 12 horas.

Cálculo Caudal de bombeo

1° Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego o plantación(m}^2\text{)}} \quad \dots(10)$$

2° Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs):

$$Nprs = \frac{\text{Número total de plantas}}{\text{Número de sectores}} \quad \dots(11)$$

3° Caudal Bombeo en un sector (Qb):

$$Qb = Nprs * Ng * Qg \quad \dots(12)$$

Dónde:

Nprs: Número de plantas a regar simultáneamente

Ng= Número de goteros

Qg: Caudal del gotero

Caudal Necesario (Qn) para regar 1 ha de cultivo:

$$Qn = \frac{Qb(l/s)}{Area(ha)} \quad \dots(13)$$

3.3.2. DISEÑO HIDRÁULICO

Diseño tubería lateral o portagotero

La tubería portagoteros es de polietileno (PE).

Su denominación se realiza por el diámetro interior (los estándares de 10, 13,16, 20mm).

Garantizar al final del lateral 10.2 m.c.a.

Al principio del lateral existe un rozamiento alto y al final es despreciable.

En instalaciones agrícolas se instalarán de un diámetro o de dos.

Escoger diámetro a instalar 13, 16, 20 mm. En el caso de instalaciones

Cola de cerdo 10mm es el recomendable.

Calcular las pérdidas de carga máximas.

Longitud mayorada (LM) para contrarrestar las pérdidas de carga producida por las conexiones.

Calculo de pérdidas de carga (h´):

$$h' = J * F * Lf = \frac{0.96 * Q^{1.5} * F * Lf}{D^{4.75}} \quad \dots(14)$$

Dónde:

$$LM = LR + Lf$$

LM = Longitud mayorada

LR = Longitud Real

Lf = Longitud Ficticia

Lf = Longitud de diseño + (Nº goteros * F)

F = Factor de Reducción de Scobey en función del número de salidas
(0.385).

Esto Significa la pérdida de carga por segmento de conexión que es equivalente a la pérdida en 0.385 m de tubo (ver Tabla III, ANEXOS II: TABLAS UTILIZADAS).

Para el cálculo de las presiones producidas en las tuberías (P'o) emplearemos la siguiente fórmula:

Dónde:
$$P'o = P_o + 0.73h' \pm Hg/2 \quad \dots(15)$$

Po = Presión requerida

h' = Pérdidas de carga calculadas en la tubería

Hg= Desnivel que depende exclusivamente de las cotas del terreno

Diseño de Tubería Secundaria

La tubería secundaria de PVC o PE normalmente enterrada de la cual parten los ramales de goteo que riegan un sector.

La presión máxima tubería PVC 6 atm y PE 6 a 4 atm.

Para tuberías PVC el máximo diámetro recomendable a instalar es de 125 mm y para tubería de PE de 90 mm.

La tubería secundaria se unirá a la principal a través de una válvula de pase (Instalación manual) o una válvula automática (instalaciones automatizada). Es recomendable que dicha unión siempre que sea posible sea a la mitad de longitud de la tubería secundaria.

Diseño Tubería Principal

La tubería principal, es de PVC o PE de presión 6 atm, enterrada en zanja y dimensionada por el caudal que consume un sector.

El cálculo de pérdidas de carga se realiza por el punto o sector más desfavorable, puede ser en una zona llana en el sector más alejado.

Se deberá procurar que las pérdidas de carga de la tubería principal no superasen 10.2 mca, ya que podrían afectar la funcionalidad debido a que superan los valores máximos de trabajo para los cuales han sido fabricados.

3.3.3. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para realizar el diseño de un sistema fotovoltaico con bombeo de agua se realiza los siguientes pasos:

- Se calcula el régimen de bombeo inicial según sea la necesidad del agua.
- Cálculo de la carga dinámica total en el bombeo, selección de bomba y arreglo fotovoltaico.
- Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico.
- Cálculo del agua bombeada y régimen de bombeo.

regamos la siguiente tabla donde se detallan las variables y las decisiones que se deben de tomar en la duración del diseño del sistema fotovoltaico:

Tabla 12. Descripción de las variables utilizadas en el diseño del sistema fotovoltaico:

Variable	Descripción	Unidad de entrada
Volumen de agua necesario por día	Requerimiento de agua diario para satisfacer las necesidades del usuario.	Litros/día (l/día)
Insolación del sitio	Horas de insolación diaria.	Horas pico/día (h-pico/día)
CDT	Carga Dinámica Total. Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.	Metros (m)
367	Factor de conversión de unidades. Se usa para calcular la energía (en watts-hora) necesaria para levantar un litro de agua una distancia de un metro. Este valor es una constante física.	Adimensional
Eficiencia de la Bomba	Es la proporción de energía eléctrica transformada a energía hidráulica. Los rendimientos diarios varían con la CDT, la insolación y el tipo de bomba. Esta información es brindada por el fabricante.	Porcentaje (%)

Voltaje de operación	Voltaje nominal de admisión del sistema en el controlador o inversor. Esta es brindada por el fabricante de la bomba seleccionada.	Voltios (V)
Carga eléctrica de la Bomba	Carga de eléctrica producida por el arreglo fotovoltaico.	Amperios hora por día (Ah/día)
Factor de rendimiento del conductor	Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada de 95% en los sistemas de bombeo solar.	Porcentaje (%)
Corriente del proyecto	Corriente necesaria para satisfacer la carga del sistema.	Amperios (A)
Factor de reducción del módulo	Los módulos fotovoltaicos pierden su eficiencia debido a las condiciones de trabajo del campo. Esto se debe al efecto de degradación con el tiempo, polvo en la superficie, cargas desiguales y algunas otras condiciones. Tomar una eficiencia de 95% en módulos cristalinos y 70% en módulos amorfos.	Porcentaje (%)
Corriente Imp del módulo	Corriente a máxima potencia Imp proporcionada por el fabricante del módulo fotovoltaico	Amperios (A)
Voltaje Vmp del módulo	Voltaje de máxima potencia Vmp del módulo. Esta información es brindada por el fabricante.	Voltios (V)
Módulos en paralelo	Cantidad de módulos conectados en paralelo. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	Adimensional
Módulos en serie	Cantidad de módulos conectados en serie. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	Adimensional

Fuente: propia

A. Según se calcula la necesidad del servicio de agua se halla el régimen de bombeo. Para establecer con el requerimiento del servicio de agua, horas de acceso a diario como primer paso se obtendrá el régimen inicial de bombeo. El propósito es calcular como primera instancia la cantidad de agua que será bombeada, ya que los datos fehacientes se sacan mediante el arreglo fotovoltaico.

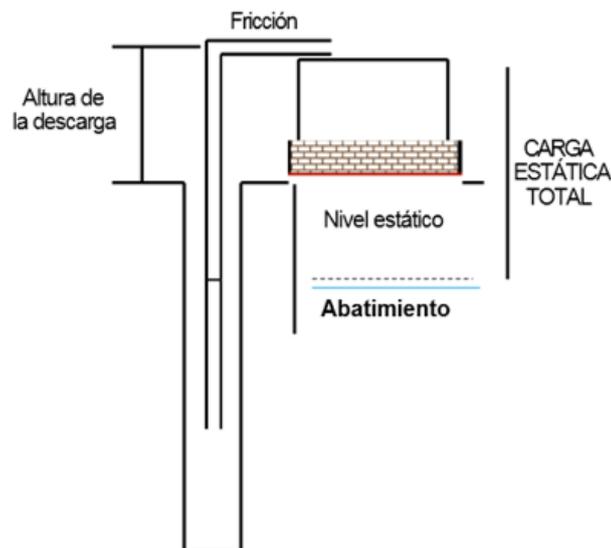
$$\text{Regimen de bombeo} = \frac{\text{Volumen de agua necesario por día (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

B. Para la selección de la bomba a utilizar, se calcula la carga dinámica del bombeo total.

Antes de realizar el trabajo tenemos que tener en cuenta y saber los conceptos fundamentales y condiciones para las condiciones hidráulicas de la obra y así poder determinar el volumen del sistema que se utilizara para el bombeo de agua. El volumen del sistema tiene relación con la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen de agua que se necesita a diario. Esto es más conocido como ciclo hidráulico. La siguiente formula es para obtener el valor de la carga dinámica total:

$$CDT = CE + CD = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}] + [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

Figura 24: Principales componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua.



Fuente: New Mexico State University, Sandia

Carga Estática

En la primera instancia, la carga estática, se puede obtener mediante la medida directa. Esto habla del desplazamiento que hace de niveles que el agua recorre hasta la llegada antes del abatimiento al pozo donde empieza la descarga del agua. Para obtener este valor tomaremos la siguiente formula:

$$CE = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}]$$

Carga Dinámica (CD)

Todas las pozas soportan el fenómeno de agotamiento al bombear el agua. Es el trayecto que hace que baje el nivel del agua, lo cual se debe a la indebida extracción de la misma. La carga dinámica, es el aumento de la presión causado por la abstención del flujo del agua y esto se debe al repliegue de tuberías y materiales como los codos y válvulas. Este repliegue depende de los componentes utilizados en la fabricación. Los materiales de acero hacen que se produzcan las fricciones diferentes a la de plástico PVC de similar tamaño. Asimismo, el diámetro de los materiales influye en la fricción. A más estrechos, mayor resistencia producida.

Para hallar la carga dinámica, es necesario saber la distancia que viaja el agua desde que ingresa a la bomba hasta la descarga, incluyendo las distancias planas, como también el material del perfil de conducción y su diámetro.

$$CD = [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

La CD (carga dinámica) tiene alrededor del 2% del trayecto recorrido del agua o equivalente a la longitud total de tubería (L). Comúnmente se sabe que el resultado es un valor que se conserva si se asume que el sistema de bombeo solar cuenta con flujos menores de 1 l/s y las bombas confiadas son conectadas a tuberías de diámetro amplio.

$$CD = 0.02 * \text{Longitud total de la tubería}$$

* El 0.02 es un factor de fricción por la distancia de recorrido de agua.

Carga Dinámica Total (CDT)

Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.

$$CDT = CE + CD \quad \dots(16)$$

Dónde :

La carga estática se calcula con la adición de las distancias

$$CE = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}]$$

La carga dinámica se calcula con la longitud total de todas las tuberías

$$CD = [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

$$CD = 0.02 * L$$

$$L = [CE + \text{Recorrido adicional de tubería}]$$

A continuación de conocer la CDT, podremos elegir la bomba apropiada para nuestro sistema a partir de los requerimientos de agua al día y la carga dinámica total utilizando el grafico Beneficios de Bombas Serie SC con 5-6 Horas. El Módulo fotovoltaico seleccionado para el diseño es el Isofotón I-100/12 (Ver Tabla 1)

Luego calculamos la carga eléctrica de la bomba en Amperios hora por día (Ah/día) siguiendo la siguiente fórmula:

Carga eléctrica de la bomba

$$= \frac{\text{Volumen de agua necesario por día} * CDT}{367 * \text{Eficiencia} * \text{Voltaje de operación}}$$

Para hallar la corriente del proyecto (en Amperios) que se necesita satisfacer la carga de la técnica en el mes de diseño:

$$\text{Corriente del proyecto} = \frac{\text{Carga eléctrica de la bomba}}{\text{Factor de rendimiento} * \text{Insolación del sitio}}$$

C. Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

En la dimensión del ajuste fotovoltaico se sabe la cantidad de módulos que serán instalados en paralelo y en serie. Nos aseguraremos que los números sean valores enteros. Antes de ello escogeremos el modulo solar fotovoltaico que se utilizara en el arreglo e introducimos los siguientes valores en la siguiente formula:

Módulos en paralelo

$$= \frac{\text{Corriente del proyecto}}{\text{Factor de reducción del módulo} * \text{Corriente de imp del modulo}}$$

Para la determinación de los módulos en serie se utilizará la siguiente formula:

$$\text{Módulos en serie} = \frac{\text{Voltaje de operación}}{\text{Voltaje } V_{mp} \text{ del módulo}}$$

Al tener los resultados de los módulos que se utilizaran para la instalación, las unidades de Watts (W) se calcula con el tamaño de arreglo con la siguiente formula:

$$\text{Tamaño del arreglo} = (\text{Mod. en paralelo}) * (\text{Mod. en serie}) * (\text{Corriente Imp}) * (\text{Voltaje } V_{mp})$$

D. Cálculo del agua bombeada y régimen de bombeo

La cantidad de litros que bombea es el total de agua retirada en 24 horas con el diseño realizado. La fórmula con la que se calculará el agua bombeada es la siguiente:

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{\text{Mod. Paralelo} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje de operación} * \text{Factor de rend.} * 367 * \text{Insolación} * \text{Factor de reducción}}{CDT}$$

Finalmente, conseguimos el nuevo y verdadero régimen de bombeo encuadrando los litros de agua que será esparcida. El valor tiene que ser mayor deducido inicialmente, de no ser ese el resultado, se debe considerar la ampliación de la fuente o también cambiar la bomba de mayor beneficio. La decisión se tomará dependiendo del aspecto económico:

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{\text{agua bombeada (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

3.4 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (Eto).

3.4.1. Uso del CROPWAT 8.0 para el cálculo de la Eto.

CROPWAT es un Software gratuito que se encuentra vigente desde el año 2006 y tiene como finalidad la programación de Riego creado por Dr. Martin Smith del Servicio de Manejo y Desarrollo de Recursos Hídricos de la AGL.

CROPWAT (CROPcultivo; WAT agua) hace uso del método FAO Penman Monteith para la determinación de la evapotranspiración de los cultivos (ETO). Engineering To Order (ETO) se utiliza para calcular con datos los resultados de los requerimientos de agua de los cultivos y el tiempo de riego. Es un instrumento que facilita la toma de decisiones para el manejo de los cultivos para grandes parcelas como también un perímetro de riego o pequeños campos que se deba incluir una combinación de cultivos que se necesite poco riego. Puede ser descargado de la siguiente dirección:

Cuadro 1: Datos Climatológicos

Mes	Temp.min	Temp. max	Humedad	Viento	Sol	Rad	Eto
			%				
Enero	22	34.6	71	100	8.1	18.7	4.17
Febrero	22.7	35.2	69	113	8.5	20.7	4.76
Marzo	24	36.1	68	119	9.1	23	5.42
Abril	24.8	36.7	66	113	8.7	22.9	5.58
Mayo	25	35.7	75	94	7.1	20.2	4.84
Junio	24.1	33.6	81	56	5.6	17.7	3.98
Julio	23.6	34.5	77	63	5.7	17.9	4.07
Agosto	23.7	34.9	77	63	6.5	19.3	4.38
Septiembre	23.4	33.5	83	44	6.1	18.5	4.02
Octubre	23.1	32.8	84	38	6.4	17.9	3.76
Noviembre	22.1	33.6	80	56	7.1	17.6	3.67
Diciembre	21.5	34.4	74	81	7.5	17.4	3.76

Fuente: www.fao.org/ag/AGL/AGLW

3.5 DISEÑO AGRONÓMICO

Datos de Entrada

Eto máxima es en el mes de Abril: 5.58 mm/día

i. Suelo:	Arcilloso
ii. Cultivo:	ESPARRAGO
iii. Área total:	10928.00 m ²
iv. Marco de plantación:	2x2 m
v. Salinidad del agua (CE):	0.257 mmhos/cm
vi. Salinidad del suelo (CS):	0.253 mmhos/cm

a) Coeficientes

$$K_c = 1.1 \quad K_l = 1 - NL$$

$$K_s = 0.7 \quad NL = \frac{CE}{2CS}$$

$$K_a = 1.2$$

$$K_u = 1.1 \quad NL = \frac{0.257}{2(0.253)}$$

$$K_{eu} = 1.2 \quad k_1 = 0.51$$

b) Calculo de las necesidades de agua en la planta

$$ND = K_c * K_s * K_a * K_{eu} * ET * M$$

$$ND = 1.1 * 0.7 * 1.2 * 1.2 * 5.58 * 4$$

$$ND = 24.75 \text{ l/día/ árbol}$$

c) Numero de goteros por planta

$$Ng = \frac{Sp * Pm}{smj}$$

$$Ng = \frac{4 * 0.33}{1.7}$$

$$Ng = 0.77 \quad 1 \text{ gotero}$$

d) Calculo del Tiempo de riego

$$Tr = \frac{ND}{Ng * Qg}$$

$$Tr = \frac{24.75}{1 * 8}$$

$$Tr = 3 \text{ horas}$$

e) Calculo del Número de Sectores

$$N^{\circ} \text{ sectores} = \frac{\text{Jornada}}{\text{Tiempo de riego}}$$

$$N^{\circ} \text{ sectores} = \frac{12 \text{ horas}}{3 \text{ horas}}$$

$$N^{\circ} \text{ sectores} = 4$$

Calculo del Caudal de Bombeo

1. Número de plantas en totas de la superficie:

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego o plantación (m}^2\text{)}}$$

$$Np = \frac{10928 \text{ m}}{4 \text{ m}^2}$$

$$Np = 2732 \text{ plantas}$$

2. Número de plantas a regar simultáneamente:

$$N_{prs} = \frac{\text{Número total de plantas}}{\text{Número de sectores}}$$

$$N_{prs} = \frac{2732}{4}$$

$$N_p = 683 \text{ plantas}$$

3. Caudal de Bombeo (Qb):

$$Q_b = N_{prs} * N_g * Q_g$$

$$Q_b = 683 * 1 * 8$$

$$Q_b = 5464 \text{ l/h} \quad 1.521/\text{s}$$

4. Caudal necesario para regar el área:

$$Q_n = \frac{Q_b(\text{l/s})}{A(\text{ha})}$$

$$Q_n = \frac{1.57(1/\text{s})}{10928/10000}$$

$$Q_n = 1.39 \text{ l/s-ha}$$

3.6 DISEÑO HIDRÁULICO

1. Tipo de goteros	Mini in Line
2. Instalados:	Botón
3. Exponente de descarga (x):	0.47
4. Caudal del gotero (q):	8 l/h
5. Espaciamiento entre árbol	2 m
6. Separación de gotero:	2 m
7. N° de salidas (n):	24
8. Longitud de diseño (L):	48 m
9. Presión de entrada o funcionamiento (H)	1 Bar (10.2 mca)
10. N° de goteros/árbol	1 gotero/planta

11. Factor de reducción de Scobey 0.385

Para este diseño es muy importante tener un esquema de cómo se instalarán las tuberías y haber dividido la parcela en los sectores debido a que los cálculos se irán realizando por.

Diseño de Tubería Lateral

a) Caudal

$$Q = n * a$$

$$Q = 24 * 8$$

$$Q = 192 \text{ l/h}$$

b) Longitud ficticia del lateral

$$L_f = L + (n * F)$$

$$L_f = 48 + (24 * 0.385)$$

$$L_f = 57.24 \text{ m}$$

c) Pérdidas de carga admisible en el lateral

$$h'a = \frac{0.10}{x} (H * 0.55)$$

$$h'a = \frac{0.10}{0.47} (10.2 * 0.55)$$

$$h'a = 1.19 \text{ mca}$$

d) Diámetro Teórico del lateral

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * x * F * L_f}{0.055H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 * 192^{1.75} * 0.47 * 0.385 * 57.24}{0.055(10.2)} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 11.06 \text{ mm}$$

Elegimos el diámetro interno comercial de 13 mm.

e) Pérdidas de carga en la tubería lateral

$$h' = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}}$$

$$h' = \frac{0.496 * 192^{1.75} * 0.385 * 57.24}{13^{4.75}}$$

$$h' = 0.5536 \text{ m}$$

$$P'o = P_o + 0.73h' \pm Hg/2$$

$$P'o \text{ sector 1} = 10.2 + 0.73(0.5536) - (1.6/2) = 10.00 \text{ m}$$

f) Presión necesaria en el origen del lateral

P'o sector 2	$10.2 + 0.73(0.5536)$	10.60 m
P'o sector 3	$10.2 + 0.73(0.5536) - (1.4/2)$	9.90 m
P'o sector 4	$10.2 + 0.73(0.5536) - (1.6/2)$	9.80 m

Diseño de Tubería Secundaria

La evaluación de las pérdidas de carga en las tuberías de cada uno de los sectores de la parcela emplearemos las siguientes formulas:

a) Pérdidas de carga admisible $h'a = \frac{0.10}{x} (H * 0.55)$

b) Longitud ficticia $Lf = a * \text{Longitud de tuberías}$

c) Diámetro Teórico $D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{h'a} \right)^{1/4.75}$

d) Pérdidas de carga Formula de Darcy

e) Presión producida en la entrada de la tubería $P'o = P_o + 0.73h' \pm Hg/2$

Representamos los resultados en forma de cuadro:

Cuadro 2: Resultados en el diseño de la Tubería Secundaria

N° del Sector	Tuberías secundarias	Diferencia entre portagoteros (m)	Longitud de lateral (m)	Q lateral (l/h)	Q lateral (m³/h)	Longitud tubería secundaria (m)	N° Líneas	Q de la secundaria (l/h)
1	TS 1-1	2	48	192.0		0.192	28	15
	TS 1-2	2	48	192.0		0.192	28	14
2	TS 2-1	2	48	192.0		0.192	28	15
	TS 2-2	2	48	192.0		0.192	28	14
3	TS 3-1	2	44	176.0		0.176	35	18
	TS 3-2	2	40	160.0		0.160	35	17
4	TS 4-1	2	44	176.0		0.176	34	18
	TS 4-2	2	48	192.0		0.1920	44	20

Fuente: propia

El caudal total a circular en todas las Tuberías secundarias es de 24032 l/h.

Cuadro 3: Resultados en el diseño de la Tubería Secundaria

Tuberías secundarias	h' (mca)	Factor de Scobey (F)	Longitud Ficticia (m)	Diámetro teórico (mm)	*Diámetro nominal (mm)	*Diámetro interno (mm)	h' (mca)	F' (mca)
TS 1-1	1.96	0.385	32	23.81	32	29.6	0.70	9.71
TS 1-2	1.96	0.385	32	23.21	32	29.6	0.62	9.65
TS 2-1	1.96	0.385	32	23.81	32	29.6	0.70	10.61
TS 2-2	1.96	0.385	32	23.21	32	29.6	0.62	10.55
TS 3-1	1.96	0.387	39	25.87	32	29.6	1.04	9.06
TS 3-2	1.96	0.389	39	24.49	32	29.6	0.80	8.88
TS 4-1	1.96	0.387	38	25.72	32	29.6	1.01	9.74
TS 4-2	1.96	0.385	50	29.11	32	29.6	1.82	10.33

Estos diámetros son los comerciales. El diámetro interno es el que se utiliza para calcular.

Diseño de Tubería Principal

Los valores se calculan con las fórmulas utilizadas anteriormente.

Cuadro 4: Caudales por Válvula y Sector

Sector	Válvula	Tub. Secundaria	Q (l/h)	Q (m³/seg)	Q _{va} (m³/seg)	Q _{rec} (m³/seg)	Caudal (l/h)
Sector 1	Válvula 1	TS 1-1	2880.00	0.0008	0.0015	0.00155	5568.00
		TS 1-2	2688.00	0.0007			
Sector 2	Válvula 2	TS 2-1	2880.00	0.0008	0.0015	0.00155	5568.00
		TS 2-2	2688.00	0.0007			
Sector 3	Válvula 3	TS 3-1	3168.00	0.0009	0.0016	0.00165	5888.00
		TS 3-2	2720.00	0.0008			
Sector 4	Válvula 4	TS 4-1	3168.00	0.0009	0.0019	0.00195	7008.00
		TS 4-2	3840.00	0.0011			

Cuadro 5: Longitudes por tramo en la Tubería principal

NODOS		TRAMO	Longitudes (m)
TANQUE	N1	TP-1	53
N1	V3	TP-2	21
N1	N2	TP-2 y TP-3	58
N2	N3	TP-4	4.2
N3	V1	TP-5	32.4

Cuadro 6: Cálculo de pérdidas en la Tubería principal

DESDE	HASTA	TRAMO	Q(m ³ /seg)	Q(l/h)	Long(m)	Lf(m)	Velocidad máx.pernisible (m/s)
TANQUE	N1	TP-1	0.0019	7008	58	67.24	1
N1	V3	TP-2	0.0016	5888	21	30.336	1
N1	V4	TP-2	0.0019	7008	21	30.288	1
N3	V1	TP-5	0.0015	5568	32.4	41.64	1
N3	V2	TP-5	0.0015	5568	32.4	41.64	1
TANQUE	N3	TP-1 TP-2 TP-3	0.0022	7920	115.2	124.44	1

DESDE	HASTA	TRAM	Dteórico(mm)	Dinterior(mm)	Dnominal(mm)	h'(mca)
TANQU	N1	TP-1	50	59.20	63	0.68
N1	V3	TP-2	46	59.20	63	0.23
N1	V4	TP-2	50	59.20	63	0.31
N3	V1	TP-5	44	46.40	50	0.90
N3	V2	TP-5	44	46.40	50	0.90
TANQU E	N3	TP-1 TP-2 TP-3	53	59.20	63	1.57

Cuadro 7: Presión necesaria en el origen

DESDE	HASTA	P+o (mca)
TANQUE	V1	11.51
	V2	11.91
	V3	8.12
	V4	9.45

Con el plano de las curvas de nivel calculamos las pérdidas en los puntos más desfavorables de los sectores.

Cuadro 8: Pérdidas de Carga en la Tubería Principal

DESDE	HASTA	Perdidas Carga (m)	DESNIVEL	Per. Carga Tubería Principal (m)
TOMA	V1	2.47	0.80	3.27
TOMA	V2	2.47	0.80	1.67
TOMA	V3	0.91	1.60	-0.69
TOMA	V4	0.99	1.60	2.59

a) Pérdidas de Carga Totales

$Perdidas_{\text{totales}} = H' \text{ Tubería lateral} + H' \text{ Tubería secundaria} + H' \text{ Tub. Principal}$

$Perdidas_{\text{totales}} = 0.55 + 1.82 + 2.59$

$Perdidas_{\text{totales}} = 4.96 \text{ m}$

b) Altura del Tanque

$Altura \text{ del Tanque} = Cota \text{ mínima} + P_{\text{min}} + Pérdidas \text{ Totales} - Cota \text{ Tanque}$

$Altura \text{ del Tanque} = 98.8 + 10.2 + 4.96 - 101.6$

$Altura \text{ del Tanque} = 11.96 \text{ metros}$

3.7 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

A. Cálculo del régimen de bombeo inicial según las necesidades de agua.

Régimen de bombeo

$$= \frac{\text{Volumen de agua necesario por día (litros / día)}}{\text{Ensolación del sitio (horas pico/día)}}$$

$$\text{Régimen de bombeo} = \frac{24032 \text{ l/día}}{6 \text{ h - pico/día}}$$

$$\text{Régimen de bombeo} = 4005 \text{ l/h}$$

B. Cálculo de la carga dinámica total en el bombeo, selección de bomba y arreglo fotovoltaico.

1) Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = CE + CD$$

$$CDT = [2 + 6 + 11.96] + [0.02 * (19.96 + 129)]$$

$$CDT = 22.94 \text{ m}$$

2) Carga eléctrica de la bomba

Carga electrica de la Bomba

$$= \frac{\text{Volumen de agua necesario por día} * CDT}{367 * \text{Eficiencia} * \text{Voltaje de operación}}$$

$$Carga electrica de la Bomba = \frac{2400 * 22.94}{367 * 0.35 * 30}$$

$$Carga electrica de la Bomba = 142.87 \text{ Ah/ día}$$

3) Corriente del proyecto

Corriente del proyecto

$$= \frac{Carga electrica de la bomba}{\text{Factor de rendimiento} * \text{Insolación del sitio}}$$

$$Corriente del proyecto = \frac{142.87}{0.95 * 6}$$

$$Corriente del proyecto = 25.06 \text{ A}$$

C. Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

1) Módulos en paralelo

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente del proyecto}}{\text{Factor de reducción del modulo} * \text{Corriente Imp del modulo}}$$

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{25.06}{0.95 * 5.74}$$

$$\text{Modulos en paralelo} = 5$$

2) Módulos en serie

$$\text{Modulos en serie} = \frac{\text{Voltaje de operación}}{\text{Voltaje Vmp del modulo}}$$

$$\text{Modulos en serie} = \frac{30}{17.4}$$

$$\text{Modulos en serie} = 2$$

3) Tamaño del arreglo

Tamaño del arreglo= (Mod. en paralelo) (Mod. en serie) (Corriente Imp) (Voltaje Vmp)

$$\text{Tamaño del arreglo} = (5) (2) (5.74) (17.4)$$

$$\text{Tamaño del arreglo} = 999 \text{ Watts}$$

D. Calculo del agua bombeada y régimen de bombeo

1) Agua Bombeada

Agua Bombeada

$$= \frac{\text{Mod.Paralelo} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje de operación} * \text{Factor de rend.} * 367 * \text{Insolación} * \text{Factor de reducción}}{\text{CDT}}$$

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{5 * 5.74 * 30 * 0.35 * 367 * 6 * 0.95}{22.94}$$

$$\text{Agua Bombeada} = 27481 \text{ l/día}$$

2) Régimen de Bombeo

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{\text{Agua Bombeada (litros / día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{27481 \text{ l/día}}{6h - \text{pico/día}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo} = 4580 \text{ litros/día}$$

IV. DISCUSION

Se puede demostrar que en la aplicación de instalaciones de bombeo fotovoltaicas ha aumentado rápidamente en el mundo con exitoso en implementación del crecimiento agrícola.

Según la revista Perú 21 el bosque de Pómac utiliza un sistema de riego tecnificado para 370 hartarías utilizando energía solar fotovoltaica.

El fundo de Bobadilla se utiliza 10 hectáreas para la siembra y cosecha, la pérdida de humedad por evapotranspiración máxima recomendada es de 5mm/día.

En el trabajo de campo se observó las dimensiones de área de estudio para la siembra de cultivos. Asimismo, se diseñó la técnica de riego para posterior elección del arreglo fotovoltaico para su perfecto funcionamiento.

V. CONCLUSIONES

En el diseño de la técnica fotovoltaica es necesario un régimen de bombeo de 4005l/h.

Se concluyó que la carga eléctrica de la bomba es de 142 Ah/día y una corriente de 25.06 A.

En las dimensiones de módulos fotovoltaicos serán 5 en paralelo y dos en serie con una capacidad de 999watts, que bombeara un régimen de agua de 4580l/día

Se elaboró todos los cálculos para la operatividad de las bombas centrifugas y ser activadas con la energía fotovoltaica tanto de la parte hidráulica y eléctrica.

Se concluye que las 10 hectáreas para la siembra y cosecha de espárragos tiene una pérdida de humedad por evapotranspiración de 5.58mm/día.

Se permitió desarrollar el sistema de irrigación del cultivo de espárragos con energía alternativa fotovoltaica en el fundo Bobadilla, Ferreñafe.

Se concluye que el uso de la energía de solar para el bombeo de agua por medio de celdas fotovoltaicas es un elemento rentable en el cultivo de espárragos.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que periódicamente se realice un mantenimiento al sistema de bombeo y fotovoltaico para futuros problemas de fallas.

Desarrollar periodos de mantenimientos en la técnica de aspersión por goteo como: limpiar las tuberías conductoras y limpieza de filtros.

Se recomienda observar muy bien los diámetros de la selección de las tuberías para evitar pérdidas de presión a lo largo del sistema.

Se recomienda el estudio de la perdida de humedad de la superficie que se utilizara en el cultivo y así evitar daños por la evapotranspiración.

BIBLIOGRAFIA

- Fuentes, J.L. (1998) *Técnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Valverde, J.C. (2000) *Riego y Drenaje. Editorial.* Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Pizarro, F. (1996) *Riegos localizados de alta frecuencia.* Tercera edición, Editorial: Mundo y prensa. Madrid. España.
- Michael G. T. (2010) *Opción Solar para el Bombeo de Agua.* Desing Assistance Center. Sandia National Laboratories. Albuquerque Nuevo Mexico Estados Unidos.
- Perez, S. (1986). *Manual de Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos.* Solavolt International.
- Suni Solar S.A. (2001) *Manual de Instalación de Bombas Solares con Paneles Fotovoltaicos.* Managua, Nicaragua.
- Zuñiga, E. (2001) *Diseño fácil del riego a presión.* Editorial Universidad Nacional Heredia (EUNA).
- Kyocera Solar, Inc (2010) *Guía para aplicaciones de bombeo de agua con energía solar.*
- Sánchez I. y Gómez A. (205) *Evaluación del sistema de riego por goteo aplicando Energía Eólica mediante un aerogenerador para el cultivo de la granadilla (passifloraquadrangularis l) en la finca Talolinga, Belen, Rivas.*
- Barreto C. y Cornejo, U. (2003). *Estudio de la eficiencia del riego por goteo aplicando energía fotovoltaica en el bombeo para el pimiento dulce.*

ANEXOS

Anexo 1

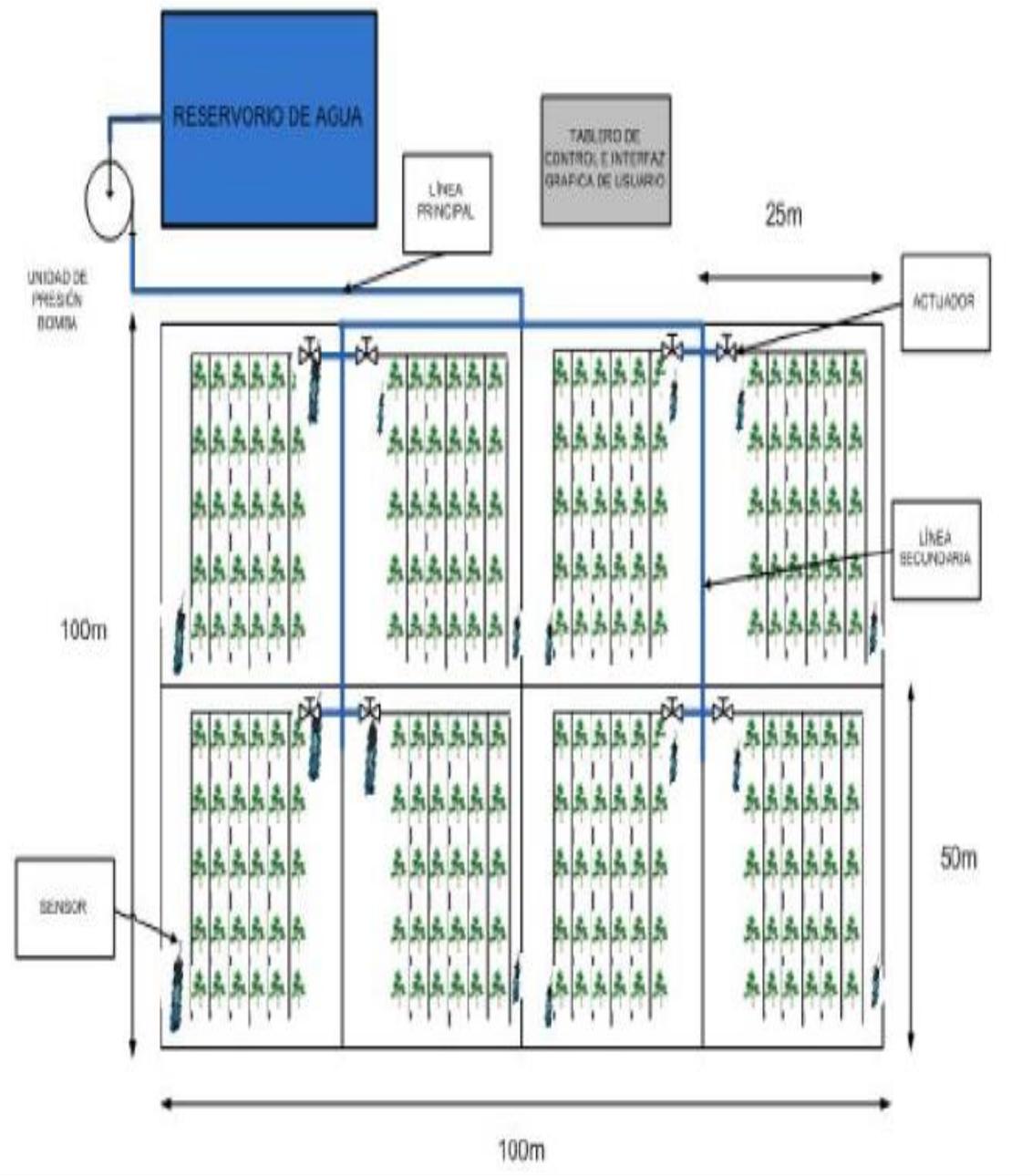
Diámetros normalizados (interior y exterior) para tuberías de PVC

DIÁMETROS NORMALIZADOS (NOMINAL E INTERIOR) PARA TUBERIAS DE PVC

DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	-	-	-	13,6
20	-	17,5	-	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2
200	192	188,2	180,8	170,4
225	216	211,8	203,4	191,4
250	240,2	235,4	226,2	213
280	269	263,6	253,2	238,4
315	302,6	296,6	285	268,2
355	341	334,2	321,2	302,4
400	384,2	376,6	361,8	340,6
450	432,4	423,8	407	383,2
500	480,4	470,8	452,2	425,8

Anexo 2

Plano esquemático del terrero 10,000 m²





ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) del trabajo de investigación titulado:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA – FERREÑAFE", del (de la) estudiante (s) Guevara Bellodas Abraham Pablo; Silva Delgado Romel Alonzo ; constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 09 de febrero de 2019



Firma
Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
16728343





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

...GUEVARA BELLODAS, ABRAHAM PABLO.....

D.N.I. : ...16783108.....

Domicilio : ...Prolong. Tres Marías N° 660 – Int. B – Ferreñafe.....

Teléfono : Fijo : ...287008 Móvil : ...979669925

E-mail : ...abrague38@gmail.com.....

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : ...Ingeniería.....

Escuela : ...Ingeniería Mecánica.....

Carrera : ...Ingeniería Mecánica.....

Título : ...Ingeniero Mecánico.....

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

.....GUEVARA BELLODAS, ABRAHAM PABLO.....

.....

.....

Título de la tesis:

....."Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para el Cultivo de
Espárrago en el Fundo Bobadilla – Ferreñafe".....

Año de publicación :2018.....

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha: ...20/02/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

...SILVA DELGADO, ROMEL ALONZO.....
D.N.I. : 44024457.....
Domicilio : 30 de Agosto N° 1017 - Cajamarca.....
Teléfono : Fijo : Móvil : 939927199.....
E-mail : romel_sd@outlook.com.....

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería.....
Escuela : Ingeniería Mecánica.....
Carrera : Ingeniería Mecánica.....
Título : Ingeniero Mecánico.....

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

...SILVA DELGADO, ROMEL ALONZO.....
.....
.....

Título de la tesis:

....."Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para el Cultivo de
Espárrago en el Fundo Bobadilla – Ferreñafe".....

Año de publicación :2018.....

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : 

Fecha : ...20/02/2019

Feedback Studio - Google Chrome
 https://ev.turnitin.com/app/carta/en_us/?u=1058639544&ro=103&o=1075478780&s=1&lang=en_us

feedback studio DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA - FE /1000


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
MECÁNICA

TÍTULO
DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA
EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA -
FERREÑAFE

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO

AUTOR:
 Bach. Guevara Bellodas Abraham Pablo
 Bach. Silva Delgado Romel Alonzo

ASESORES:

Match Overview

10%

Rank	Source	Percentage
1	repositorio.ucv.edu.pe <small>Internet Source</small>	4%
2	ribuni.uni.edu.ni <small>Internet Source</small>	3%
3	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	<1%
4	Submitted to UNIV DE ... <small>Student Paper</small>	<1%
5	es.scribd.com <small>Internet Source</small>	<1%
6	www.itacanet.org <small>Internet Source</small>	<1%
7	www.utic.edu.py <small>Internet Source</small>	<1%

Page: 1 of 99 Word Count: 16177 Text-only Report | High Resolution On 21:33 25/02/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERIA MECANICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GUEVARA BELLODAS, ABRAHAM PABLO

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA -FERREÑAFAE

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECANICO

SUSTENTADO EN FECHA: 29 DE DICIEMBRE DEL 2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORIA



[Handwritten Signature]

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERIA MECANICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SILVA DELGADO, ROMEL ALONZO

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO DE ESPARRAGO EN EL FUNDO BOBADILLA -FERREÑAFE

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECANICO

SUSTENTADO EN FECHA: 29 DE DICIEMBRE DEL 2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORIA



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN