



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Sistema de riego tecnificado utilizando energía solar
fotovoltaica en el fundo franklin, distrito de olmos,
provincia y departamento de Lambayeque”**

Presentado Por:

Br. Quiroz Zamora, Leonaldo

Asesor:

Ing. Percy Edwar Niño Vasquez

**Lambayeque – Perú
2 023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Sistema de riego tecnificado utilizando energía solar
fotovoltaica en el fundo franklin, distrito de olmos,
provincia y departamento de Lambayeque”**

Presentado Por:

Br. Quiroz Zamora, Leonaldo

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : Dr. Daniel Carranza Montenegro

SECRETARIO: Ing. Hector Antonio Oviden Nuñez

MIEMBRO : Ing. Robinson Tapia Asenjo

ASESOR : Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

**Lambayeque – Perú
2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

Facultad de Ingeniería Mecánica Y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

“Sistema de riego tecnificado utilizando energía solar fotovoltaica en el fundo franklin, distrito de olmos, provincia y departamento de Lambayeque”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPITULO VII: ANEXOS, PLANOS Y OTROS.

AUTOR: Bach. Quiroz Zamora, Leonaldo

Dr. Daniel Carranza Montenegro
PRESIDENTE

Ing. Hector Antonio Oliden Núñez
SECRETARIO

Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO

Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
ASESOR

Lambayeque – Perú
2023

DEDICATORIA

A mis queridos padres Teobaldo Quiroz Espinal y Nélida Zamora Ramírez por su apoyo incondicional que me han brindado, así como su amor y dedicación proporcionado, lo cual me sirvió para poder realizarme como persona, porque sin ellos no lo hubiera hecho posible, gracias totales.

A mi hija Kathaleya Quiroz Carrasco y Esposa Yuliana Carrasco Carrasco por ser el motivo y razón para poder seguir adelante cada día.

A mis hermanos/as, en especial a mi Hermana Miguelina Quiroz Zamora por su enorme apoyo incondicional dentro de mi vida. Gracias por haber compartido conmigo tantos momentos felices.

AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecido con Dios, por darme cada día de mi vida, por haber otorgado a mi persona tener una maravillosa familia, que siempre han estado para mí, en ellos eh tenido un gran ejemplo de lo que es superación, humildad y sacrificio; con sus enseñanzas yo pude lograr valorar lo que tengo. Les dedico a toda mi familia el presente trabajo de investigación, gracias a ellos logre este deseo de superación y de triunfo en la vida. Gracias a su contribución logre este gran paso en mi vida. Se que contare con su apoyo incondicional siempre.

RESUMEN

Dentro del presente Examen de Suficiencia Profesional se establece como objetivo el desarrollo y la futura implementación de un sistema de riego por goteo fotovoltaica capaz de satisfacer el cultivo de plantas de mangos dentro del fundo “Franklin”.

En general, la estrategia de dimensionamiento que se aplica a estos sistemas se establece y está orientada a satisfacer la demanda de agua tomando como base el mes más desfavorable, debido a que dentro de este mes la relación entre oferta y demanda de energía es más importante y se dispone poca cantidad de energía solar. Por lo tanto, las obras de riego local están diseñadas para enfocarse en operar durante los meses que abarca la campaña de riego, y para el resto del año permanecerá en estado inactivo, por ello el subsistema de producción estará sobrecargado. Considerando el dimensionamiento acorde a la estrategia de máxima recuperación de energía nos da como resultado una potencia de captación menor y, por tanto, menores costes. Sin embargo, existe separación en muchos casos entre oferta y demanda de energía mediante la instalación de sistemas de riego que requieren energía almacenada estacionalmente, mediante el almacenamiento de agua en un depósito elevado o mediante el uso de baterías electroquímicas. El uso de baterías conduce a una menor confiabilidad del sistema, mayores costos y mayor mantenimiento, por lo que, en lo posible, se opta por el almacenamiento de agua en un tanque de almacenamiento aéreo, con la inversión que implica su construcción.

Con el fin de encontrar una posible solución al presente problema, se desarrolló el presente proyecto aplicando una metodología para poder realizar el correcto diseño de una instalación de riego fotovoltaico en la cual, debe ser aplicada una estrategia que pueda generar la máxima captación de energía, para ello se dispone de un suelo que será utilizado como un sistema secundario de acumulación principal de energía, lo cual minimiza el uso de baterías para el sistema y reducir el tamaño del mismo subsistema de generación. Se propone un riego simultáneo con este modelo utilizando varios campos diferentes para satisfacer la demanda energética con la variación de la radiación solar disponible.

La metodología se materializó en el diseño y dimensionamiento de un sistema de riego por goteo con energía solar fotovoltaica en una parcela de 2,18 hectáreas de plantaciones de mango en el distrito de Olmos y provincia de Lambayeque, demostrando la factibilidad al emplear esta técnica como lo es el uso de la tierra siendo un subsistema de

almacenamiento de energía primaria. Al ser analizadas las condiciones internas y externas del proyecto como también se ha realizado todos los estudios necesarios, todas las instalaciones deben permitir un correcto funcionamiento para el sistema a estudiar el cual se basa en el riego fotovoltaico, para lo cual se debe disponer sin ninguna limitación todas las necesidades hídricas para los cultivos de la zona estudiada.

Dentro del **Capítulo II** se expone de un marco teórico para la presente investigación, dentro del marco teórico se logra explicar de manera resumida todas las posibles características teóricas generales como también se expone todo lo necesario para poder llegar a comprender el tema de estudio y lo necesario en cuanto a componentes de los sistemas a implementar como es un sistema con energía fotovoltaica relacionados con los sistemas de bombeo.

Dentro del **Capítulo III** Se logra dar a conocer un marco metodológico, para poder realizar una discusión para los aspectos que son el tipo y diseño del sistema, también se considera dentro lo que es la población y la muestra del proyecto, se empieza a formular la hipótesis de investigación, como también se considera otros conceptos generales.

Además, en el **Capítulo IV** se expone una propuesta de investigación como también se hace una breve descripción del sistema propuesto.

Dentro del **Capítulo V** se describen y también se empiezan realizar los cálculos que son necesarios para lograr determinar el correcto dimensionamiento del sistema de bombeo considerando que también será un sistema fotovoltaico, para lo cual se calcula inicialmente la demanda necesaria de agua del terreno de cultivo hasta lo que es el diseño agronómico determinando así el caudal de diseño de nuestro sistema; seguido se pasara a dimensionar la altura total, y con los datos de la irradiancia solar dentro de la zona de cultivo o dentro de la zona donde se va a instalar, se procede a determinar los componentes para realizar el sistema a implementar. Se concluye realizando un análisis económico-financiero del proyecto.

Por último, para el **Capítulo VI** se enuncian las conclusiones de la investigación y para luego dar una serie de recomendaciones con base en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

Los planos y especificaciones técnicas de los componentes utilizados se agregan en los anexos, esto de acuerdo al mercado nacional e internacional de componentes.

Palabras clave: Riego, fotovoltaica, energía, simultaneo, irradiancia, plantaciones

ABSTRACT

Within this Professional Proficiency Examination, the development and future implementation of a photovoltaic drip irrigation system capable of satisfying the cultivation of mango plants within the "Franklin" farm is established as an objective.

In general, the sizing strategy that is applied to these systems is established and is aimed at satisfying the demand for water based on the most unfavorable month, because within this month the relationship between energy supply and demand is more important. and little amount of solar energy is available. Therefore, the local irrigation works are designed to focus on operating during the months covered by the irrigation campaign, and for the rest of the year they will remain in an inactive state, therefore the production subsystem will be overloaded. Considering the dimensioning according to the maximum energy recovery strategy, the result is a lower capture power and, therefore, lower costs. However, there is separation in many cases between energy supply and demand through the installation of irrigation systems that require seasonally stored energy, through the storage of water in an elevated reservoir or through the use of electrochemical batteries. The use of batteries leads to a lower reliability of the system, higher costs and higher maintenance, so, whenever possible, the storage of water in an aerial storage tank is chosen, with the investment that its construction implies.

In order to find a possible solution to the present problem, the present project was developed applying a methodology to be able to carry out the correct design of a photovoltaic irrigation installation in which a strategy that can generate the maximum energy capture must be applied. For this, there is a floor that will be used as a secondary system for the main energy accumulation, which minimizes the use of batteries for the system and reduces the size of the generation subsystem itself. Simultaneous irrigation is proposed with this model using several different fields to satisfy the energy demand with the variation of the available solar radiation.

The methodology materialized in the design and sizing of a drip irrigation system with photovoltaic solar energy in a plot of 2.18 hectares of mango plantations in the district of Olmos and province of Lambayeque, demonstrating the feasibility of using this technique as it is the use of the land being a primary energy storage subsystem. When the internal and external conditions of the project are analyzed, as well as all the necessary studies have been carried out, all the facilities must allow a correct functioning for the system to be studied,

which is based on photovoltaic irrigation, for which it must be arranged without any limitation all water needs for crops in the area studied.

Within Chapter II a theoretical framework for the present investigation is exposed, within the theoretical framework it is possible to explain in a summarized way all the possible general theoretical characteristics as well as everything necessary to be able to understand the subject of study and what is necessary. in terms of components of the systems to be implemented, such as a system with photovoltaic energy related to pumping systems.

Within Chapter III, it is possible to present a methodological framework, in order to carry out a discussion for the aspects that are the type and design of the system, it is also considered within what is the population and the sample of the project, it begins to formulate the research hypothesis, as well as other general concepts are considered.

In addition, in Chapter IV a research proposal is presented as well as a brief description of the proposed system.

Chapter V describes and also begins to make the calculations that are necessary to determine the correct dimensioning of the pumping system considering that it will also be a photovoltaic system, for which the necessary demand for water from the farmland is initially calculated until what is the agronomic design thus determining the design flow of our system; Then the total height will be dimensioned, and with the solar irradiance data within the cultivation area or within the area where it will be installed, the components to make the system to be implemented are determined. It concludes with an economic-financial analysis of the project.

Finally, for Chapter VI, the conclusions of the investigation are stated and then a series of recommendations are given based on the results obtained in the previous chapters.

The plans and technical specifications of the components used are added in the annexes, according to the national and international market of components.

Keywords: Irrigation, photovoltaic, energy, simultaneous, irradiance, plantations.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6. OBJETIVOS.....	3
1.6.1. Objetivo General	3
1.6.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MANGO	7
2.2.1. Origen.....	7
2.2.2. Clasificación Taxonómica.....	7
2.2.3. Morfología de la planta de mango.....	8
2.2.4. Requerimientos Agroclimáticos del mango	8
2.2.4.1. Temperatura.....	8
2.2.4.2. Humedad relativa.....	8
2.2.4.3. Suelo	9
2.2.5. Manejo Agronómico	9
2.2.5.1. Siembra.....	9
2.2.5.2. Injerto.....	9
2.2.5.3. Época de Siembra	10
2.2.5.4. Distanciamientos de Siembra.	10
2.2.5.5. Poda	10
2.2.5.6. Fertilización	10
2.2.5.7. Recolección	11

2.2.5.8.	Coeficiente biológico para el cultivo de mango (Kc).....	12
2.3.	ENERGÍA SOLAR.....	15
2.3.1.	Energía solar en el mundo	15
2.3.2.	Energía solar en el Perú.....	15
2.3.3.	Energía solar en Lambayeque	16
2.4.	RADIACIÓN SOLAR.....	18
2.4.1.	Tipos de radiación	19
2.4.2.	Medición de radiación Solar.....	20
2.4.3.	Horas de Sol Pico (HSP)	23
2.5.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	24
2.5.1.	Elementos de un sistema fotovoltaico	25
2.5.2.	Condiciones de instalación de módulos solares	42
2.5.3.	Ventajas y desventajas.....	44
2.5.4.	Aplicaciones autónomas.....	45
2.5.1.	BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO	47
2.5.2.	Configuraciones Típicas de Sistema de Bombeo Fotovoltaico	47
2.5.2.1.	Bombeo con Motores cc	48
2.5.2.2.	Bombeo con Motores ac	49
2.5.3.	Dimensionado de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico.....	49
1.	Evaluación de la demanda de energía hidroeléctrica.	49
2.	Evaluación de la energía solar existente.....	50
3.	Selección del grupo de motor de bomba requerido.....	50
2.6.	Generalidades del Sistema de Riego.....	50
2.6.1.	Riego por goteo	50
2.6.1.1.	Eficiencia	50
2.6.1.2.	Ventajas	51
2.6.1.3.	Inconvenientes	51
2.6.2.	Componentes necesarios para la instalación del riego por goteo.....	52
2.6.2.1.	Cabezal de riego	52
2.6.2.2.	Equipo de filtración	52
2.6.2.3.	Sistema de filtrado	53
2.6.2.4.	Goteros.....	59
2.6.2.5.	Tuberías	60
2.6.2.6.	Red de distribución.....	61
2.6.2.7.	Válvulas	62

2.7. EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.1. Inversión.....	65
2.7.2. Horizonte de evaluación.....	65
2.7.3. Tasa de interés.....	66
2.7.4. Flujos de Cajas.....	66
2.7.5. Indicadores.....	66
2.8. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA.....	68
CAPÍTULO III.....	71
MARCO METODOLÓGICO.....	71
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	72
3.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	72
3.4. VARIABLES- OPERACIONALIZACIÓN.....	72
3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	74
3.5.1. Métodos de investigación.....	74
3.5.2. Técnicas de investigación.....	74
3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	75
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	75
CAPITULO IV.....	76
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	76
4.1. PROPUESTA DE ESTUDIO.....	76
4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	78
CAPITULO V.....	79
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	79
5.1. DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA.....	79
5.1.1. Introducción al cálculo.....	79
5.1.2. Características y Ubicación del terreno.....	79
5.1.3. Tipo de cultivo y redes de distribución.....	80
5.1.4. Demanda de agua.....	82
5.1.4.1. El Método Fao Penman – Monteith.....	82
5.1.4.2. Factores Meteorológicos que determinan la ET_0	83
a) Radiación Solar.....	83
b) Temperatura del aire.....	84
c) Humedad del aire.....	84

d) Velocidad del viento	84
5.1.4.3. Estrategia del mes “más desfavorable”	85
5.1.4.4. Necesidad de agua	85
5.1.4.5. Efecto de localización.....	91
5.1.4.6. Efecto de las condiciones climáticas	91
5.1.4.7. Necesidades de lavado por aguas salinas (<i>KI</i>):.....	92
5.1.4.8. Necesidades diarias de agua de la planta.....	92
5.1.4.9. Número de gotero por planta	93
5.1.4.10. Tiempo de riego.....	94
5.1.4.11. Número de Sectores.....	94
5.1.4.12. Caudal de Bombeo.....	95
5.1.4.13. Resumen de cálculo	95
5.2. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS Y DERIVACIONES	97
5.3. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA INSTALACIÓN	101
5.4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO	112
5.1.5. Energía hidráulica necesaria por mes (<i>Eh</i>).....	116
5.1.6. Mes condicionante.....	120
5.1.7. Determinación de la potencia del campo fotovoltaico	121
5.1.8. Selección de la bomba.....	124
5.1.9. Selección del Inversor	126
5.1.10. Cálculo del arreglo del campo fotovoltaico.....	126
5.1.11. Configuración de la instalación fotovoltaica	128
5.1.12. Volumen de agua bombeada al año	128
5.1.13. Cálculo de sección del conductor alimentador	129
5.5. ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO	131
5.6.1. Inversión y estructura del financiamiento	131
5.6.2. Flujo de caja proyectado.....	134
5.6.3. Rentabilidad del proyecto.....	136
5.6.4. Valor Actual Neto (VAN)	137
5.6.5. Tasa Interna de Retorno (TIR)	137
5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	138
CAPÍTULO VI.....	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
6.1. CONCLUSIONES	139
6.2. RECOMENDACIONES	141

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
ANEXOS.....	145

INTRODUCCIÓN

Dentro del territorio nacional existen zonas sin acceso a la red eléctrica debido a su ubicación y alto costo de implementación de la red eléctrica, una posible solución a este problema es el uso de energía solar fotovoltaica, para el sector agrícola se puede emplear esta energía para alimentar sistemas de riego localizado de alta frecuencia. Sin embargo, se presenta una serie de problemas entre la oferta y la demanda energética debido a la acumulación de la energía generada del sistema fotovoltaico.

Para poder desarrollar este proyecto se ha utilizado una metodología en base al diseño de instalaciones de riego que son alimentadas por un sistema fotovoltaico, para lo cual se debe seguir una estrategia de diseño en base a la máxima captación de energía posible, por ello se debe emplear al suelo como un principal subsistema de acumulación del sistema. También se propone el riego para un número exacto de sectores de manera simultánea, se considera el riego de manera aislada solo con el fin de lograr asimilar la demanda energética presente por las variaciones de radiación solar disponible.

Para disponer de un sistema fotovoltaico se requiere de un numero de componentes extenso por eso se presenta dentro de la investigación de forma resumida el correcto dimensionamiento del diseño de un sistema fotovoltaico que sea capaz de accionar un motor-bomba, teniendo en cuenta que debe permitir el riego de una parcela de 2,18 Hectáreas aproximadamente destinadas para la siembra de plantas de mango. El fin es lograr implementar este sistema de forma autónoma para que sea capaz de reemplazar la utilización de combustibles fósiles, el cual es la forma de alimentación de los sistemas convencionales. Esta implementación permitirá la optimización del riego y disminución de CO₂ hacia la atmosfera, como también se contribuye con el cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La zona de estudio en la cual se implementará nuestro sistema de bombeo para propósitos de implementar riego tecnificado se encuentra ubicado en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque; en la actualidad se cuenta con un sistema de riego para esta parcela el cual se hace parcialmente mediante una motobomba, la cual alimenta eléctricamente a una bomba sumergible, la cual es insuficiente para regar las 6 Has que requiere de agua. Se tiene instaladas algunas mangueras para el goteo a una parte del cultivo. Se dispone de redes eléctricas en media tensión, pero por su lejanía y los costos de implementación de las redes de distribución prácticamente hacen inviables su construcción por lo que en el presente estudio se propone la implementación de un sistema de bombeo alimentado con módulos fotovoltaicos. El principal problema de este sistema es su relativo alto costo de inversión, el mismo que en el tiempo puede resultar rentable por el bajo mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.

Dentro de una parte de la parcela se encuentra implementado una plantación de mangos en regadío en aproximadamente un área de 2 ha con una extensión a futuro de 6 ha. Cuenta con plántones de mango con un marco de plantación intensivo de 8x8 m (8 m entre mangos y en las paralelas), ascendiendo la superficie cultivada a 2 hectáreas aproximadamente.

Siendo el servicio eléctrico una necesidad primordial en muchas familias de nuestra región y país, se propuso al propietario del fundo aprovechar la generación de

electricidad haciendo uso de energías renovables, como lo es la energía solar ya que se pudo observar que en la zona existe una relativa buena radiación solar.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El uso de la energía solar será viable técnica y económica para el funcionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego tecnificado en reemplazo del sistema de bombeo con motor de combustión?

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el fundo “Franklin” ubicado en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque.

El fundo “Franklin” es una parcela de aproximadamente 11 hectáreas, donde se cultivará mangos y otros productos, siendo el área destinada a este producto de hasta 6 hectáreas.

La duración de la investigación fue en un tiempo de 4 meses, en la que participaron el dueño del fundo y el autor del presente trabajo de investigación.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación tiene justificación debido a que actualmente diversas localizaciones dentro de nuestro departamento; sigue en uso las formas poco eficientes de riego para sus parcelas con ello se van formando sobrecostos y generando problemas con el suelo en sus parcelas, estos problemas se evidencian como la salinización de estas. Actualmente es conocido el sistema de riego para la plantación de estudio haciéndose con riego con motobomba, siendo un método muy costoso de trabajo sin tener en cuenta el impacto ambiental de los gases de combustión producto de su operación. Este método de riego tiene por desventajas que se requiere más costos de operación del sistema dado los altos costos del combustible (gasolina) en la actualidad.

A este problema no se le está dando la debida importancia porque en su mayoría se desconoce las diferentes formas alternativas de generar electricidad para el uso en riego tecnificado; más aún el uso de energías renovables como una manera de aprovecharlas para satisfacer esta necesidad.

Es así que el presente trabajo de investigación contribuirá con el desarrollo socioeconómico de los propietarios del fundo “Franklin”, mejorando su calidad de vida.

Así mismo este trabajo de investigación servirá como una guía para los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, el cual les permitirá motivarse en la investigación de energías renovables y así ampliar sus conocimientos.

Además, el desarrollo del presente proyecto permitirá al autor en lo personal cumplir con una etapa más de su formación profesional, como es obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Hay una falta de información relevante sobre los datos de demanda de agua de cultivos incluidos, que se requieren para el dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Dimensionar un sistema de riego de bombeo alimentado por un sistema fotovoltaico (SFV) del tipo autónomo considerando la amplitud de la zona de

cultivo la cual es 2.18 hectáreas de cultivo de mango dentro del fundo “Franklin”, distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Estimar los valores para la radiación solar dentro del área de influencia de la zona de cultivo utilizando datos meteorológicos.
- b) Realizar el cálculo de las necesidades hídricas para la plantación de mangos.
- c) Dimensionar el sistema de bombeo y la cantidad de módulos fotovoltaicos requeridos para la plantación.
- d) Estimar la rentabilidad y los beneficios del proyecto mediante análisis económicos.
- e) Calcular los costos necesarios para la implementación del proyecto, así como también su rentabilidad económica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Contexto Internacional

En la actualidad se han realizado diferentes proyectos con cierta relación con nuestro objeto de estudio, debido a que la utilización de paneles solares en la actualidad es amplia y una forma de aplicarla es para el riego tecnificado lo cual lo hace de manera eficiente y adecuándose a la zona proyectada.

En el ámbito internacional **Cando y Yugsi (2018)**; en su investigación de tesis para ingeniería titulada “*DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO*” los autores buscan reducir el consumo de combustibles fósiles al agrandar el alcance de los servicios eléctricos para zonas rurales.

Establecen que para la localidad de Latacunga el mes de septiembre es el mes con la menor cantidad de radiación solar que se puede obtener siendo un promedio diario dentro del mes el valor de $344,77 \text{ W/m}^2$. Con este valor se logra dentro de su estudio el diseño del sistema fotovoltaico el cual es de 3kW.

Dentro de otro estudio de **Rodríguez y Ulcuango (2018)** que lleva por título “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI*”; su principal problema radica en el sistema de goteo y se busca solucionar este problema acorde a las necesidades del invernadero por ello

es necesario dimensionar correctamente los equipos para su correcta distribución del riego por goteo.

Dentro de este estudio se puede controlar el suministro de agua como también la temperatura del propio invernadero.

Contexto Nacional

Pedro Mesones (2019); en su estudio denominado “DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED PARA EL RESTAURANTE “EL ZARCO” UBICADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA” determina que la máxima demanda dentro de su estudio fue 9 881 W esto dejando en claro que la energía que consume su sistema por día es de 91 842 kWh/día. Para este proyecto es necesario realizar una inversión de S/ 46,631.70 esta inversión es elevada dentro del presente ámbito de energía solar. Resultando en la evaluación económica: VAN asciende el valor de S/6 362.75 y TIR resulta ser 16%.

Contexto Local

En el contexto local, dentro del departamento de Lambayeque **Juan Plasencia (2018)**; en su investigación “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A RED DE 4.5 KW EN EL COMPLEJO POLICIAL LA DESPENSA -EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”; proporciona un estudio estimado de la cantidad de energía que es generada dentro del distrito de José Leonardo Ortiz, los valores mínimos y máximos fueron 597 840 Wh/mes y 775 920 Wh/mes respectivamente. Para el autor le resulto rentable la inversión y con un periodo de recuperación de por lo menos 9 años según los indicadores financieros los cuales fueron VAN el valor de S/97.09 y TIR el 10.52%.

2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MANGO

2.2.1. Origen

Su nombre es Mango dentro del territorio peruano, no se sabe de dónde fue oriundo con exactitud, pero se estima que el árbol de mango se originó al pie de los Himalayas que corresponden a India y Myanmar. El cultivo de mangos más antiguo que se conoce se remonta a más de 5.000 años en el sur de la India Myanmar y las Islas Andamán (un archipiélago en la Bahía de Bengala).



Figura 1: Fruto del mango

Fuente: Quiz Club

2.2.2. Clasificación Taxonómica

El mango perteneciente a la familia de las Anacardaceae y se presenta a continuación la clasificación taxonómica de esta especie de estudio:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Subdivisión: Magnoliophytina
Clase: Rosidae
Orden: Sapindales
Familia: Anacardaceae
Género: Mangifera
Especie: Mangifera

2.2.3. Morfología de la planta de mango

Planta: el árbol del mango logra alcanzar una altura de aproximadamente entre 0.6-2 m y como también desarrolla una copa perenne en forma de cúpula. Esta forma y densidad de la copa tiene variaciones según la forma de cultivo.

Sistema radicular: El mango cuenta con una raíz principal de larga extensión la cual se ramifica entre dos y cuatro raíces profundas que pueden tener hasta 6 m de longitud. Las raíces secundarias del mango se encuentran en el primer metro de profundidad y se extienden dependiendo del diámetro de la copa.

Hojas: Las hojas son del tipo simples, carecen de estipulas, alternas, con pecíolos de 1-12 centímetros de largo. Forma y tamaños variables, generalmente oblongas, con extremidades redondeadas a acuminadas.

Fruto: El fruto del mango es una drupa, carnosa con una sola semilla incluida en un endocarpio coriáceo. Pueden ser altamente variables en forma, color, gusto, y textura de la carne según las variedades. Su forma varía de redonda, a ovalada, oblonga, o alargada y con una depresión lateral variable.

2.2.4. Requerimientos Agroclimáticos del mango

2.2.4.1. Temperatura

El rango establecido es de 19,7 a 33,4°C, considerando que descendieron en las zonas de Olmos (hasta en -1,8°C). Por ello la temperatura dependerá de la variedad de la zona de estudio

2.2.4.2. Humedad relativa

Para este tipo de cultivo se necesita disponer de una humedad ambiental alta para toda la época del año, esto incluye tiempos de sequías. Considerar que se debe controlar la humedad ambiental para evitar volver al terreno fungoso.

2.2.4.3. Suelo

Se puede considerar que este frutal se adapta mejor a los suelos profundos de textura media. Todo dependiendo de su sistema de drenaje.

Ahora bien, se recomienda los suelos de textura ligera, profundos, bien drenados con un PH neutro o ligeramente ácidos (6,0 a 8,0).

2.2.5. Manejo Agronómico

2.2.5.1. Siembra

El mango se puede sembrar a partir de una semilla o por injerto. Cuando es por semilla no se recomienda que sea para fines comerciales porque ocurre una variabilidad en la producción como en la calidad de fruto.

Al utilizar la técnica por injerto se puede obtener arboles uniformes lo que asegura reproducir las variedades seleccionadas para cultivo comercial.

2.2.5.2. Injerto.

La mejor opción de realizar esta operación es dentro de un vivero, pero se puede realizar también dentro el sitio definido por el propietario para la plantación. Para poder realizar el injerto se requiere que el tallo de la planta que se seleccionara como patrón tenga 1 cm de diámetro, esto sucede después de 6 meses de la siembra aproximadamente como también se requiere que este a 10 cm de la base. Este proceso se realiza en un lugar fresco y con buena presencia de aire pues así logra una buena unión vascular entre el patrón y el injerto.

Después de pegado el injerto, de veintidós a treinta días después de su finalización se comienza a retirar la parte superior del patrón. Esto se hace gradualmente hasta la implantación.

2.2.5.3. Época de Siembra

El inicio de lluvias es la época más recomendable para iniciar la siembra del cultivo esto con la finalidad de poder hacer que las plantas tengan un crecimiento considerable, pese a ello se puede sembrar en otro momento si se dispone de suficiente agua.

2.2.5.4. Distanciamientos de Siembra.

Debido al vigor y al habito de crecimiento para la plantación los marcos de plantación vendrán condicionados por el tipo de suelo y la topografía y por las condiciones ambientales imperantes dentro de la zona requerida. Se considerará que cuando se encuentre a menor altura o en un estado de mayor fertilidad las distancias que se tomaran deben ser las mayores. Para un proyecto de este tipo las distancias varían entre 7 m. x 9 m. a 10 m. x 12 m.

2.2.5.5. Poda

Este tipo de árbol no requiere poda para su formación, se conoce que para sus primeros tres años de desarrollo requieren poca atención en cuando a poda se trata, pero luego se debe tratar con cuidado para que el trabajo de cultivo y cosecha sea más fácil.

2.2.5.6. Fertilización

Se podrá determinar la cantidad de fertilizante necesaria que se puede agregar a los árboles de palta para ello se debe realizar un estudio de

suelo aproximadamente cada tres años antes de cada siembra además se deberá realizar un análisis foliar anualmente. Con los resultados de los análisis se indicará la cantidad de nutrientes en el suelo y en las plantas, analizando si son satisfactorios.

Las sugerencias a tomar en cuenta son las siguientes:

- ✓ Para el trasplante: se debe usar aproximadamente 250 gramos de un fertilizante cuya composición sea predominante en fósforo (Puede ser el de la fórmula 10-30-10).
- ✓ Se considerará los años del árbol, por ello se usará 01 kg de un fertilizante que debe ser abundante en nitrógeno y potasio (puede usarse el de la fórmula 18-5-15-6-2), se podrá repartir durante todo el año en tres ocasiones una debe ser cuando comienzan la época de lluvias y las restantes cada dos meses. Es importante aclarar que se establece que la cantidad máxima de fertilizante es 12 kilos siempre y cuando sea para árboles de 13 años en adelante y si la producción es constante. Se considera que, para aquel árbol entrante en la producción, la cantidad de fertilización nitrogenada debe incrementarse, debido a que es en este período incrementa la demanda de nitrógeno dentro del árbol.

2.2.5.7. Recolección

Se ha normalizado que la primera cosecha comercial debe ocurrir cuando los árboles injertados cumplan cinco años desde su inserción, se condiciona la cantidad de frutos producidos a la variedad elegida a producir y a los tratamientos recibidos de para su desarrollo. La

producción dentro después de los cinco años es de por lo menos 50 frutos y esta cantidad va incrementando conforme pasan los años por ejemplo a los 8 años ochocientos frutos se podrán producir.

Sin embargo, no se puede determinar con exactitud el grado óptimo de madurez del fruto debido a la diversidad de especies del mismo fruto, esto dificulta la recolección de este.

2.2.5.8. Coeficiente biológico para el cultivo de mango (K_c)

Es la relación que tiene la transpiración real del cultivo dividida por la transpiración de referencia (E_{to}). Cuando se utiliza agua suministrada exclusivamente para las necesidades del cultivo, este coeficiente se genera. Existe un valor de K_c para cada cultivo que guarda relación con su etapa de desarrollo, como también se dispone de un valor para la velocidad del viento y la humedad. El valor de K_c cumple con la regla de aumentar desde el momento de la nacencia hasta el tiempo en el que el cultivo alcanza su máximo desarrollo.

2.3. SELECCIÓN DEL METODO DE RIEGO

Se cuenta con métodos tradicionales actualmente en la zona de estudio, siendo los métodos de irrigación usados en su mayoría como:

1. Riego por Gravedad: Este método utiliza la pendiente natural del terreno para permitir que el agua fluya desde una fuente, como un río o un canal, hacia los campos. Se basa en canales de irrigación que distribuyen el agua a lo largo de los cultivos.

2. Riego por Aspersión: En este método, el agua se pulveriza en el aire y cae sobre los cultivos en forma de gotas. Se utilizan aspersores, lanzas o sistemas de riego giratorios para distribuir el agua.

3. Riego por Goteo: En este enfoque, se suministra agua directamente a las raíces de las plantas a través de tuberías y goteros. Es un método eficiente en términos de conservación de agua, ya que se minimiza la evaporación y el escurrimiento.

4. Riego por Surcos: Consiste en inundar los surcos entre las hileras de cultivos con agua. Este método se utiliza principalmente en suelos que retienen bien la humedad.

5. Riego por Almacenamiento de Agua: Implica almacenar agua durante períodos de lluvia en embalses o estanques y luego distribuirla gradualmente a lo largo del tiempo de cultivo.

Dentro de la zona estudiada se riega por el método de riego por goteo conforme a análisis previos realizados por Ortega (2018), esta técnica depende del área bajo riego, coeficiente de uniformidad del gotero, coeficiente de uniformidad de distribución, coeficiente de uniformidad de la emisión, desviación del caudal medio. Lo cual sería la opción que mejor se ajusta a las condiciones debido a que el agua solo se necesitaría llevar a través de las cintas sin necesidad de alterar el terreno. A lo cual el sistema Fotovoltaico sería la opción para alimentar el subsistema de riego, obteniendo los siguientes beneficios:

1. Sostenibilidad: El sistema de riego fotovoltaico utiliza energía renovable y limpia, lo que contribuye a la reducción de emisiones de carbono y al cuidado del medio ambiente.

2. Eficiencia Energética: Al utilizar la energía solar directamente, se evita la necesidad de combustibles fósiles o electricidad de la red, lo que puede resultar en ahorros de costos a largo plazo.

3. Automatización: Los sistemas de riego fotovoltaicos a menudo pueden programarse y controlarse automáticamente, optimizando la cantidad de agua y el momento de riego para maximizar la eficiencia y el crecimiento de los cultivos.

4. Menor Dependencia de Fuentes de Agua: Los sistemas de riego fotovoltaico pueden utilizar aguas subterráneas u otras fuentes alternativas, reduciendo la dependencia de fuentes de agua superficiales que podrían estar sujetas a sequías o limitaciones.

En última instancia, la elección entre métodos tradicionales de riego y sistemas de riego fotovoltaico dependerá de varios factores, como la disponibilidad de recursos, la infraestructura existente, los costos, la ubicación geográfica y las necesidades específicas de los cultivos. En muchos casos, una combinación de enfoques puede ser la mejor opción para lograr un equilibrio entre la eficiencia y la sostenibilidad.

2.4. ENERGÍA SOLAR

2.3.1. Energía solar en el mundo

Conforme se ha incrementado los avances tecnológicos, nuevos retos empiezan a surgir es ahí donde la energía solar fotovoltaica viene a ser un tema requerido debido a que gracias a investigaciones previas su tecnología se ha visto incrementado, esto en beneficio del planeta y del sector eléctrico.

La demanda energética va en incremento conforme se avanza tecnológicamente, dentro de Europa se han visto en incremento de países como España han lograr grandes avances para la tecnología solar en la última década.

Actualmente en el año 2021 El poder acumulativo en el mundo es de aproximadamente 40,000 Mw de acuerdo con los datos de la Asociación Europea de la Industria fotoeléctrica (EPIA), de los cuales 72%, son de aproximadamente 29,000 Mw en la Unión Europea. En los próximos años, se espera que se mantenga el desarrollo continuo de la última década en el mundo.

2.3.2. Energía solar en el Perú

El territorio peruano por su ubicación geográfica goza del recurso energético solar en casi todo el territorio lo cual lo vuelve con amplia disponibilidad para su aplicación. Dentro de las localidades del Perú se puede disponer de energía solar del tipo uniforme para todo el año siendo beneficioso en comparación a otros países, lo cual se ha visto reflejado en varios proyectos por su atractivo uso.

Para el territorio peruano se dispone aproximadamente en el rango de un año alrededor de 4-5 Kw.h/m² día para la región costa, si consideramos la región selva el rango será de 5-6 Kw.h/m² día, estos valores aumentan si la zona es ubicada desde norte a sur. De los resultados se puede decir que para pocos metros cuadrados resulta suficiente satisfacer las necesidades energéticas de una

familia. Ahora se formula como problema la transformación de esta energía solar en energía útil y que sea a un costo aceptable.

Con el uso de paneles solares, se puede transformar la energía solar de manera directa en electricidad. Sin embargo, para la fabricación de los paneles fotovoltaicos se requiere de una alta tecnología y solo países desarrollados cuentan con esta capacidad de producción, pese a esa dificultad la manera de usarlo es sumamente simple y apropiado para la electrificación rural.

2.3.3. Energía solar en Lambayeque

Dentro del departamento de Lambayeque la energía solar solo se aprovecha para alumbrado domiciliario y electrodomésticos básicos que no requieren de mucha carga, lo cual se resume en un aprovechamiento individual y esto sucede para domicilios aislados donde concesionarias no logran llegar todavía.

La Energía Fotovoltaica, logra convertir directamente la luz solar en electricidad debido al efecto fotoeléctrico del silicio (material que compone los módulos fotovoltaicos).

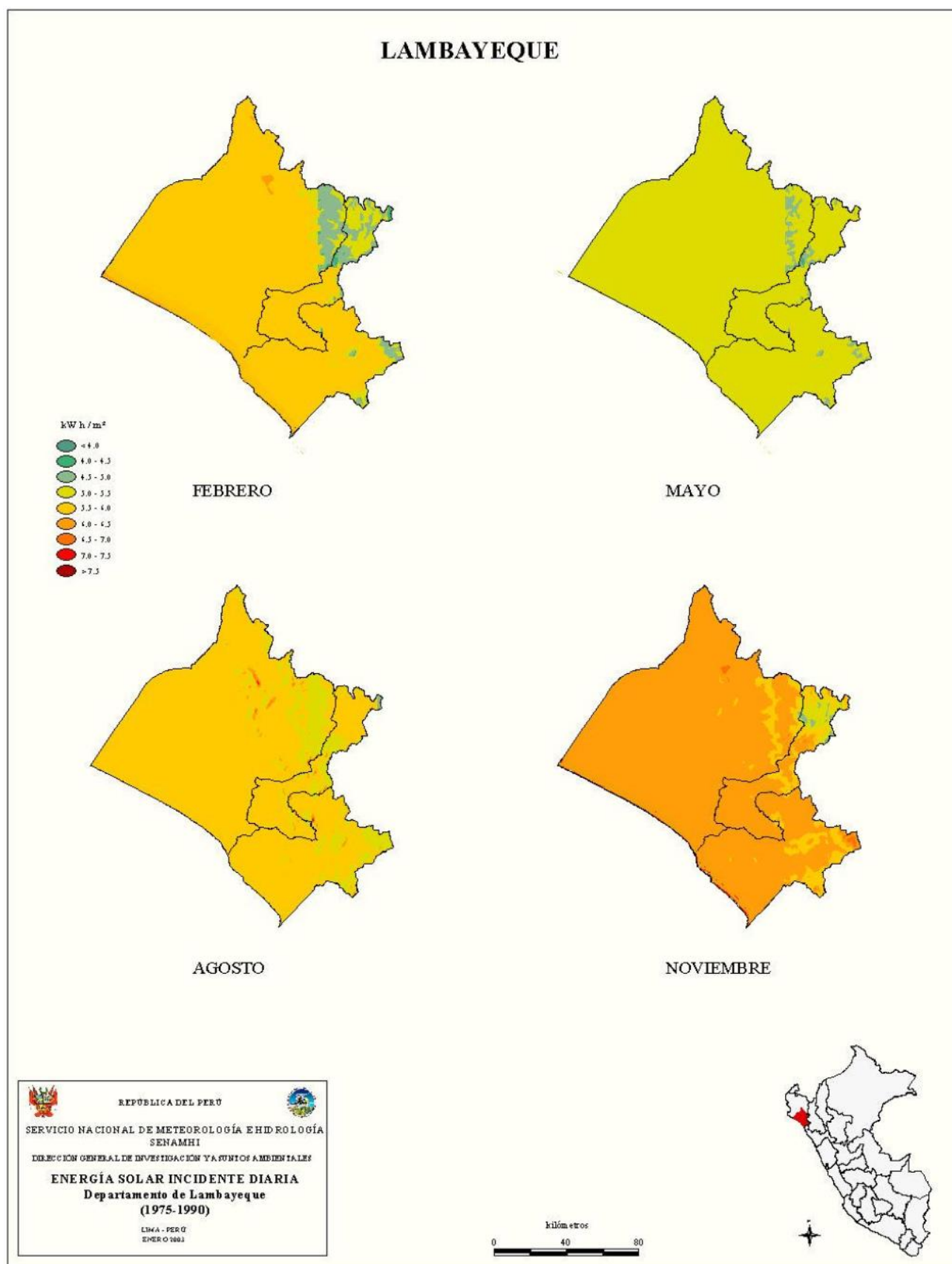


Figura 2: Atlas solar del Perú – Departamento Lambayeque.

2.5. RADIACIÓN SOLAR

Es el término que toma la agrupación de radiaciones electromagnéticas las cuales son proporcionadas por el propio Sol debido a que este tiene un comportamiento como si de un Cuerpo negro se tratase pues emite energía a una temperatura de unos 6000 K. La distribución de la radiación solar abarca desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Sin embargo, se sabe que no toda la radiación emitida por el sol logra alcanzar la superficie de la Tierra, esto gracias a que las ondas ultravioletas tienen la tendencia a ser de naturaleza cortas, lo cual hace que sean absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La irradiancia es la magnitud con la cual se mide la radiación solar que llega a la Tierra, esta se mide por unidad de tiempo y área (W/m^2 : vatio por metro cuadrado).

Se puede decir que la palabra radiación se debe aplicar para un cuerpo que radia en diferencia a la palabra irradiación pues este se refiere al objeto que debe ser expuesto a la radiación. Es entonces que podemos inferir de manera directa que la superficie terrestre es en términos correctos irradiada mientras que los mapas y tablas de datos muestra los resultados de la irradiación solar, pese a eso es comúnmente llamado en general el término radiación.

La irradiancia o exposición radiante son en conclusión las cantidades de radiación. A continuación, se presenta una tabla con los datos de conversión de unidades para la irradiación:

Tabla 1: Cuadro de conversión de unidades.

Unidad de origen	Factor de corrección multiplicar por	Unidad de destino
kW h/m ²	85984194	cal/cm ²
	3,6	MJ/m ²
MJ/m ²	277,777778	W h/m ²
J/cm ²	2,777778	W h/m ²
	0,238845	cal/cm ²
kJ/m ²	0,023884 5	cal/cm ²
J/m ²	0,000277778	W h/m ²
Ly = cal/cm ²	11622447	W h/m ²
	0,041868 2	MJ/m ²

Fuente: Atlas de Energía Solar

Los Valores de Radiación solar a nivel extraterrestre se tomarán de base del estudio de (Allen et al., 1998), estos valores son medidos en mm/día como se puede apreciar en la tabla 7.

2.4.1. Tipos de radiación

La radiación solar se puede distinguir por cómo la perciben los objetos que se encuentran en la superficie terrestre, los tipos de radiación considerados se presentan a continuación.

Radiación de manera directa:

Se cundiera a la forma en la que los rayos provenientes del sol impactan en la superficie de la tierra sin importar su are ni el tiempo.

Radiación difusa:

Es el tipo de radiación que proviene de todas direcciones las cuales son distintas a las del disco solar, esto gracias a lo permitido por la reflexión y dispersión que son producto de la radiación solar como también de la atmósfera.

Radiación reflejada:

La relación de la radiación solar captada de manera directa y difusa gracias a que fue reflejada por la superficie terrestre.

Radiación global:

Se considera a toda la radiación y esto se calcula gracias a la suma de las tres radiaciones anteriormente expuestas.

Cuando se tiene presencia de superficies que son reflectantes, ayudara a que la radiación reflejada sea mayor, esto ocurre en países donde se encuentra nieve por ser de colores claros por la absorción del suelo.



Figura 3 Tipos de radiación

Fuente: SunFields 2021

“La radiación emitida por el Sol se distribuye en un amplio espectro de longitudes de onda comprendida entre 0,2 y 3,0 μm , con una distribución espectral muy similar a la producida por un cuerpo negro a 5 777 K” (Larrañeta, 2016).

2.4.2. Medición de radiación Solar

Existen diversos instrumentos para medir la radiación solar los cuales ayudan a la hora de seleccionar la ubicación de los módulos fotovoltaicos, se pueden encontrar de acuerdo con los siguientes criterios:

Medición para radiación directa:

Para poder realizar la correcta medición se utiliza de un pirheliómetro, debido a que este instrumento es capaz de medir la radiación solar mediante la concentración de un punto de luz. Para su funcionamiento estos instrumentos utilizan termopilas cuya función son detectores y hacen una base de datos continua de la radiación solar.



Figura 4 Pirheliómetro de radiación solar directa

Fuente: SENSOVANT

Medición para la radiación difusa:

Se podrá medir a través de instrumentos denominados piranómetros, debido a que estos eliminan la variable directa de la radiación que logra incidir sobre el sensor para su detección, para ello la acumulación que debe tener el sistema, para lo cual evite la radiación solar de forma directa del mismo instrumento el cual debe estar conformado por una banda para lograr este propósito.



Figura 5 Piranómetro sistema incorporado de banda de sombra

Fuente: Rumtor

Medida de la radiación global:

Se logrará medir a través de un Solarímetro, gracias a que este es un dispositivo capaz de contabilizar la radiación solar global dividida en difusa y directa, las cuales se reciben en todos los sentidos posibles sin embargo es usado para superficies horizontales de preferencia. Al ser un instrumento sencillo no se requerirá para su uso mecanismos de seguimiento solar.



Figura 6 Solarímetro HE20K

Fuente: CAE innovation for a safer world

2.4.3. Horas de Sol Pico (HSP)

Es el término que hace referencia al número de horas por día para que la insolación proporcione valores de 1000 Watt en un área de (01) un m^2 durante un día. La similitud entre la irradiancia y las horas sol pico radica en la notación de sus unidades debido a que esta se puede expresar en $Kw.h/m^2$. Gracias a ello se puede estimar las pérdidas de potencia producidas dentro de los paneles fotovoltaicos.

Se expondrá a continuación dos gráficos para situaciones donde se considera presencia de lluvia y sin presencia de lluvia, como también este grafico se divide en ciertas horas durante el día lo que ayudará a entender el concepto de H.S.P.

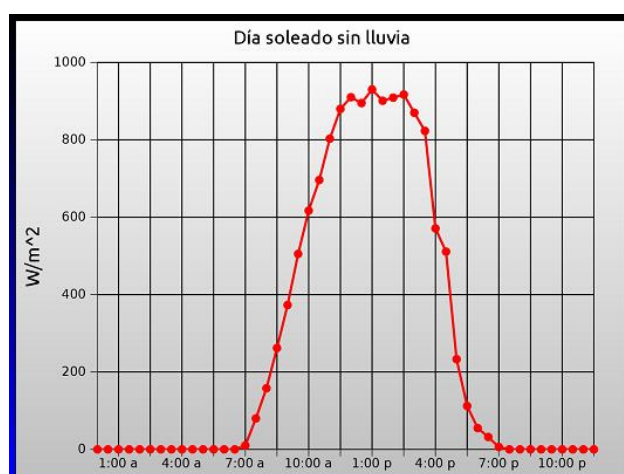


Figura 7 Curva característica para un día sin presencia de lluvia

Fuente: SESLAB



Figura 8 Curva característica para un día con presencia de lluvia

2.6. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para poder transformar la radiación captada por el sol en energía eléctrica es necesario contar con Sistemas Fotovoltaicos (SFV) los cuales son capaces de satisfacer la demanda energética de una amplia variedad de herramientas adaptándose según los requerimientos deseados.

Se define a los Sistemas del tipo Fotovoltaico como una agrupación de dispositivos cuya capacidad es proporcionar electricidad lo cual lo hacen con el fin de cubrir las necesidades requeridas y reemplazando el uso de otras fuentes de energía. Se establece a un Sistema Fotovoltaico (SFV) como la agrupación de diversos dispositivos los cuales en conjunto pueden satisfacer la alta demanda eléctrica impuesta por el usuario solo utilizando el recurso solar.

Se condiciona la generación de energía eléctrica de un SFV acorde a su dimensionamiento como también del recurso solar disponible dentro de la zona de estudio.

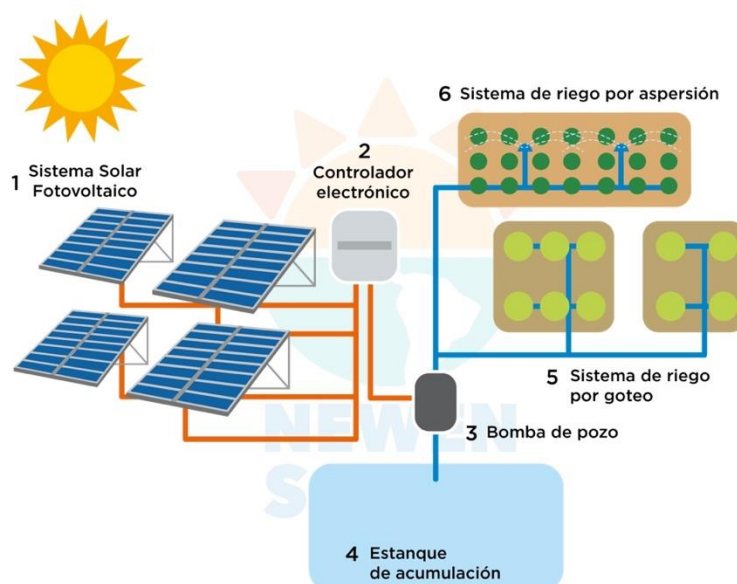


Figura 9 Sistema fotovoltaico para riego tecnificado

2.5.1. Elementos de un sistema fotovoltaico

Se considerará un sistema fotovoltaico del tipo aislado (Sin conexión a red) por lo cual se considerarán los siguientes elementos para su instalación:

2.5.1.1. Generador fotovoltaico

Su función principal es recolectar y transformar la energía captada en energía eléctrica. Su composición es el arreglo de los módulos fotovoltaicos los cuales pueden estar conectados en serie y/o paralelo esto dependiendo el espacio de instalación disponible y con la finalidad de cumplir con generar la energía eléctrica demandada por los usuarios finales.

a) Tipos de celdas

La celda fotovoltaica es la encargada de convertir la energía captada de la radiación solar en energía eléctrica. Se pueden diferenciar según su método de fabricación las celdas:

Celdas del tipo silicio monocristalino:

Al ser de naturaleza densamente cristalina, se logran obtener desde varillas cilíndricas de silicio de tipo monocristalino fabricadas por hornos especializados. La extracción resultante del corte de varillas cilíndricas se realizará en forma de finas láminas cuadradas de aproximadamente 0,5 mm de espesor.

El rendimiento de estas células para un correcto funcionamiento debe ser mayor a 12%.

Celdas de silicio policristalino:

Este tipo de celdas solo se pueden obtener fundiendo piezas de silicio puro utilizando un molde especial. Su proceso consiste en enfriar lentamente piezas de silicio puro en un molde, lo que hace que se solidifiquen porque los átomos no pueden organizarse en un solo cristal.

El comportamiento de los átomos permite obtener una estructura policristalina, que tiene una interfaz entre los cristales. Fabricar estas celdas no requiere mucha inversión en comparación con otros tipos de celdas, pero este tipo de celdas tiene el problema de tener menor eficiencia en comparación con las celdas de silicio cristalino.

El rendimiento de las celdas de silicio policristalino es menor a las de silicio Monocristalino.

b) Curvas características de las celdas fotovoltaicas

Curva de corriente vs tensión (curva I-V):

Para graficar esta curva se necesita que el valor de la corriente en la salida se mantenga uniforme teóricamente esto haciendo que este dentro de los valores del voltaje de operación por ello se le considerara al dispositivo como una fuente de alimentación uniforme para estos valores. La radiación solar incidente, la temperatura del ambiente son los que definirán los parámetros de operación, como también se debe guiar de las cargas conectadas.

Se plantea a continuación una ecuación capaz de representar todos los pares de valores para I/V.

$$I = I_{CC} \left[1 - e^{\frac{-e(V_{CA}-V)}{mKT}} \right] \dots\dots (1)$$

De la ecuación:

Se considera la corriente de cortocircuito (I_{CC}), la tensión de circuito abierto (V_{CA}), la tensión de operación del panel. (V), la carga del electrón (e), un parámetro constructivo de la célula (m) normalmente=1, la constante de Boltzmann (K), temperatura en K (T)

La grafica para la curva I-V será la siguiente:

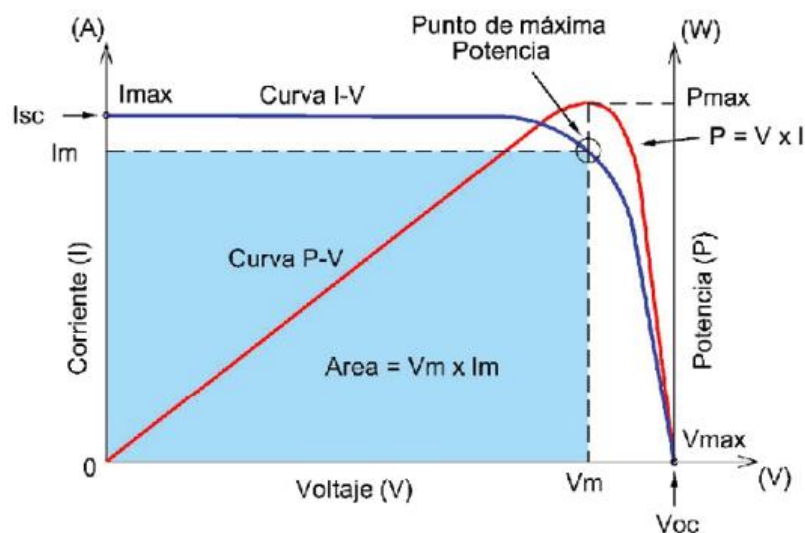


Figura 10 Curva característica I-V junto P-V

Fuente: NOVOA JEREZ- UNAM

Se definirán los siguientes valores:

Corriente de cortocircuito (I_{sc}):

Se denomina así a la máxima corriente que entrega un dispositivo estando en condiciones de tensión y potencia nulas.

Tensión de circuito abierto (V_{oc}):

Para condiciones condicionadas por la radiación y temperatura donde la circulación de corriente nula al igual que la potencia, se puede obtener la máxima tensión capaz de generar el dispositivo.

Potencia Pico (P_{mp}):

Es el valor que adquiere la potencia al llegar a su punto máximo dentro del dispositivo. Siendo expresado dentro de la curva en su punto más alto.

Corriente de máxima potencia (I_{mp}):

Se le denomina así a la corriente suministrada por el dispositivo en un estado de máxima potencia dentro de ciertas condiciones delimitadas por la radiación y la temperatura. Su utilización es de forma general la corriente nominal.

Tensión de máxima potencia (V_{mp}):

Se le denomina así a la tensión entregada al dispositivo en un estado de máxima potencia limitándolo a los valores de la radiación y la temperatura presentes. Su utilización es como una tensión del tipo nominal.

También se consideran condicionantes del tipo ambiental para la salida del dispositivo, por eso es por lo que se analizara cómo se comporta un panel solar al interactuar con estos condicionantes.

Efecto en la intensidad de radiación solar:

Este efecto se genera por el cambio de la intensidad radiada, siendo este cambio dentro de la corriente de salida y se hará para cualquier valor de voltaje considerado.

La corriente sufre variaciones con la radiación proporcionalmente.

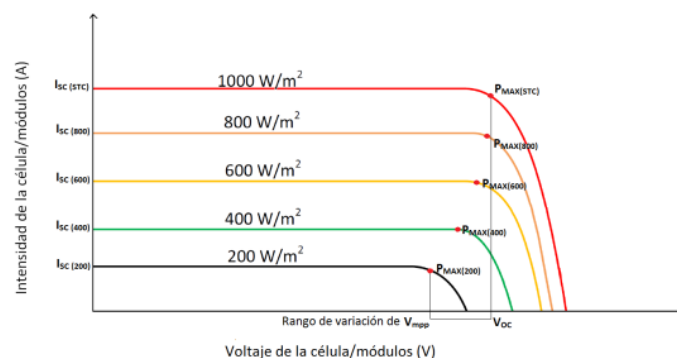


Figura 11 Efecto de la intensidad

Fuente: IngeLibre

Efecto generado por la temperatura:

Con este efecto se logra visualizar una variación de manera directa a la tensión. Sin embargo, también se cuenta con otro efecto secundario y esto es debido a un pequeño incremento de la corriente. Por lo tanto, para lugares donde la temperatura ambiente es muy alta los módulos con un mayor número de celdas ubicadas en serie son adecuados para obtener un voltaje considerable de salida para lograr cargar por completo la batería.

El voltaje dentro del PMP (Punto de Máxima Potencia) de la parte de que sale dentro de la celda debe ser tener el valor de por lo menos 0,5 voltios siempre y cuando se encuentre dentro de un clima perfecto es decir con sol disponible. El nivel de corriente aplicado dentro de la celda debe tener una proporcionalidad con la superficie de esta así como también a debe tener esta relación con la intensidad de la luz proporcionada.

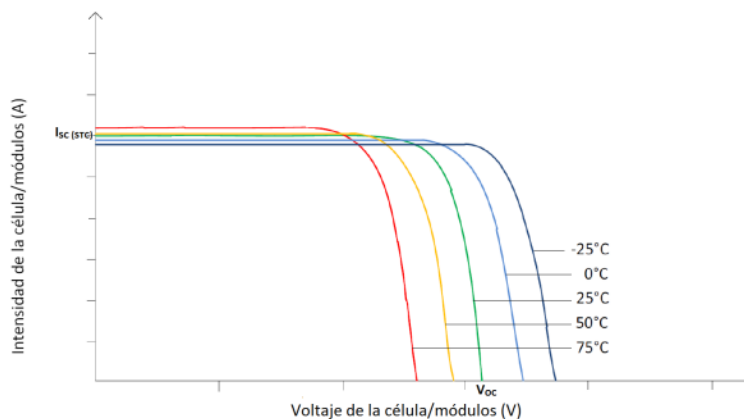


Figura 12 Combinaciones de celdas y curvas

Fuente: IngeLibre

c) Conexión necesaria para los Paneles Fotovoltaicos

La conexión entre paneles se puede realizar antes de fijarlos en su estructura de apoyo como también cuando ya se encuentran instalados. La finalidad del arreglo es poder disponer de los terminales principales o maestros los cuales son positivos y negativos pudiendo así identificar el circuito principal, esto es dejar preparado eléctricamente el Campo FV.

Una manera con la cual se puede lograr evitar errores al momento de realizar las conexiones o arreglos para cuando se desea utilizar conexiones serie – paralelo entre paneles es el uso de esquemas que contengan la disposición final así como también su cableado correspondiente; teniendo en cuenta las consideraciones presentes por el fabricante de los paneles expuestas en las cajas de conexión.

La configuración esperada para una gran cantidad de módulos fotovoltaicos es la conexión en serie; cableado paralelo de filas de módulos en serie (formando tableros), realizado en una caja de conexiones principal.

El uso de la caja de conexiones principal facilita el mantenimiento ya que debe ubicarse en un lugar de fácil acceso; las cajas están compuestas por: los diodos de bloqueo, los descargadores de tensión, los fusibles, entre otros.

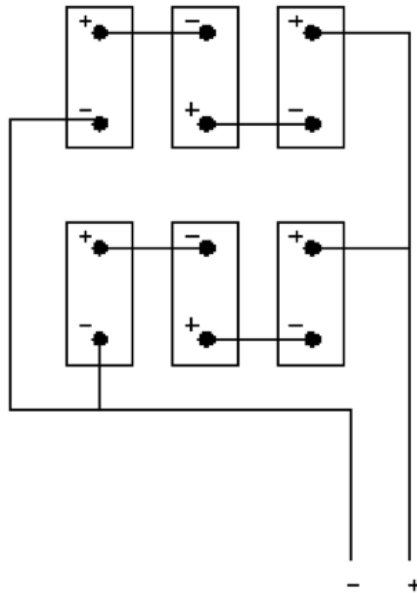


Figura 13 Conexion Serie - Paralelo de paneles fotovoltaicos

Fuente: Tecnosalab

d) Soporte de los paneles fotovoltaicos

Con el proposito de obtener el mejor aprovechamiento del recurso renovable que es en este caso el recurso solar se necesita a los paneles solares (Paneles fotovoltaicos considerados PFV) esten con cierto angulo de inclinacion y con una orientacion en la cual se pueda captar mejor el recurso solar. Se necesitara de una estructura de soporte para los paneles fotovoltaicos para facilitar la integracion a las edificaciones existentes, se presentaran efectos de sombreado de tipo parcial por ello se requiere que se incluya una estructura capaz de soportarlos.



Figura 14 Estructura de soporte de paneles fotovoltaicos

Fuente: Celdares

2.5.1.2. Controlador de carga

Un dispositivo capaz de poder regular carga tiene como funcion evitar el almacenamiento excesivo de carga dentro de la batería como tambien la sobredescarga dentro de la bateria, debido a que estos dos casos son de carácter perjudicial en cuanto a vida de la batería hablamos.

a) Tipos de controladores

Se encuentras dos tipos de reguladores los cuales son:

Controlador PWM:

Este controlador de Modulación por anchura de pulsos (PWM por sus siglas en ingles) esta compuesto por un Diodo ubicado en su interior, debido a esto es que en el campo fotovoltaico logra obtener un funcionamiento a la par de la tensión de las baterías del mismo sistema.

Dentro de este controlador se estable que los valores de la energía a un lado y al otro son iguales.

Por ello los módulos no pueden trabajar en su punto máximo de potencia en cambio se condiciona a un punto impuesto por la batería en función de su estado cargado, creando pérdidas de energía fluctuantes entre el 26-30%.

Un controlador PWM tiene la capacidad de llenar por completo una batería de un sistema esto lo hace debido porque va cargando gradualmente, en pulso de voltaje, en etapa flotante, etapa final de llenado de batería. Por lo tanto, la corriente se introduce de a pocos hasta llenar la batería en forma óptima y estable.

Controlador MPPT:

Un controlador maximizador solar (MPPT) dentro de sus componentes se puede encontrar un diodo de protección, así como también un convertidor de tensión CC-CC, se cuenta con un seguidor con el fin de encontrar el punto de máxima potencia.

De los componentes se puede lograr lo siguiente:

El convertidor de tensión CC-CC reductor es usado para poder trabajar a baja tensión con las baterías, esto permite operar a diferentes tensiones dentro del campo fotovoltaico y en las baterías.

El seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) logra poder adaptar la tensión del campo fotovoltaico a una tensión en la cual se proporcione una máxima potencia.

La energía tiene el mismo comportamiento para un controlador MPPT como para un controlador PWM lo que quiere decir que la energía de entrada y salida es la misma, sin embargo esto no pasa para los valores de la tensión y la corriente. La tensión se aumentaría con el uso del controlador

MPPT en un 30% en comparación con un controlador PWM, el problema de los controladores MPPT son sus costos elevados.



Figura 15 Controlador de carga MPPT y PWM

Fuente: DIREENERGY

b) Características del Controlador de carga

Se deben especificar los siguientes aspectos:

Tensión Nominal:

El valor más común es de 12 voltios , sin embargo se pueden encontrar valores entre 12 hasta 48 voltios acorde a modelos de selección manual o automática, esto dentro del mercado nacional e internacional.

Intensidad Nominal:

Es la corriente procedente del Campo FV la cual se puede manipular a través del controlador.

2.5.1.3. Baterías

La batería es la encargada de almacenar toda la energía suministrada durante las horas de radiación solar con la finalidad de recuperarla en ausencia del recurso solar. Para definir el tamaño que requiere el banco de

baterías se necesita poder tener una noción de días claro y nublados de la zona de instalación, a partir de ello se puede lograr una correcta distribución de baterías aproximando la capacidad de estas siempre a que este dentro de los valores de 4 y 8 veces la cantidad de consumo diario demandado.



Figura 16 Fuentes de alimentación para un sistema fotovoltaico

Fuente: DamiaSolar

El uso de baterías dentro de un SFV tiene los siguientes efectos:

Suministrar una fuente eléctrica al sistema volviendolo independiente del recurso solar pues no se vera si condicionado si este falla o no es lo suficiente; dentro de los periodos de inactividad brindara soporte con la energia acumulada previa.

a) Características de la Batería

Capacidad: Su unidad es Amperios por hora (Ah). Tiene como finalidad establecer la cantidad exacta de energia eléctrica que se puede suministrar.

Tiene un rango comercial cuyos valores oscilan entre 50 y 4000A.h.

Tensión: La tension dentro de la bateria es CC, tiene valores comerciales que se pueden encontrar desde los 2 a 12 V. El valor establecido comunmente es 12 V.

Estado de carga: Es el porcentaje que se obtiene por la division de la capacidad de la bateria disponible con la capacidad total.

Profundidad para descarga: Es la relacion que tiene la capacidad util y la capacidad total medidas a nivel de porcentaje.

Ciclaje: Se puede determinar la vida util a traves de los ciclos de carga y descarga dentro de la bateria considerando como un proceso continuo. El fabricante informa sobre el nivel de desgaste que obtendra la bateria con el pasar del tiempo, llegando a ser este su tiempo de vida. Este tiempo es medido acorde a la cantidad de ciclos de carga y descarga.

b) Tipos de baterías

Para aplicaciones de energia renovable se consideran:

Baterías de tipo Líquido

Siendo las baterias con la mayor capacidad de almacenamiento. Estas baterias son capaces de utilizar a elevadas temperaturas porque el electrolito como los electrodos deben permanecer en estado liquido de ahí obtienen su nombre a baterias liquidas, para lograr este estado se necesitan 500 grados centígrados aproximadamente. Como resultado estas baterias son de facil acceso de compra, generan la menor cantidad de problemas dentro de una sobrecarga asi como tambien tienen una durabilidad mayor al pasar del tiempo.

Baterías VRLA

Este tip de baterias tienen la caracteristicas de no encontrarse completamente selladas, la tecnología de estas baterias funcionan gracias a la recombinar tanto al oxígeno como al hidrógeno de salida de las placas

esto se hace durante la carga para poder la pérdida de agua en caso no ocurrir la batería entrara en un estado de sobrecargada.

Este tipo de baterías se dividen en:

Baterías de Gel:

El ácido que contiene este tipo de batería se encuentra en forma de gel, la finalidad de que sea así es por que al ser así impide que se pierda líquido; también se pueden adaptar a cualquier posición y a su vez tienen mayor resistencia a bajas temperaturas, la vida útil en comparación con las baterías líquidas es superior. Pese a ello este tipo de baterías tiene un alto precio en el mercado y su movilización es muy complicada al ser muy frágiles.

Baterías tipo AGM:

Estas baterías Separador de Vidrio Absorbente (AGM por sus siglas en inglés), este tipo de baterías cuentan con una malla de fibra de vidrio entre las placas de la batería esto con la finalidad de contener el electrolito. Estas baterías cuentan con una resistencia a bajas temperaturas y con una eficiencia de 95%, lo cual permite que se pueda utilizar a alta corriente. La relación costo vida útil es equilibrada para este tipo de baterías.

c) Conexión para las baterías del sistema

Para realizar una correcta conexión que se hará entre las baterías se necesita saber el nivel de tensión como también la capacidad del almacén de la instalación con ello se podrá realizar los arreglos posibles para poder realizar una correcta conexión que puede ser serie, paralelo o mixto.



Figura 17 Baterías en serie

Fuente: MPPTSolar

2.5.1.4. Inversor

Es responsable de convertir la electricidad de CC producida por el ensamblaje del panel de la ateria en el voltaje de suministro actual de la carga. Los de inversores a utilizar son de CC-CA.

Los convertidores CC/CA que son llamados onduladores, son los que permiten producir una tensión alterna de frecuencia variable a partir de una fuente de tensión continua.



Figura 18 Inversor de corriente de sistemas fotovoltaicos

Fuente: Areatecnologia

a) Características del convertidor

Tensión Nominal: Es la tension aplicada a los terminales de entrada del sistema.

Potencia Nominal: Se le considera a la potencia continua capaz de lograr alimentar al Inversor, tiene un rango comercial dentro del mercado el cual llega a oscilar desde los 100 Watts hasta los 5 kW.

Capacidad de Sobrecarga: Se denomina a la capacidad que tiene el inversor para poder suministrar una potencia que sea superior a la nominal considerando el factor tiempo que puede mantener esta situación.

Forma de Onda: La señal de CA en las salidas se caracteriza debido a su forma como también a los niveles que se logran obtener de la de tensión y de la frecuencia (rms).

Eficiencia: El porcentaje obtenido de la división de la potencia que sale y la potencia que entra al inversor. Este valor es condicionado acorde a su funcionamiento.

Los inversores actuales destinados al fotovoltaico del mercado están protegidos contra sobrecarga cortocircuito y polaridad inversa; estabilización de voltaje de salida; Autoencendido.

b) Clases de inversores según su forma de onda

De onda cuadrada: Este tipo se presenta en algunos inversores, los cuales son económicos pero también suelen ser los menos eficientes. Los inversores que cuentan con este tipo de onda producen armónicos, los cuales a su vez emiten ruido y esto hace que no sean adecuados para motores de inducción. Con estos inversores se pueden usar si se requiere CA como es el caso de solo querer alimentar un TV, un ordenador portátil o de escritorio, entre otros electrodomésticos llegando hasta los componentes de iluminación.

De onda senoidal pura:

Se proporciona dentro de la salida gracias a este inversor una forma de onda idéntica a la onda de la red eléctrica, por ello puede alimentar a cualquier equipo de consumo o para otros fines conectados a red.

De onda senoidal modificada (Trapezoidal):

En el nivel intermedio de los dos anteriormente expuestos es posible ampliar el espectro de los elementos de potencia y consumo limitándose al espectro de la onda que llega a tener aspecto de una modulación cuadrada.

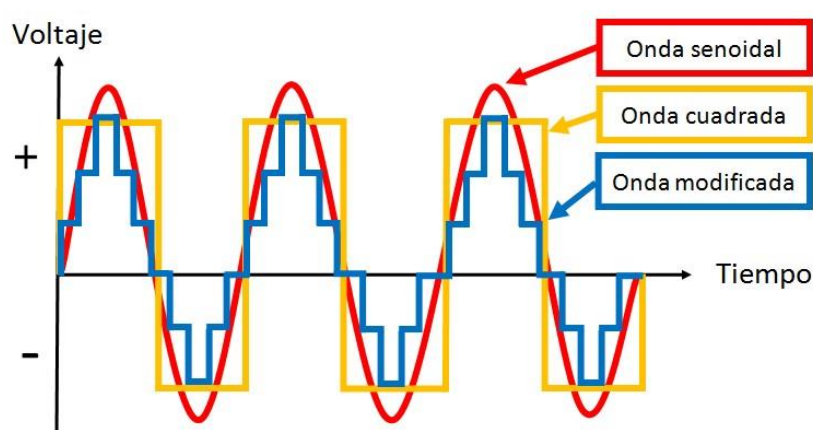


Figura 19 Formas de onda dentro de los inversores

Fuente: Generatuluz

c) Conexión del inversor

Siendo una operación sencilla debido a que el fabricante proporciona toda la información para su conexión dentro del manual de instrucciones.

Un inversor normalmente tiene dos entradas continuas para la conexión a una batería (o regulador) o a un generador fotovoltaico (según el tipo de inversor) y dos o tres salidas de CA (fase neutro tierra) para la conexión a un AC Consumo Circuito o una red externa.

Serán del tamaño adecuado a la Potencia Eléctrica que puedan suministrar en operación normal o continua o en potencia de arranque.

El rendimiento del SAI se degrada cuando se utiliza con porcentajes de potencia bajos; Por este motivo no recomendamos tamaños sobredimensionados ya que deben seleccionarse con una capacidad lo más cercana posible al consumo.

2.5.1.5. Componentes auxiliares

Cableado de los campos fotovoltaicos

A diferencia de los sistemas electrificados convencionales la energía fotovoltaica a menudo se instala sin programar; por eso el cableado se hace a la vista fijado a paredes y muros (pinchados bridados) o enterrado (por de bajo a las cañerías).

Para realizar el cableado aéreo se debe adaptar a ciertos parametros del entorno como lo es la humedad de la zona y radiación UV disponible asi como tambien de los efectos nocivos de los gases emitidos por la batería la instalación debe tener en cuenta la estética evitando el desorden y los desniveles. líneas (curvas en exceso y oblicuas direcciones).

Determinar la polaridad de los conductores y terminales a los que se deben conectar es una cuestion aparte debido a que requiere una atencion especializada; la habitual técnica consiste en utilizar cables de diferentes colores y marcar sus puntos de terminación con cintas de diferentes colores (principalmente en sesiones grandes se suele hacer en negro).

Tabla 2: Señalización de conductores.

Polaridad	Color
Lado Positivo	Rojo
Lado Negativo	Negro

Fuente: Delta Volt

2.5.2. Condiciones de instalación de módulos solares

La ubicación de los módulos fotovoltaicos determinada por su orientación e inclinación influye decisivamente en su rendimiento. Lo ideal es utilizar módulos con seguidores que permitan que los paneles fotovoltaicos estén siempre orientados hacia el sol, esto asegura el máximo aprovechamiento de la radiación solar. Alrededor de un 40% aumenta la potencia entregada utilizando módulos que emplean un sistema de seguimiento respecto a los paneles instalados fijos.

a) Orientación

Se dispondrá de la orientación para los paneles solares siempre "mirando" hacia el ecuador terrestre. Esto asume el sur para estructuras ubicadas en el hemisferio norte de la tierra y el norte para instalaciones en el hemisferio sur. Los valores admisibles considerando unas desviaciones de hasta $\pm 20^\circ$ respecto del ecuador en función de donde mire el observador esto no produce pérdidas a nivel de rendimiento.

b) Inclinación

Diversos son los paneles del tipo fotovoltaicos que se inclinan para poder lograr captar una radiación solar superior. Al igual la orientación del módulo con la latitud se puede encontrar una cantidad óptima de energía, esto podemos realizar gracias a que la orientación del generador fotovoltaico puede ser determinada mediante coordenadas angulares las cuales podemos modificar para que sean semejantes a las coordenadas de la posición del sol.

Se pueden clasificar los ángulos:

Ángulo acimut (α): Ángulo formado por proyección sobre un plano horizontal perpendicular al plano de nacimiento y hacia el sur. Obtiene el valor de 0°

cuando logra coincidir en direccion Sur, resulta ser mayor que cero en direccion hacia el oeste y menor que cero cuando se dirige hacia el este. Al tener coincidencia con el cuadrante en el Este tomara -90° como valor y si coincide con el otro cuadrante que es el oeste se toma el valor de 90° .

Angulo de inclinación (β): se le al ángulo formado por la superficie de la placa fotovoltaica junto al plano horizontal. Toma el valor de 0° siempre y cuando el módulo este en posicion y con relacion al tablero de 90° lo cual se implica de manera vertical.

Para que una superficie logre obtener mayor cantidad de energía solar debe estar en direccion al sol de manera perpendicular. Con las variaciones del sol durante el dia, lo mejor seria que se debe orientar hacia el Sur si se ubica dentro del hemisferio norte y para casos donde se encuentra en el hemisferio sur se debe dirigir en direccion contraria.

Se tiene en cuenta que en todos los casos se debe inclinar más de 10° para que el agua de lluvia pueda circular correctamente en el panel y no acumule polvo. Los módulos deben estar correctamente inclinados, lo que hace que en ocasiones existan circunstancias locales que impidan la correcta colocación de los módulos.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\Phi| \dots\dots(02)$$

Donde:

β_{opt} = Inclinación óptima (grados)

$|\Phi|$ = Latitud del lugar, no se consideran los signos (grados)

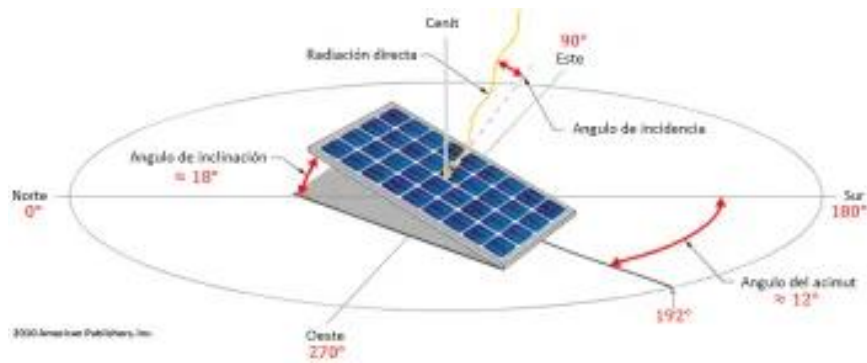


Figura 20 Inclinación y orientación de un panel solar

Fuente: solar-energia.net

2.5.3. Ventajas y desventajas

Ventajas

- a) No consume combustible ya que extrae su energía del sol lo que significa que económicamente a la larga estos sistemas son más eficientes y estables.
- b) Prácticamente sin impacto ambiental, la ventaja es ser energía limpia y no contaminante.
- c) Los sistemas de tipo fotovoltaico tienen la característica de no generar ruido desagradable por ello estos sistemas no provocan ni representan ninguna contaminación acústica.
- d) Los sistemas tienen una larga vida útil (más de 20 años) y cuentan con una fuente inagotable de energía solar.
- e) Su mantenimiento representa un bajo costo y no requiere de mano de obra especializada.

Desventajas

- a) La cantidad de potencia y energía que se puede obtener de un sistema fotovoltaico está limitada por su capacidad para generarla y almacenarla.
- b) Los costos de instalación son altos, necesitan una gran inversión inicial.

- c) El sistema fotovoltaico no produce humo; Sin embargo, durante el proceso de carga, la batería liberará el entorno de hidrógeno con una cantidad moderada.
- d) La energía disponible es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

2.5.4. Aplicaciones autónomas

Generan electricidad sin ninguna conexión a la red para entregar este tipo de energía al lugar donde viven. Se pueden distinguir de la siguiente manera:

2.5.4.1. Aplicaciones terrestres

Telecomunicaciones: En comunicaciones, por ejemplo, cuando se necesita transmitir cualquier tipo de señal o información desde lugares aislados, los sistemas fotovoltaicos son la solución perfecta: estaciones de radio y televisión rural. etcétera



Figura 21 Antena de telecomunicacion alimentada con panel solar

Fuente: Renewable Energy Magazine

Electrificación en zonas rurales:

El caso de suministrar electricidad a través de la red pública sería demasiado costoso y por lo tanto no cuentan con este servicio. En este caso, es muy efectivo instalar un generador fotovoltaico.



Figura 22 Instalacion de paneles solares en viviendas

Fuente: Andina

Señalización:

Por ejemplo se aplica a los paneles de diodos emisores de luz que están compuestos por diodos LED que funcionan con paneles solares y baterías. Se utilizan con el fin de ayudar con la navegación como lo es alimentar faros.

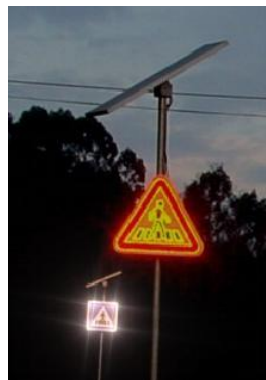


Figura 23 Señalización alimentada con energia solar

Fuente: Sitio-solar

Bombeo de agua:

Para el sector agricola y ganadero prestan especial atención debido a que es requerido poder bombear agua para el riego de la zona de cultivo o la zona ganadera que usualmente suele ser apartadas de la ciudad.



Figura 24 Bombeo de agua con energia solar

Fuente: A.N.A

2.5.1. BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO

2.5.2. Configuraciones Típicas de Sistema de Bombeo Fotovoltaico

Las necesidades y especificaciones para cada aplicación son factores que limitan la tecnologia del producto a escoger por ello encontramos distintos tipos de configuraciones al momento de realizar la union de cada componente del sistema energético.

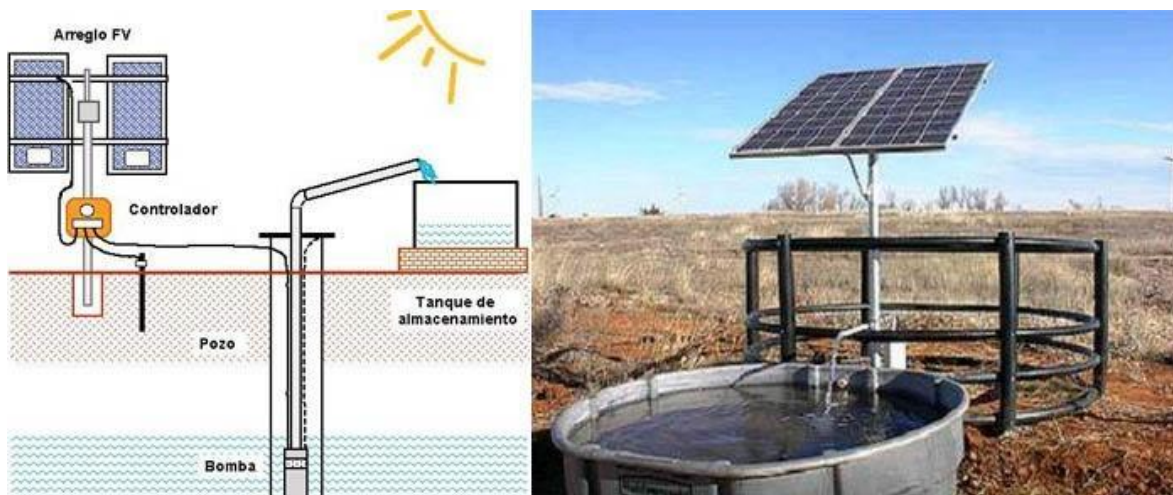


Figura 25 Sistema de Bombeo Fotovoltaico

Fuente: Autosolar

Las cuatro configuraciones más utilizadas en la actualidad son:

1. Grupo motor-bomba sumergible: el motor puede ser c.a o c.c y la bomba es centrífuga multiestado, siendo el número de estados en función de la altura de bombeo requerida.
2. Grupo motor-bomba sumergible: la bomba es de desplazamiento positivo.
3. Grupo motor-bomba flotante con motor c.c y bomba centrífuga.
4. Grupo motor-bomba instalado en la superficie: la bomba podrá ser centrífuga o de desplazamiento positivo.

Cuando se bombea con un motor de CA se requiere un convertidor de frecuencia. Si usamos la bomba volumétrica con el motor DC debemos usar un convertidor DC/DC para acoplarlos al generador mientras que con la bomba centrífuga no se necesita esta pieza.

2.5.2.1. Bombeo con Motores cc

Se consideran ciertos componentes del sistema los cuales serán:

- ✓ Generador del tipo solar.
- ✓ Convertidor de CC-CC, siendo de carácter opcional
- ✓ Motor de CC.
- ✓ Bomba de agua.
- ✓ Almacen, opcional.

Se utilizan solo motores de CC para el montaje realizado a nivel de superficie debido a que esto facilita el mantenimiento ya que las escoillas del motor deben cambiarse cada 2.000 a – 4.000 horas de funcionamiento deido al desgaste del motor.



Figura 26 Sistema de bombeo fotovoltaico nivel superficie

Fuente: EliseoSebastian

2.5.2.2. Bombeo con Motores ac

Los componentes básicos de este sistema son:

- ✓ Generador fotovoltaico – generador solar.
- ✓ Inversor CC-AC
- ✓ Motor AC
- ✓ Bomba de agua.
- ✓ Depósito de almacenamiento. (opcional)

El generador suministra corriente continua que luego se convierte en corriente alterna para alimentar el motor (CC/AC).

El motor AC se puede utilizar en los ejes sin ningún problema. Además son más sencillos más potentes y requieren menos mantenimiento que la corriente continua.

2.5.3. Dimensionado de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico

Son tres los pasos para un correcto dimensionamiento:

1. Evaluación de la demanda de energía hidroeléctrica.

2. Evaluación de la energía solar existente.
3. Selección del grupo de motor de bomba requerido.

2.7. Generalidades del Sistema de Riego

2.6.1. Riego por goteo

El “riego gota a gota” es un método de riego utilizado en zonas áridas porque permite un aprovechamiento óptimo del agua y los fertilizantes.

El agua al ser aplicada utilizando este método de riego, puede penetrar en las raíces de las plantas al solo regar la zona de influencia de las raíces debido a que lo hace directamente a través de un complejo sistema de tuberías y rociadores.

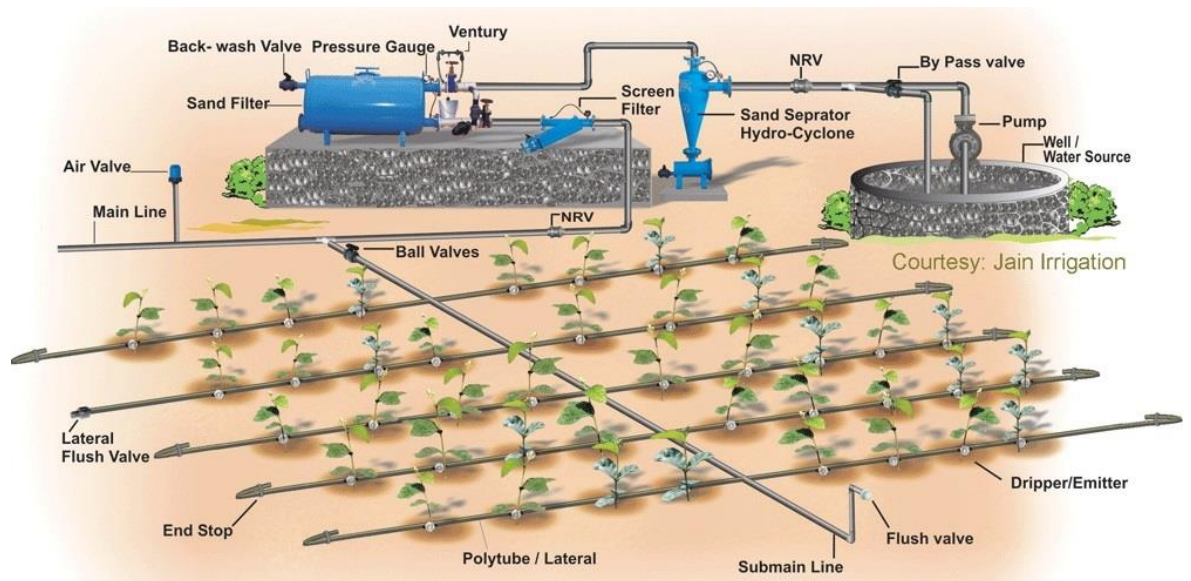


Figura 27: Esquema de sistema de riego por goteo.

2.6.1.1. Eficiencia

La eficiencia de este tipo de sistemas de riego (riego por goteo) es muy elevada llegando a obtener valores entre 90% a 95% siendo la distribución de la cantidad de agua utilizada muy uniforme. La aplicación puede adaptarse de acuerdo a las condiciones de suelo y del cultivo requerido esto llevándolo dentro de intervalos y cantidad de agua demandada.

Tambien esta forma de riego por goteo permite utilizar pequeñas cantidades de agua, en comparacion con otros sistemas, para mantener el suelo húmedo y en buena relación con agua, aire. Gracias al uso de este sistema no se requiere supervisar su uso dentro de las 24 horas del día.

2.6.1.2. Ventajas

- ✓ Se logra obtener un ahorro considerable de agua en comparacion con otras formas de riego, llegando a tener valores que oscilan entre el 40 y el 60% de agua.
- ✓ No requiere de mucha mano de obra, ni vigilancia del riego.
- ✓ Los productos fitosanitaciones y abonos forman una manera economica importante.
- ✓ Logra incrementar la produccion.
- ✓ Aumenta la calidad de los productos.
- ✓ Habilitacion de epocas de riego que se consideraban inservibles gracias a la poca cantida de agua requerida.
- ✓ Facil acoplo a varios tipos de superficies y considerables desniveles llegando a no tener la necesidad de realizar la nivelacion del suelo ni transporte de tierras.
- ✓ Disminucion del lavado del suelo.

2.6.1.3. Inconvenientes

- ✓ El empobrecimiento del suelo por las zonas que se presentan áridas reduciendo la posibilidad de realizar el lavado del suelo, gracias al uso durante mucho tiempo de aguas de mala calidad las cuales ocasionaron el empobrecimiento del suelo llevandolo a límites sin recuperacion.

- ✓ Obstrucción de agujeros de riego. Como veremos más adelante, para evitar que las partículas en suspensión y los depósitos, que comúnmente se encuentran en el agua de riego, obstruyan los goteros, se requiere un complicado proceso de instalación antes de que se escapen, lo que encarece el sistema y por lo tanto conviene anticipar los beneficios de el tipo de cultura a establecer.
- ✓ La poca protección que tiene el sistema en cuanto a las plantas sensibles dentro de zonas con baja temperatura.

2.6.2. Componentes necesarios para la instalación del riego por goteo

2.6.2.1. Cabezal de riego

Se le denomina a la agrupación de filtros que conforman el sistema de filtrado y abonamiento, llegando a tener válvulas y accesorios. Forma una parte fundamental del sistema de riego.

Se puede encontrar los siguientes componentes dentro de un cabezal de riego:

- ✓ Medidor de presión.
- ✓ Contador de volumen.
- ✓ Electroválvulas.
- ✓ Válvulas del tipo seccionadoras.
- ✓ Válvulas que limitan el caudal.
- ✓ Válvulas capaces de regular la presión.
- ✓ Programadores digitales.

2.6.2.2. Equipo de filtración

Necesario para la purificación del agua, ya sea que provenga de estanques, pozos y especialmente ríos, nunca se puede garantizar que esté limpio. Además, si el sistema se basa en una distribución uniforme del agua y su buena y uniforme

distribución a través de los orificios de las tuberías o se calibran los dispositivos para realizar el goteo (goteo), entonces es necesario que aseguremos la limpieza de un poco de agua.

2.6.2.3. Sistema de filtrado

Se generan diversos tipos que logran la limpieza del agua de aquellas partículas extrañas (usualmente partículas pequeñas) como podemos enunciar:

Filtros de hidrociclón:

Para poder filtrar partículas este filtro permite retener las partículas gracias a que diferencia los otros componentes a nivel de peso específico, llegando a separar acorde al peso específico del agua, siendo un ejemplo la arena.

Teniendo una eficiencia para poder diferenciar partículas de un tamaño superior a las 74 micras o 200 mesh aproximadamente y seleccionando a sustancias cuya densidad es superior a $1,5 \text{ gr/cm}^3$.

Es conformado por un cuerpo superior del tipo cilíndrico del cual se sitúan los orificios tanto de entrada como de salida para el filtro, y un cuerpo inferior del tipo cónico.

La corriente de agua ingresa al filtro tangencialmente, creando una corriente de Foucault, conocida como remolino primario, que viaja hacia abajo a través del cuerpo del filtro.

La fuerza tangencial o centrífuga asociada con el remolino arrojará partículas a la pared del filtro, donde son capturadas y luego, por gravedad, descienden al depósito inferior, donde se acumula el sedimento.

El recorrido de agua al llegar al vértice inferior del cuerpo tipo cónico del filtro, empieza a generar un torbellino secundario en dirección ascendente,

cuyo giro es en el mismo sentido que el torbellino primario, esto se hace hasta lograr alcanzar el cuerpo tipo cilíndrico superior del filtro.

Las pérdidas de carga dependen del caudal de agua en circulación que usualmente están en el orden de 3 a 7 m.c.a.

Por consiguiente la pérdida de carga dentro de este tipo de filtro se logra mantener de forma constante, en comparación con otros tipos de filtros, en los cuales las pérdidas de carga obtienen un aumento en relación al incremento del volumen de los sedimentos retenidos.

Sin embargo, se recomienda instalar un filtro de malla en serie con el hidrociclón como medida de seguridad, ya que hasta que el hidrociclón alcance su velocidad de trabajo puede dejar pasar algunas partículas.

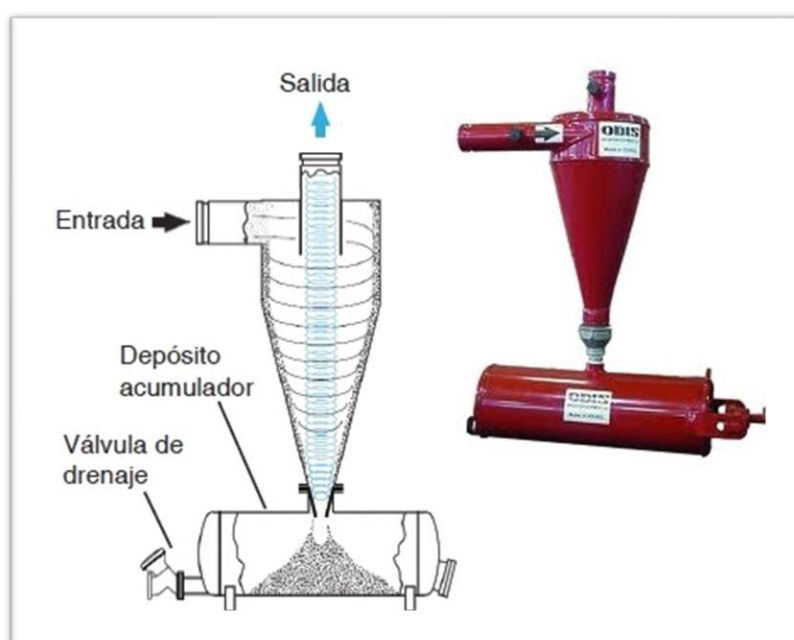


Figura 28: Filtro de Hidrociclón.

Filtros de arena:

Este tipo de filtros consiste en tanques metálicos (también pueden ser tanques de poliéster) que por dentro contienen una capa de arena con un

esperor de por lo menos 50cm siendo esta una medida base ya que debe ser superior a ella.

Se ingresa agua dentro del filtro mediante la tubuladura superior, por la cual es conducida por el interior del tanque llegando hasta un deflector el cual tiene como funcion hacer que el chorro de agua transportado no se relacione con la capa de arena, evitando que el agua la remueva.

Una vez filtrada el agua dentro de la tubuladora inferior se realiza la salida de esta. Esta parte de la tubería debe prolongarse por el interior del tanque mediante el uso de colectores de manera perforada y revestidos con una malla para asi evitar el arrastre de la arena con el agua.

El tanque cuenta con dos tipos de bocas las cuales son para carga y descarga de la arena, asi como tambien tiene un purgador cuya funcion es eliminar el aire contenido dentro del flujo.

La arena silíceea es la más empleada para estos sistemas debido a que el grano tiene mayor resistencia a la rotura, gracias a ello no existe riesgo de desintegracion para el grano cuando se usa, este tipo de arena cuenta tambien con resistencia contra acidos aceptable.

En otro aspecto, se limitan las pérdidas de carga producidas por los filtros al grado de limpieza del material la capa de arena.

Debido a los cambios que puede darse en un filtro considerando la arena en estado limpio, las pérdidas de carga se encuentran entre los valores de 1 a 2 m.c.a. ; Al encontrar la arena cuando se colmata de sedimentos los valores de pérdida de carga aumentan hasta un rango de 4 ó 6 m.c.a.

Gracias a estos datos, se reconoce de vital importancia un mantenimiento constante para este tipo de filtro, el cual se basaría en un lavado de la arena en el filtro cada cierto tiempo.

La limpieza debe ejecutarse invirtiendo el sentido de la circulación del agua lo que comúnmente se llama contra lavado, por ello se deben usar las tubuladuras de entrada y salida debido a que estas tienen las derivaciones necesarias para llevar la circulación inversa del caudal de agua, con ellas también se puede eliminar el agua contaminada con partículas del proceso de contralavado.

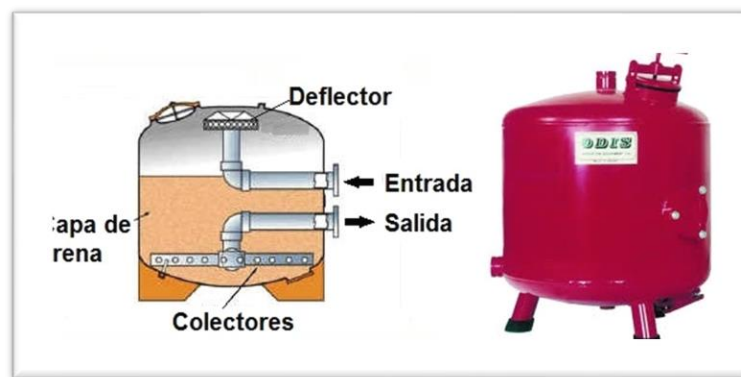


Figura 29: Filtro de Arena.

Filtros de malla:

Este tipo de filtro está compuesto por una carcasa exterior la cual está compuesta por varios cilindros concéntricos de malla en su interior, los cuales actúan como filtrantes.

El entramado de la malla debe ser por preferencia de acero inoxidable no obstante el material puede también cambiar y se puede usar nylon o poliéster.

En su funcionamiento se retienen a nivel superficial las impurezas, las cuales quedan en el entramado de la malla, por ello este tipo de filtro llegan

a repletarse en menor tiempo dando como consecuencia un mantenimiento periodico para estos filtros.

Pese a ello, los filtros de malla se desarrollan en la actualidad de distinta manera, ya que cuenta con diversos sistemas de lavado que pueden ser del tipo manual, semiautomático o automático. Para los filtros de malla que cuentan con un sistema de lavado automático, su funcionamiento se basa en el desplazamiento de una boquilla por la malla, haciendo que la boquilla succiona la maleza dentro del filtro para luego ser llevados a su extraccion en la superficie.

Para aguas con demasiada suciedad no es recomendable el uso de este filtro ni para aguas que tengan algas en su superficie.

De manera general se emplean estos filtros de manera secundaria (filtro secundario) situandose en casos donde el agua sea subteranea después de hidrociclones.

Para los casos en donde se realice fertirrigacion (Instalaciones de riego por inyección de fertilizantes), se ubicara el filtro de malla seguido al equipo de dosificación con el fin de lograr evitar que el pase el fertilizante no disuelto por el interior del filtro.

Se caracteriza a todas las mallas filtrantes gracias a su numero de mesh (numero de aperturas por pulgada linea tambien llamado numero de mallas simplemente), este numero define la capidad de filtrado de la malla.

Considerando a su vez que el espesor de los hilos de una malla aun igualando el número de mesh se diferencian, esto sucede por el material de la malla, ya que el grosor de los hilos de una malla de plastico sera diferente a los hilos de acero inoxidable.

Por consiguiente se conoce que los hilos de una malla de acero inoxidable llegan a ser mas delgados que los hilos de una malla de plástico, concluyendo que el orificio libre en las mallas de acero es superior al de las de plastico.

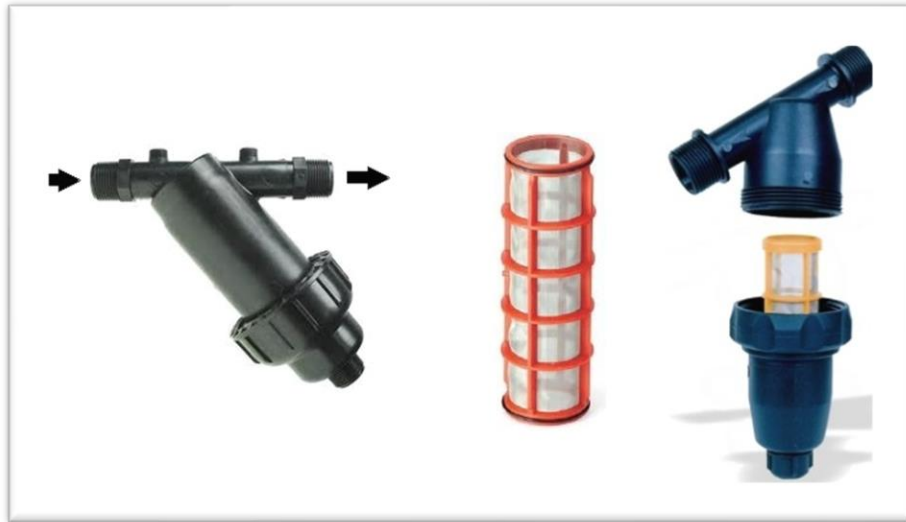


Figura 30: Filtro de Malla.

Filtros de disco

Es la union de las ventajas encontradas al usar filtros de arena y malla, se les conoce tambien como filtros de anillas.

Este tipo de filtro posee un volumen bajo de filtrado, como a su vez un rendimiento superior en la separacion de particulas en un estado de suspension debido a las extensas capas filtrantes que conforman estos filtros.

Tienen el beneficio de poder seleccionar el calibre de las particulas a separar, cuyo beneficio es identido al de los filtros de malla.

Se caracterizan estos filtros por estar conformado por anillas ranuradas en conjunto, las cuales son montadas a presion por el interior de la carcasa del filtro. El numero de ranuras en el filtro limita al grado de filtrado.

Considerando que para los filtros de discos en un estado limpio obtiene pérdidas de carga de aproximadamente entre los valores de 1 hasta 3 m.c.a. Este valor puede obtenerse a partir de los datos del fabricante.

Deseando mantener los valores de la pérdida de carga en el filtro se requiere hacer un mantenimiento mínimo, con el fin de garantizar un correcto funcionamiento.

Para el mantenimiento de los filtros solo basta con aplicar un chorro de agua dentro de las anillas encontradas en la carcasa, resultando ser una actividad de mantenimiento sencilla de realizar.



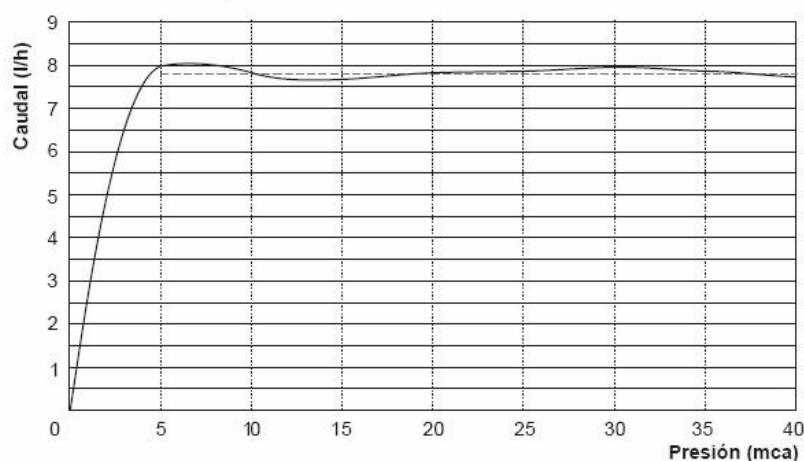
Figura 31: Filtro de Anilla

2.6.2.4. Goteros

Su principal labor de los goteros es poder llevar el agua hacia el cultivo requerido. Cuentan con distintas clasificaciones y modalidades esto acorde a las condiciones de caudal que se les va a suministrar, debiendo esta selección regular el caudal al deseado y también cuentan un orificio adecuado cuyo fin es evitar obstrucciones pues estas obstrucciones son el mayor problema dentro de la

modalidad de riego. Se calculo y selecciono el gotero Mini Inlain el cual cuenta con un caudal de 8 lts/hrs.

Tabla de descargas



Caudal: 8 l/h.
Rango Pres. Autocompensación:
5 -40 mca.
Pres. Cierre Mods. Antidrenantes:
1,5 / 4 mca.

Logitud recomendada de los laterales sobre terreno llano (m)

SETA 8 L/H. Presión de entrada: 2,5 Kg/cm ²	Espaciamiento (m)								
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	3,00	5,00	7,00	10,00
Pe 16 (Esp. 1,2 mm.)	41	71	95	117	154	245	341	422	532
Pe 16 (Esp. 1,4 mm.)	39	67	90	110	146	232	323	402	504
Pe 18 (Esp. 1,3 mm.)	54	91	121	148	194	306	425	527	662
Pe 20 (Esp. 1,2 mm.)	72	119	157	190	248	388	538	667	836

Equación	C. Nominal
$Q = 7,84523.H^{-0,0052}$	7,812 l/h
C.V.	Desv.
2,688 %	0,492 %

Figura 32: Gotero empleado.

2.6.2.5. Tuberías

Evidentemente la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios son, digamos, como la estructura del riego por goteo. El hecho de que hoy exista el PVC, y otros derivados del petróleo, han facilitado y ayudado a la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo la dureza y resistencia ante los cambios de temperatura han hecho que el fibrocemento se deje sólo para las redes principales de grandes cultivos. De las cuales nosotros utilizaremos para el diseño con tubería de PVC y de polietileno.

a. Tubería de PVC

Las tuberías de PVC en la actualidad llegan a existir 235 psi y con los diámetros que oscilan desde ½ pulgada hasta tuberías con diámetro mas grande hasta 48 pulgada, las cuales son ideal para poder transportar el agua potable, como tambien se consideran para sistemas de irrigación que son usadas con fines agricolas o de ocio como los campos de golf. Los sistemas deben tener una unión que cuenten con: campana y anillo esto acorde de las normas establecidas que son ASTM F477 y ASTM D3139.

b. Tubería de polietileno

Se clasifican por los siguientes tipos:

- Del tipo PE – BD (Polietileno con baja densidad) donde la densidad debe ser menor o similar a 0,93 gr/cm³.
- Del tipo PE-DM (Polietileno de densidad media) donde la densidad debe ser igual o mayor que 0,94 gr/cm³.
- Del tipo PE-AD (Polietileno de Densidad Alta) cuya densidad debe ser superior a 0,94 gr/cm³.

2.6.2.6. Red de distribución

Esta red es la respomsable de transportar el agua emitida por el cabezal de riego hasta las plantas, se compone por lo siguiente:

- a. Primaria:** En ella se logra transportar el agua emitida por la bomba, filtros o inyector de fertilizante (a lo que llamamos un cabezal de riego) dentro de la línea para su distribución. Usualmente se usa tuberías del tipo PVC y un diámetro superior a la red secundaria.

Para el cruce de la red principal con la red secundaria se deben instalar valvulas del tipo eléctricas y en caso no poder implementar este tipo de

válvulas se deben hacer uso de válvulas manuales esto se hace con la finalidad de permitir una correcta entrada de agua para la red secundaria influyendo esto a la salidad de los laterales.

- b. Secundaria:** Instalada generalmente bajo tierra, es la que logra transportar el caudal de agua, suministrado por la tubería principal, hacia los laterales del sistema de riego eso se obtiene porque actúa como enlace entre línea lateral. Se utiliza por lo usual tuberías del tipo PVC.
- c. Lateral:** Llega a ser una línea encargada de tener los emisores del sistema. Su diámetro por lo general es de 12, 16 y 20 mm.

2.6.2.7. Válvulas

Es un componente encargado de regular y controlar el caudal de agua suministrado, se deben colocar dentro de la red de conducción de manera intercalada. Se cuentan con diferentes tipos acorde al trabajo a realizar, llegando a ser:

- a. Válvula tipo pie:** se considera como lo primero que se debe seleccionar dentro del sistema. Se debe colocar al inicio de la línea de aspiración de la bomba, para que así se pueda abrir el paso de la bomba y de comienzo a aspirar el agua en el fondo del depósito. Al detener la bomba, este tipo de válvula evita que la descarga dentro de la tubería de aspiración causando para la bomba un descebado.
- b. Válvula de retención:** los momentos donde se debe detener la bomba de una manera brusca es cuando se requiere realizar un fallo por parte del suministro eléctrico, al realizar esto se empieza a generar una sobrepresión dentro del flujo de agua lo cual es transmitido por una onda de choque dentro

de tubería, este fenómeno se conoce como el Golpe de Ariete, y es capaz de lograr igualar a la presión nominal ejercida por el trabajo.

Para casos donde la onda generada de sobrepresión alcance a la bomba de agua se usa como medida de prevención una válvula de retención contra estos golpes ocasionados por el ariete, si no se contara con esto se sufriría de graves daños.

Este tipo de válvula actúa en automático lo cual hace el libre paso de agua en el sentido de la tubería y también actúa para el cierre del paso iniciado cuando cese el flujo.

Para los sistemas de riego con presiones de 20 m.c.a (presiones elevadas de trabajo) es recomendable el uso de estas válvulas.

- c. **Válvula de regulación:** el funcionamiento de esta válvula es interrumpir el paso del agua dentro del sistema, lo hace regulando el caudal que pasa por el sistema.
- d. **Válvula de seguridad:** Este tipo permite de manera automática la salida de un caudal dimensionado así evita el exceso de presión en las redes, se le conoce también con el nombre de válvula de alivio de presiones.
- e. **Válvula de descarga:** dentro de los extremos del sistema se deben instalar este tipo de válvulas, debido a que este tipo de válvula logra drenar a las tuberías culminado el proceso de riego. Se debe vaciar las tuberías para evitar que dentro de las mismas empiecen a desarrollarse microorganismos. Su uso no solo se limita a lo anterior sino que dentro del proceso de riego sirve para evacuar el agua por los extremos, esto dentro de las fases de lavado para la instalación.

El mantenimiento de las tuberías debe realizarse en un lapso de seis meses como recomendación para poder realizar su respectivo lavado, para lo cual debe aperturarse las válvulas de descargas (ubicadas en los extremos) permitiendo así la eliminación de los sedimentos acumulados en el interior de las tuberías.

Hacer el mantenimiento es de vital importancia para un sistema de riego, porque se logra evitar las posibles obstrucciones dentro de los goteros.



Figura 33: Válvulas de riego tecnificado.

2.8. CARACTERISTICAS DEL POZO DE AGUA

Se está considerando un pozo de 120 m^3 (existente) para poder abastecer las 2,18 hectáreas de terreno dentro del fundo Franklin lo cual debe extraer el sistema de riego fotovoltaico en un periodo de 8 horas de sol durante el día.

Con estos datos se podrá seleccionar la bomba a alimentar con los paneles fotovoltaicos y con ello calcular las distancias para cada rama del sistema de riego que se desea dimensionar.

2.9. EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Se realiza una evaluación de proyectos de inversión para analizar la conveniencia o inconveniente en el uso de recursos para proyectos para resolver problemas o satisfacer las necesidades. Para lograr la eficiencia de los aspectos economicos, sociales y ambientales se debe seguir una serie de criterios los cuales se presentan a continuacion.

2.9.1. Inversión

La inversión de proyecto son todos los costos por unidad de tiempo de adquirir algún factor o medio de producción que permitan realizar una unidad de producción, generando una corriente de beneficios a lo largo del tiempo.

2.9.2. Horizonte de evaluación

Uno de los puntos más importantes en el mundo de la evaluación de proyectos, es la evaluación de viabilidad financiera del mismo, obviamente, porque de esta se deriva en la mayoría de los casos, la decisión de invertir o no invertir en su ejecución.

En este punto, se hace fundamental la determinación de un horizonte de evaluación acorde con las particularidades del mismo, con su vida útil o con el tipo de producto o servicio que se pretende comercializar, o de la actividad que

se pretende realizar, lo que nos lleva a deducir que no es posible tener una regla general porque el período de evaluación a considerar en determinado proyecto depende de las características específicas de este.

2.9.3. Tasa de interés

El interés es la tasa de rendimiento que el inversionista recibirá del deudor por unidad de tiempo debido a que su dinero se usa durante este tiempo.

Generalmente, a nivel individual, la tasa de interés (en porcentaje) representa el balance entre los riesgos y los posibles beneficios (oportunidades) de utilizar una cierta cantidad de dinero en una situación y momento determinado. En este sentido, el interés es el precio de la moneda a pagar/cobrar por un préstamo/crédito en una situación determinada.

2.9.4. Flujos de Cajas

También llamado flujo de tesorería, flujo de caja o una sola caja. El flujo de efectivo o flujos de cajas es una declaración de un resumen de cuentas de efectivo y efectivo durante el uso útil, por lo que permite determinar los beneficios de las inversiones. Esta es la diferencia entre los cargos calculados y pagados, es decir, es un flujo de efectivo limpio que se obtiene en el futuro (menos costos de ingresos).

2.9.5. Indicadores

El VAN y TIR son dos instrumentos de matemáticas financieras que nos permiten evaluar la ganancia de los proyectos de inversión, como a su vez comprender los proyectos de inversión, no solo creando una nueva actividad, sino también una inversión que podemos hacer en el comportamiento de ejemplo

de negocios, desarrollar un nuevo producto, obtener nuevos autos, ingresos en un nuevo objeto de negocio, etc.

2.9.5.1. Valor Actual Neto (VAN)

Una senalizacion para linea de ingresos y costos futuros del proyecto es el VAN, con el cual se podra determinar si el proyecto es rentable. Cuando se obtiene un VAN mayor que 0 se traduce como un proyecto rentable.

Este indicador se limitada a encontrar la rentabilidad del proyecto de inversion. Dentro del indicador se puede obtener a su vez que tan provechoso es el proyecto como tambien cuenta otras opciones de inversion. Se calcula a partir de la siguiente formula:

$$VAN_{proyecto} = -A + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} \dots (3)$$

De la ecuacion:

A: Inversión preliminar considerada para el proyecto o Inicial

Q_s : Flujos netos dentro de un periodo determinado (“s”)

n: Número de años de duracion de la inversión

i = rentabilidad mínima exigida para la inversión

Se considera los siguientes aspectos para la evaluacion de la rentabilidad del proyecto:

VAN < 0: Para estos casos se considera al proyecto como no rentable, haciendo que la tasa de retorno no alcance a cubrir la tasa del costo de oportunidad.

VAN > 0: Dentro de estos parametros se considera al proyecto como rentable. La tasa de retornos supera a la tasa del costo de oportunidad.

VAN = 0: Se traduce como la indiferencia del proyecto, debido a que no esta rindiendo al igualar la tasa del costo de oportunidad.

2.9.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad del proyecto, cuanto mayor sea la tasa interna de retorno, mayor será la rentabilidad. Por lo tanto, se utiliza para tomar decisiones de aprobación o rechazo de proyectos de inversión.

El TIR se define como la razón que hace que el VAN sea cero.

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \dots (4)$$

Donde:

A: Inversión Inicial

Q_s: Flujos netos en el periodo “s”

n: Número de años que dura la inversión

r= TIR

Una inversión se considera rentable cuando “r” es mayor que el retorno mínimo de inversión que requerimos. Cuando empeora, lo rechazamos.

2.10. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA

Gracias a la amplitud de los terminos utilizados a nivel tecnico dentro de la presente investigacion, se incide a exponer las definiciones clave para permitir una compresion mayor de los terminos a utilizar.

- a) Celda solar:** Componente con la función de poder de convertir la luz solar captada en electricidad. Principal componente de los paneles solares fotovoltaicos.

- b) Irradiancia:** Es la magnitud que cuantifica la intensidad de iluminación solar que logra llegar hacia nosotros es medida como una unidad de potencia instantánea por unidad de superficie (W/m^2).
- c) Irradiación:** Es la cantidad de irradiación recibida en un período de tiempo dado es decir la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de área. Se suele medir en Wh/m^2 o, en caso de un día, en $\text{Wh}/\text{m}^2.\text{día}$ o unidades equivalentes.
- d) Capacidad instalada:** Potencia de placa de una unidad generadora.
- e) Corriente alterna:** (CA) los electrones desde su posición fija en el centro, empiezan a oscilar de un lado al otro de su centro, esto lo hacen dentro de un mismo entorno, como también a una frecuencia determinada.
- f) Corriente continua:** (CC) se genera a partir de un flujo continuo de electrones siempre estando en el mismo sentido, la dirección será siempre desde el polo negativo de la fuente al polo positivo.
- g) Corriente de corto circuito:** Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.
- h) Corriente de máxima potencia:** Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.
- i) Horas de sol pico:** Número equivalente de horas a $1 \text{ Kw.h}/\text{m}^2$ de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.
- j) Potencia eléctrica:** es la capacidad que tienen los aparatos eléctricos para lograr ejercer trabajo. La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (Kw) o el megawatt (Mw).
- k) Punto de máxima potencia:** Punto de la curva I-V considerando que el producto $I * V$ (potencia) tiene su valor máximo.

- l) Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.
- m) Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.
- n) Días de autonomía(N):** Se denominan a aquellos días en los que el sistema logra continuar realizar sus funciones sin que exista dependencia de la fuente primaria. Esto se logra mediante la acumulación de la cantidad de energía necesaria en las baterías.
- o) Watt pico:** Es la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m^2 , 25°C y 1.5 de masa de aire).
- p) Carga:** Cualquier dispositivo que demanda potencia.
- q) Consumo eléctrico:** Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (Kw.h) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para poder desarrollar y concluir con éxito esta investigación se siguió una serie de criterios los cuales se exponen a continuación.

a) Investigación Explicativa:

Se considera así debido al análisis e interpretación del comportamiento que se requiere para poder brindar una solución a la problemática estudiada; acorde a esto se puede describir las posibles causas directas del problema central, para nuestro problema dichas causas representaron la generación del recurso eléctrico como a su vez el aprovechamiento del puesta en marcha del motor-bomba para el riego dentro de la zona de cultivo estudiada.

b) Investigación Aplicada:

Gracias a que se utilizó conocimientos y bases teóricas de la ingeniería con el fin de dar una alternativa de solución para el creciente problema de la deficiencia de energía eléctrica dentro del área de estudio como a su vez la correcta aplicación en riego tecnificado.

c) Investigación Descriptiva:

Con este criterio se busca lograr exponer las variables a estudiar a través de sus características como lo son: la radiación solar y la energía fotovoltaica así como también se busca saber su influencia dentro de la realidad.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Este trabajo se aplicó para un terreno de cultivo por lo cual la población participante sigue siendo la misma por ello no se ha utilizado otras técnicas de muestreo.

3.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

¿A partir de los niveles de radiación solar se considerara viable la implementación de un sistema de riego tecnificado alimentado por paneles fotovoltaico autónomo, el cual sea capaz a su vez de satisfacer las necesidades hídricas del fundo Franklin para el cultivo de mangos reemplazando el sistema tradicional de riego?

3.4. VARIABLES- OPERACIONALIZACIÓN

Las variables dentro de un concepto activo se les define como el proceso por el cual se pueden establecer procedimientos de tipo experimental, este tipo de procedimiento permite al investigador almacenar los datos partiendo desde hechos con el fin de lograr verificar la hipótesis y se pueda resolver los problemas planteados para el estudio a considerar.

Para este estudio, se ha considerado la variable independiente la radiación solar, debido a que se le considera dentro del proceso como la fuente principal de energía, y se ha tomado como la variable dependiente al sistema de riego fotovoltaico expuesto para lograr mejorar el problema con el riego tecnificado dentro de los cultivos. Se presenta a continuación el cuadro de variables con sus respectivas actividades consideradas para el proyecto de estudio.

Tabla 3: Diagrama de variables dependiente e independiente.

VARIABLES	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTOS	INDICADORES
Independiente	Valores recibidos de Radiación Solar	Requisito fundamental debido a que con los valores se logra desarrollar nuestro modulo fotovoltaico y el motor-bomba.	✓ Software de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.	✓ Horas Pico Sol (HPS)
Dependiente	Sistema de bombeo Fotovoltaico	Encargado de suministrar energía eléctrica y con ello accionar el motor bomba utilizado para riego.	✓ Instructivo de dimensionamiento para sistemas autónomos. ✓ Metodología determinada.	✓ Consumo de energía ✓ Cantidad de paneles fotovoltaicos. ✓ Máxima Demanda ✓ Costo de inversión ✓ Indicadores económicos
Localización	Fundo “Franklin”	Ubicado en distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque.	✓ GPS ✓ Google <u>Earth</u> .	

Fuente: Elaboración Propia

3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. Métodos de investigación

a) Analítico:

Debido a que se ha investigado un sistema del tipo fotovoltaico, el cual sea capaz de satisfacer la demanda energética por determinar las características eléctricas de todos sus componentes para así satisfacer la demanda de agua necesaria con el fin de lograr una buena elaboración de productos como el mango.

b) Deductivo:

Se utilizó este método para considerar las características generales sobre el uso de las energías renovables, se tomó específicamente a la irradiación solar como un hecho importante para el estudio dentro de la producción del recurso energético como lo es la energía eléctrica.

c) Comparativo:

Se logra dar a entender los sucesos dentro de la realidad estableciendo una diferencia entre un sistema de riego convencional como lo es riego por inundación y un sistema alternativo utilizando energías renovables, acorde al modelo propuesto un sistema del tipo fotovoltaico.

3.5.2. Técnicas de investigación

a) Observación:

Aplicando técnicas de observación concentrada que incluye observación detallada y registro de todas las cargas existentes; para luego con la información recolectada por el investigador se procede a determinar con ella la demanda máxima instalada dentro del sistema.

b) Fichaje:

Se trata de registrar los datos obtenidos en herramientas conocidas como archivos (o formatos) los cuales son elaborados y agilizados conteniendo la mayor parte de la información recolectada durante la encuesta.

3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Estas herramientas ayudan a recopilar y procesar los valores observados dentro de la encuesta. Para lograr recopilar toda la información dentro del campo se hace uso de una ficha técnica establecido por el investigador responsable de la encuesta.

Tabla 4: Técnicas e instrumentos en la investigación.

Técnicas		Instrumentos	
Observación		Cuaderno de apuntes	
Fichaje		Formatos: -F01: Registro de visita técnica. -F02: Registro de equipos y materiales instalados. -F03: Registro de instalación.	

Fuente: Elaboración Propia

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Dentro de la investigación se debe considerar al análisis estadístico como también a la interpretación de los datos pasos fundamentales a desarrollar debido a que a partir de ellos se pueden extraer las conclusiones.

La información obtenida en este estudio como datos de irradiación solar pico de demanda eléctrica y requerimientos de agua con sistemas fotovoltaicos y convencionales se ha organizado en tablas y gráficos utilizando MS Excel de manera que es posible determinar la posibilidad de una respuesta al problema planteado.

Una medida de tendencia central que se ha utilizado es la media aritmética que nos permite agregar datos sobre la energía eléctrica generada cada año con sistemas fotovoltaicos y convencionales.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. PROPUESTA DE ESTUDIO

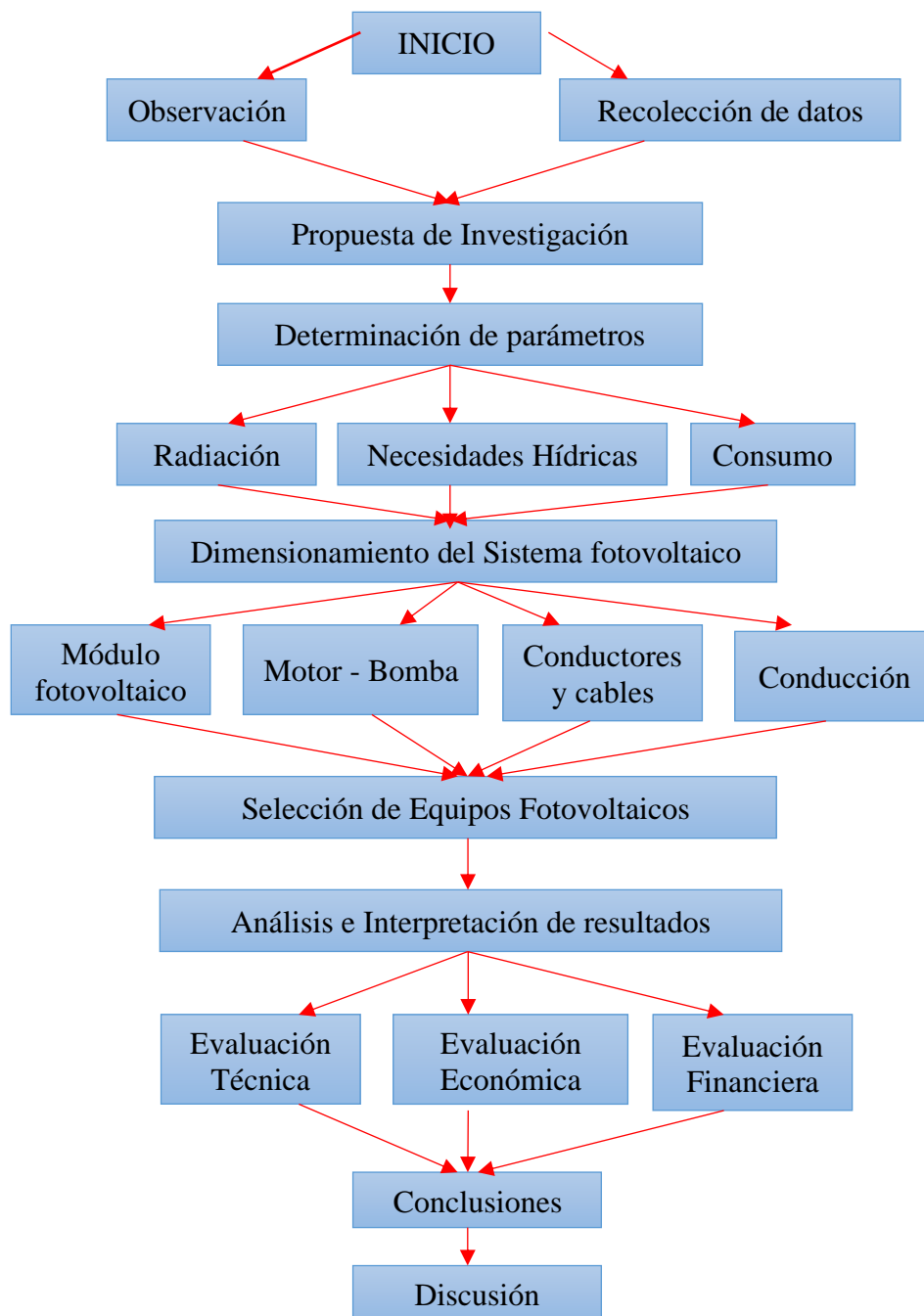
Con la continua promulgacion del uso de de energías renovables se busca dejar atrás la poca eficiencia para la generación de energía eléctrica usado mayormente por muchas familias que se encuentran en las zonas rurales de nuestra región y país.

Nuestra zona de estudio es el fundo “Franklin” ubicado en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque; conforme a la visita realizada se sabe que el fundo cuenta con un sistema de riego por inundación, siendo este un un método tradicional de cultivo aplicado desde los inicios de la agricultura. La característica de este riego es el manejo del agua, la cual es llevada sobre el nivel del terreno de diferentes maneras dependiendo el tipo de cultivo, el cual puede ser para cultivos densos(melgas), para cultivos en hilera(surcos) o para cultivos de arroz(pozas). Este proceso se trata de llevar un chorro de agua desde el abastecimiento a los campos y llevarlo directamente a la superficie del suelo por gravedad cubriendo todo o parte del suelo. Este método de riego tiene los inconvenientes de necesitar mucha mano de obra lo que incrementa costos así como también mucha agua por unidad de superficie cultivada, existe riesgo de acumulación de agua en el suelo dificultando el drenaje y la salinización y por último la etapa de laoreo es muy costosa.

Como se ha descrito anteriormente se realizará un estudio para determinar la viabilidad técnica y económica del uso de energía fotovoltaica en el fundo “Franklin”, perteneciente al distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque.

La propuesta de investigación se rige acorde al siguiente Esquema

.



4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Se dimensiono el sistema fotovoltaico acorde a las necesidades hidrológicas necesarias para el cultivo de mangos dentro del fundo “Franklin” considerando la altura de instalación y el sistema de riego tecnificado.

Se debe realizar un análisis económico midiendo la rentabilidad del proyecto por ello se debe realizar una respectiva evaluación en el ámbito técnico, económico y financiero.

A continuación se muestra los componentes del sistema:

Tabla 5: Descripción de equipos propuestos.

Equipos y/o componentes	Descripción
Generador del tipo fotovoltaico	Esta conformado por 4 paneles solares los cuales en conjunto forman un módulo, los cuales deben ser instalados apoyados sobre una estructura del tipo autoporte. Se considera para el proyecto para cada panel solar una capacidad de 270 Wp.
Motor bomba del tipo Hidráulica	El modelo seleccionado es el Motor bomba hidráulica CRIF 10-02 ACA-I-E-HQQE 3446 rpm; 12,1 m ³ /h; 22,1m; 1,73 – 15 kW.
Cables y conductores del sistema	Se considera dentro de los arreglos el conductor de tipo NYY 2-1x6mm ² para los paneles solares mientras que se utiliza para el conexionado del campo fotovoltaico y el sistema de bombeo al conductor del tipo NYY 2-1x16mm ²

Fuente: Elaboración Propia

Se está considerando solo utilizar la bomba durante 8 horas de incidencia solar. Siendo la bomba capaz de abastecer el terreno en su totalidad.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA

5.1.1. Introducción al cálculo

Una alternativa para solucionar el difícil acceso de la red eléctrica que disponen las concesionarias es el uso del recurso solar, por ello se dispone a utilizar la energía solar captada para los sistemas de riego del tipo localizado como solución al área de estudio debido a la lejanía de un punto de diseño de la concesionaria local, siendo demasiado costoso trabajar con las empresas eléctricas de las concesionarias, por ello se plantea la necesidad de búsqueda de otras alternativas de suministro de energía que en muchos casos se tornan demasiado costosas afectando la economía de los agricultores.

Se ha logrado desarrollar a lo largo del presente capítulo como a su vez se ha aplicado metodologías para el diseño de instalaciones de riego fotovoltaico, al aplicar una metodología se busca una manera de captar la máxima cantidad de energía siendo el suelo el principal subsistema que permitirá la acumulación de dicha energía. Dentro del modelo propuesto se considera un cierto número de variables para los sectores que se usaran en simultaneo con el fin de adaptar la demanda energética a las posibles variaciones que se puede encontrar en la radiación solar disponible.

5.1.2. Características y Ubicación del terreno

En los capítulos anteriores se expone las características de la zona a estudiar, el cual es el fundo “Franklin” ubicado dentro del distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque son las siguientes:

Área del fundo : 11 Ha

Área del cultivo : 6 Ha

Altura en msnm : 108 m

Tipo de suelo : Arcilloso

La ubicación geográfica del fundo está dada mediante las siguientes coordenadas:

Tabla 6: Coordenadas UTM WGS84 (Zona 17M) de la parcela del proyecto.

Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
625 471	9 325 730	108

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Tipo de cultivo y redes de distribución

El tipo de cultivo será de mango. Como sabemos, El mango (*Mangifera indica* L.) está reconocido como uno de los 3 ó 4 frutos tropicales más finos. Las máximas necesidades hídricas para el mango se requieren a los 8 años de edad cuando la planta adulta y productiva necesitará de 60 a 120 litros por semana. La densidad por hectárea (al octavo año) será de 666 plantas, por lo que el requerimiento en litros por semana será de 80 m³/ha.



Figura 34: Ubicación del predio.

Fuente: Google earth

La vista satelital obtenida gracias al programa Google Earth se muestra en la figura N° 34 donde se aprecia el área del fundo, se puede decir que el área a estudiar cuenta con una topografía plana y un perímetro irregular.

Dentro del fundo a estudiar se ha considerado un pozo tubular de agua el cual contiene una bomba sumergible en su interior, la cual es alimentada por un grupo electrógeno; por ello se debe disponer del agua bombeada desde la ubicación del pozo tubular para distribuir la red que se expone a continuación: la línea principal de distribución debe poder recorrer toda el área del terreno de manera longitudinal para que desde ahí partan las distintas cintas de goteo. Las derivaciones tienen la función de transportar el agua hasta cada planta de cultivo.



Figura 35: Vista del pozo tubular donde se ha instalado una bomba sumergible accionada por electrobomba

Fuente: Visita de Campo

Características del Pozo Tubular:

Diámetro: 10’’

Profundidad: 1,8 metros

Requerimiento hidráulico: 20 m^3

Capacidad total de 120 m^3

Se determino la potencia de la bomba a partir de las características del pozo tubular, el cual es capaz de solventar la demanda hidráulica de la plantacion.

Siendo capaz de abastecer por completo al pozo tubular.

Capacidad total de 120 m^3

5.1.4. Demanda de agua

Mediante el riego por goteo se busca satisfacer las necesidades de las plantas, en este caso mango, con el fin de que la planta tenga un crecimiento adecuado.

5.1.4.1. El Método Fao Penman – Monteith

La evapotranspiración de referencia o también denominada evapotranspiración potencial del cultivo (ET_0) es determinada mediante el método descrito en la publicación de la Serie de Riego y Drenaje de la FAO n°56 “Evapotranspiración del cultivo” (Allen et al., 1998 o Allen et al., 2006 en la edición en castellano) ya que en la actualidad se le considera un método de referencia mundial dado que es el que mejor se adapta a las variables condiciones climáticas existentes en todo el planeta. Si embargo, la aplicación de este método requiere el trabajo con una serie de variables climáticas que, en muchos casos, no se encuentran a disposición de los proyectistas.

Dicho método es el denominado de FAO Penman – Monteith y es el resultado de los trabajos realizados por un panel de expertos e investigadores del riego organizado por la FAO en 1990 con participación de la Comisión

Internacional para el Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial con la finalidad de mejorar las metodologías anteriormente propuestas por la propia FAO para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

El método FAO Penman – Monteith fue utilizado por la FAO para calcular la ET_0 por su gran capacidad para arrojar resultados similares a los que se obtienen recurriendo a las mediciones directas e indirectas de ET en cubiertas cespitosas, por tener una base física sólida y por incorporar tanto parámetros fisiológicos como aerodinámicos.

5.1.4.2. Factores Meteorológicos que determinan la ET_0

Los factores meteorológicos que influyen en la determinación de la evapotranspiración son los diversos componentes del clima que suministran energía para la vaporización y extraen vapor de agua de una superficie evaporante.

Por consiguiente, se describen los parámetros meteorológicos de carácter principal para este trabajo de investigación, los cuales utilizaremos para lograr determinar la evapotranspiración potencial:

a) Radiación Solar

Se establece como un proceso del tipo complejo a la evapotranspiración, dicho proceso se limita a la cantidad de energía disponible la cual debe ser capaz de evaporar el agua. La localización de la zona a estudiar y las estaciones del año limitan la cantidad radiación capaz de llegar a la superficie evaporante. Dependiendo la zona cambiara la capacidad de captar el potencial de radiación siendo limitado por la latitud y difiere también acorde a la estación de año en que se busque.

Otro factor condicionante para la radiación solar real es la claridad presente en la atmósfera, la presencia de nubes dificulta el paso de cantidades considerables de radiación debido a que estas reflejan y absorben la radiación. Al momento de la determinación del efecto de que tiene la radiación solar en la evapotranspiración se toma en cuenta que siempre habrá pérdidas de energía y que no toda la energía disponible se debe utilizar para este proceso.

b) Temperatura del aire

Otro efecto que tiene la radiación solar absorbida por la atmósfera que comparte con el calor emitido por la tierra es la elevación de la temperatura en el aire. El cultivo capta energía gracias al calor sensible del aire el cual circula en el exterior gracias a eso podemos tener un pequeño control dentro de la tasa de evapotranspiración. Dentro de condiciones óptimas como lo es un día despejado y con un clima cálido se obtendrá resultados de evapotranspiración de agua mayores que los captados dentro de un día nublado y fresco.

c) Humedad del aire

Para la evaporación del agua se considera tanto el aporte de la energía solar y del aire presente en el entorno como fuerzas impulsoras principales para lograr la evaporación del agua, se difiere entre la presión de vapor de agua en la superficie evapotranspirante y el aire circundante es el factor determinante para la pérdida de vapor por parte del cultivo.

d) Velocidad del viento

El proceso de pérdida de vapor depende en gran medida del viento y de la turbulencia del aire, los cuales transfieren grandes cantidades de aire hacia la superficie evaporante. Con la evaporación del agua, el aire sobre la superficie

evaporante se satura gradualmente con vapor. Si este aire no se sustituye continuamente por un aire más seco, disminuye la intensidad de pérdida de vapor de agua y la tasa de evapotranspiración disminuye.

5.1.4.3. Estrategia del mes “más desfavorable”

Dentro de los sistemas de riego se debe dimensionar en base al mes más “desfavorable”, esta estrategia se a utilizado por la mayoría de los sistemas fotovoltaicos y esto es debido a que dentro de este mes se encuentra una relación demanda – oferta energética considerablemente superior en comparación con otros meses. Por la presencia de este mes la instalaciones que cuentan con un sistema de riego aseguran su funcionamiento para el resto de meses del año en la denominada campaña de riegos, y para el resto del año permanecen sin operación alguna, debido a esto la energía fotovoltaica producida por el sistema se desaprovecha a menos que se busque ser usada para otro consumo. Por este tipo de diseños se hace un sobredimensionamiento para el subsistema de generación.

Los arreglos para el sistema propuesto serán los siguientes:

Sistema de riego	Localizado de alta frecuencia (goteo)
Subsistema de generación	Instalación fotovoltaica aislada.
Estrategia de dimensionado	Mes “más desfavorable”.
Subsistema de acumulación de energía	Depósito en Suelo

5.1.4.4. Necesidad de agua

El cálculo de los requerimientos hídricos es el componente fundamental de todo proyecto de riego y es necesario que esto sea muy bien calculado. La

evapotranspiración de referencia o evapotranspiración potencial (ET_0) será calculada mediante el método FAO Penman Monteith.

En la ecuación 5.1 se muestra la expresión que utilizaremos para nuestro cálculo:

$$Nn = ET_0 K_c K_L K_a K_r \quad (5.1)$$

Donde:

ET_0 : Evapotranspiración (función del clima)

K_c : Corrección (tipo de cultivo y transpiración)

K_L : Corrección por efecto localizado (se pierde menor cantidad de agua por evaporación que en métodos comunes de riego, por esto se debe corregir el área expuesta, que no esta cubierta, sombreada por la planta)

K_a : Corrección por variaciones climáticas locales

K_r : corrección por advección.

Acorde a lo expuesto por Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) donde se logra evaluar la Evapotranspiración Potencial para lo cual se requiere saber los valores de temperaturas como también los datos recolectados de Radiación Solar. Siguiendo en una expresión del tipo general:

$$ET_0 = 0,135(t_{med} + 17,78)R_s \quad (5.2)$$

t_{med} : Temperatura media, °C.

R_s : Radiación solar incidente, convertida en mm/día.

La " R_s " se puede calcular partiendo de la radiación solar extraterrestre, este tipo de radiación es la que se logra captar en la parte exterior de la atmósfera;

en algunos autores este termino se le conoce como “ R_0 o R_a ”, se estima a partir de tablas recolectadas en función a los datos proporcionados de la zona y el tiempo como lo son la latitud y el mes específico. Para nuestra facilidad se hará uso del valor R_0 para referirse a este termino.

Según Samani 2000 afirma que la radiación solar se puede hallar:

$$R_S = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0.5} \quad (5.3)$$

Donde:

R_0 : Radiación solar extraterrestre, en mm/día (ver tabla N°6).

KT : Coeficiente.

t_{max} : Temperatura diaria máxima, °C.

t_{min} : Temperatura diaria mínima, °C.

Tabla 7: Valores de Radiación solar a nivel extraterrestre medidos en mm/día (Allen et al., 1998)

HEMISFERIO NORTE													HEMISFERIO SUR												
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0		16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0		16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0		16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2		16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5		16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9		16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3		17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7		17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1		17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6		17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1		17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	13.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6		17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	46.1	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0		17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5		17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1		17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6		17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0		17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6		17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1		17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6		17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1		17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6		17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1		17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5		17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0		17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4		17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9		16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4		16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8		16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2		16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7		16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1		15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4		15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8		15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2		15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5		14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Fuente: F. Javier Sánchez San Román---- Dpto. Geología Univ. Salamanca

Se expone a continuación los valores de temperatura y Radiación en tabla los cuales fueron recolectados por Senamhi en la estación meteorológica “Pasabar”, estos valores son necesarios y a su vez suficientes para la elaboración del proyecto cuya localización es en el distrito de Olmos mismo distrito de la estación:

Tabla 8: Temperaturas y Radiación Solar en la zona del proyecto

Año 2021 estacion PASABAR				
Mes de estudio	Temperatura (C)			Radiacion extraterrestre (kWh/m2)
	Mínima	Máxima	Media	
Enero	18	35.4	25.5	15.6
Febrero	17.7	38	26.8	15.8
Marzo	19	36.7	25.5	15.5
Abril	16.4	33.2	23.8	14.5
Mayo	13.8	35.2	21.9	13.3
Junio	13.2	32.8	20.9	12.6
Julio	10.1	32.1	20.3	12.9
Agosto	10.9	33.2	20	12.9
Setiembre	13	35	21.8	13.9
Octubre	14	36.1	21.2	15
Noviembre	12.4	34.3	21.8	15.6
Diciembre	16.2	35.4	23.4	15.6

Fuente: Senamhi: Estación Meteorológica Motupe

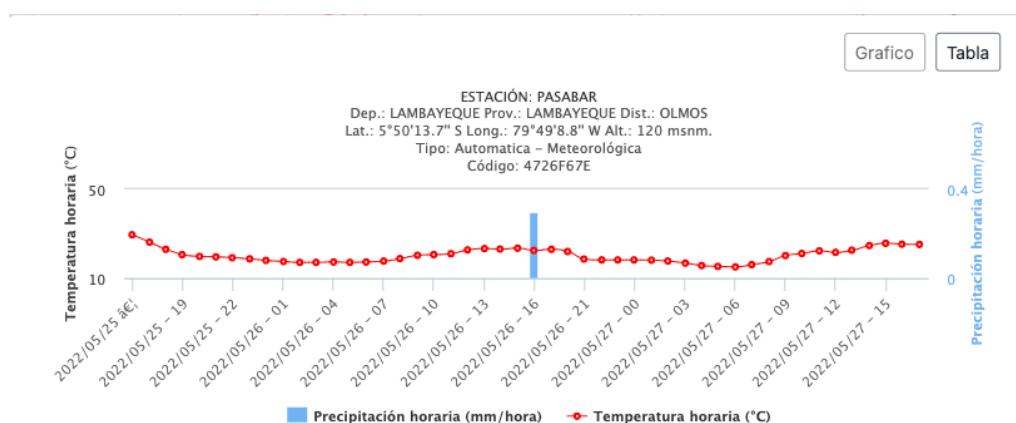


Figura 36: Estación meteorológica “PASABAR”.

Fuente: Senamhi

Como se expuso dentro de la ecuación 5.3 se tomara un valor empírico para el coeficiente K_T , este valor lo podemos calcular con los datos proporcionados de la presión atmosférica como afirma también Hargreaves (Samani, 2000) se debe emplear el valor de 0,162 para las zonas ubicadas en el interior del país mientras que se opta por el valor de 0,19 para las zonas del tipo costeras. Siendo Olmos un distrito perteneciente a una región costera el proyecto quedaría con la segunda condición por ello se determinaría los valores de la Radiación Solar así como también de la Evapotranspiración los cuales se lograron calcular y exponer en la siguiente tabla de datos:

Tabla 9: Valor estimado de evapotranspiración inicial dependiendo de la radiación solar

Radiación Solar Incidente [mm/día]											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.36	13.53	12.39	11.2 9	11.69	10.60	11.50	12.47	13.37	13.93	13.87	12.90
Evapotranspiración potencial diaria											[mm/día]
7.22	8.14	7.24	6.34	6.26	5.53	5.91	6.36	7.14	7.33	7.41	7.17

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de la evapotranspiración del cultivo ET_C multiplicamos la evapotranspiración inicial calculada por un factor de corrección de cultivo (K_c), dicho factor para el caso de cultivos de mangos se recomienda un valor de 0,15.

5.1.4.5. Efecto de localización

El área sombreada por el cultivo se denomina A, definida como la fracción de la superficie del suelo sombreado por la cubierta vegetal a mediodía con respecto a la superficie total.

Este método supone que por efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor. Por lo tanto, la evapotranspiración del cultivo ET_c se debe corregir con un coeficiente de localización K_1 , esto dependerá del área sombreada. Sin embargo, debido a que en el cultivo de paltas el área sombreada tiende a ser mayor a un 60 % el efecto es despreciable, y no se corrige por efecto de localización.

5.1.4.6. Efecto de las condiciones climáticas

Para las posibles variaciones climáticas se usará los valores establecidos los cuales están en el intervalo de 1,15 y 1,20. Para nuestro caso, se utilizará 1,15.

Teniendo en cuenta lo anterior se dispone de los siguientes valores:

Tabla 10: Evapotranspiración tomando en cuenta el efecto de localización y condiciones climáticas.

Evapotranspiración resultante											[mm/día]
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.31	9.36	8.33	7.29	7.20	6.36	6.80	7.32	8.21	8.43	8.52	8.25

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4.7. Necesidades de lavado por aguas salinas (K_l):

Este factor nos refiere el aumento de aplicación de agua debido a la necesidad de lavar las sales que se depositan en el suelo. Se calcula con la siguiente expresión: $K_l = 1 - NL$.

Donde:

$$NL = \frac{CE}{2CS} \quad (5.4)$$

NL : Necesidad de lavado.

La conductividad eléctrica del agua de riego será medida en mmhos/cm y sus abreviatura será CE. También para la conductividad eléctrica del suelo se empleará la abreviatura CS y las mismas unidades que CE.

Nota: 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. En nuestro caso según datos registrados de suelos similares se tiene un CE de 0.85 mmhos/cm y un CS de 0.045 mmhos/cm.

5.1.4.8. Necesidades diarias de agua de la planta

Agua sin salinidad ($C_e \leq 1$ mmhos/cm).

$$ND = K_C \cdot K_S \cdot K_a \cdot K_{eu} \cdot ET \cdot M \quad (5.5)$$

Agua sin salinidad ($C_e = 1$ mmhos/cm).

$$ND = (K_C \cdot K_S \cdot K_a \cdot K_u \cdot ET \cdot M) / K_l \quad (5.6)$$

Donde:

ND : Factor de cultivo (l/día por árbol).

K_C : Factor de cultivo (0,875).

K_S : Factor de sombra miento (0,5).

K_a : Factor de aumento por valores medios (1.20).

K_{eu} representa al factor global de $K_e + K_u = 1.2$

K_u representa al factor de uniformidad $K_u = 1.1$

K_l representa al factor de lavado

ET : Evapotranspiración diaria para el mes de máximo consumo (mm/día o l/m²).

M : Superficie que ocupa un árbol. 36 m².

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 11: Necesidades diarias de agua de la planta.

Necesidades diarias de agua de la planta [l/día por árbol]											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
29.61	33.36	29.67	25.98	25.67	22.68	24.22	26.07	29.28	30.05	30.38	29.40

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4.9. Número de gotero por planta

$$e \geq \frac{Sp \cdot Pm}{Smj} \quad (5.7)$$

Donde:

e : Número de goteros por planta.

Sp : superficie que ocupa una planta en m² (Normalmente coincide con el marco de plantación siempre y cuando no sobre pase 36m², cifra que se tomará cuando ocurra esta circunstancia).

Pm : Porcentaje de superficie mojada (en decimales) (En árboles aumenta su producción si se riega 33%).

Smj : Superficie que moja un gotero en m². Esto depende del caudal y número gotero por planta, tipo de suelo, tipo de riego.

Para calcular la Smj en m², calculamos el solape en tanto por 100.

$$S = \frac{a}{r} \cdot 100 \quad (5.8)$$

S : Solape expresado en tanto por 100.

a : Distancia recubierta por dos bulbos consecutivos.

r : Radio del bulbo.

La distancia entre gotero debe ser:

$$D = r \left(2 - \frac{S}{100} \right) \quad (5.9)$$

Con el cálculo de D y la fórmula de $A = \pi r^2 / 2$ se calcula Smj en m^2 . Con esto determinamos un gotero por planta.

5.1.4.10. Tiempo de riego

$$Tr = \frac{Dn}{Ng \cdot Qq} \quad (5.10)$$

Donde:

Tr : Tiempo de Riego (horas).
 Dn : Necesidades Diarias (l/día por árbol).
 Ng : Número de gotero por planta (3).
 Qq : Caudal del gotero (l/h).

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 12: Tiempo de Riego (min).

Tiempo de riego											[minutos]
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
111.03	125.11	111.27	97.42	96.25	85.06	90.83	97.76	109.78	112.70	113.91	110.26

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4.11. Número de Sectores

$$N_{sectores} = \frac{Jornada}{T_{riego}} \quad (5.11)$$

Jornada de Riego: Podemos considerar una jornada adecuada 8

a) Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{Superficie (m^2)}{Marco de riego o plantación} \quad (5.12)$$

b) Número de planta a regar Simultáneamente ($Nprs$):

$$Nprs = \frac{Número de plantas total}{Número de Sectores} \quad (5.13)$$

5.1.4.12. Caudal de Bombeo

a) Caudal Bombeo (Q_b)(caudal de un sector):

$$Q_b = N_{prs} \cdot N_g \cdot Q_g \quad (5.14)$$

Donde:

N_{prs} : Número de planta a regar simultáneamente.

N_g : número de goteros.

Q_g : Caudal del gotero (l/h).

b) Caudal Necesario para regar 1 ha de cultivo:

$$Q_n = \frac{Q_b(l/s)}{A(ha)} \quad (5.15)$$

Donde:

Q_n : Caudal necesario.

Q_b : Caudal bombeo (l/s).

A : Área (Ha).

5.1.4.13. Resumen de cálculo

Se presenta en breve un cuadro resumen de los arreglos matemáticos usados para lo cual se define el caudal de diseño que será de gran uso para poder dimensionar los elementos electromecánicos del sistema de bombeo.

Numero de sectores:

Tabla 13:Numero de Sectores.

Numero de Sectores											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Fuente: Elaboración Propia

Total, de plantas en la superficie:

Tabla 14: Total de plantas en la superficie.

Total de plantas en la superficie											(Np):
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224

Fuente: Elaboración Propia

Número de plantas a regar simultáneamente:

Tabla 15: Número de plantas a regar simultáneamente.

Número de plantas a regar Simultáneamente (Nprs):											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306

Fuente: Elaboración Propia

Caudal de Bombeo en un Sector:

Tabla 16: Caudal de Bombeo en un Sector.

Caudal Bombeo (Qb)(caudal de un sector) [l/s]											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36

Fuente: Elaboración Propia

Caudal Necesario para regar una hectárea de cultivo:

Tabla 17: Caudal Necesario para regar una hectárea de cultivo.

Caudal Necesario para regar 1 ha de cultivo [l/s]											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIÓN: Nuestro sistema constará de 4 sectores de riego en donde se tendrá que dimensionar una bomba sumergible acorde a las necesidades

del cultivo. Asimismo, también se dimensionará la instalación fotovoltaica en función al tamaño de la bomba y a la oferta de energía solar anteriormente tratada. Por ello se consideran que las dimensiones que tiene el captador no se encuentran limitadas por las necesidades de energía requeridas por los meses cuya oferta es menor, esto puede ocurrir dentro de una programación previa de riegos de forma convencional. Acorde a los cálculos previstos para los 4 sectores se considerara un caudal de diseño de 5,44 l/s, esto es capaz de proveer el recurso hídrico a toda la parcela.

5.2. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS Y DERIVACIONES

Dentro de la presente sección se busca calcular lo que respecta a la instalación hidráulica necesaria para nuestra instalación de riego dimensionada anteriormente. Se dispondrá a considerar para la instalación las características de tener aplicación de agua del tipo lento, localizado y uniforme, esto se diseña así con el fin de humedecer a una porción del terreno, por ello se logra manejar con alta frecuencia permitiendo así la uniformidad de la humedad del suelo durante todo el año lo cual es suficiente para el desarrollo de las plantas de mango.

Se lograron la correcta selección de los componentes del sistema para poder instalarlos de manera que puedan satisfacer las necesidades hídricas para el cultivo determinado previamente (Estudio de Necesidades Hídricas). Asimismo, se han definido todos los componentes hidráulicos de la red.

La red de tuberías será alimentada desde la el pozo tubular construido por el propietario por lo que no habrá costo adicional para efectos de este rubro.

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia general de diseño hidráulico que se seguirá en esta sección:

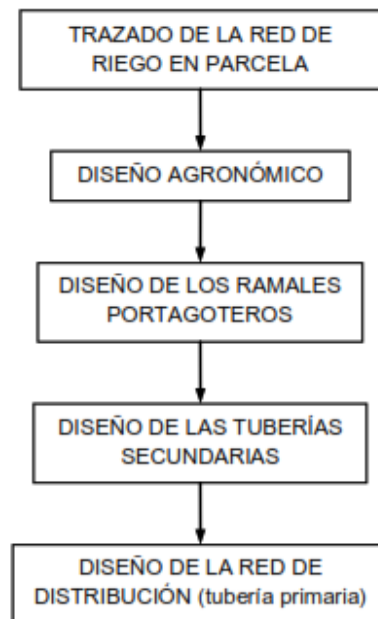


Figura 37: Secuencia de diseño de la instalación hidráulica.

Fuente: Elaboración Propia

Se busca la reducción a un punto máximo de pérdidas de cargas dentro del dimensionamiento de los ramales de tuberías con el fin de calcular el diámetro correcto para cada ramal, así se evitará las pérdidas ocasionadas por el forzamiento del flujo de agua en el interior de las tuberías. Hacer este cálculo garantiza que al momento del funcionamiento del sistema llegue el caudal deseado a todos los emisores del sistema de riego.

Los valores a tener en consideración para la velocidad de flujo dentro de la tubería que facilite el correcto dimensionamiento deben oscilar entre 0,5 a 3,5 m/s. Cuando se utilice velocidades superiores al valor de 3,5 m/s se presentaran una serie de problemas como lo son arrastres, posibles ruidos y fenómenos del tipo abrasivo en el interior de las paredes, estos problemas afectan directamente la durabilidad de la tubería debilitándola y reduciendo su tiempo de vida, por otro lado cuando se considera

valores inferiores a 0,5 m/s se ocasiona problemas como la sedimentación de posibles residuos en el interior de la tubería requiriendo un mantenimiento antes de tiempo aumentando los costos de operación.

La fórmula que relaciona la velocidad del agua (v) por el interior de la tubería con el caudal (Q) es la siguiente:

$$Q = v \cdot A \quad (5.16)$$

donde,

Q es el caudal volumétrico o flujo de agua que circula por la tubería;

v es la velocidad del agua en el interior de la tubería;

A es el área de la sección interna de la tubería ($\pi \cdot D^2/4$), siendo D el diámetro interior de la tubería.

Se procede a aislar el valor de la velocidad del agua de la ecuación 5.16, considerando que la velocidad del agua en el interior puede ser expresada en función del caudal y del diámetro interior de la tubería. Quedando la expresión de la siguiente manera:

$$v = Q/A = (4 \cdot Q)/(\pi \cdot D^2) \quad (5.17)$$

Para el presente sistema se hará uso de una línea principal de distribución la cual debe ser enterrada para un mejor recorrido en la parcela acorde al plano de distribución, de esta línea principal se derivaran de manera transversal los diferentes ramales portagoteros en los cuales se instalarán los emisores que permitirán la descarga de agua para cada planta de cultivo considerada.

Es de común uso dentro de los sistemas que cuenta con ramales portagoteros usar tuberías del tipo flexibles de polietileno que cuenten con baja densidad las cuales

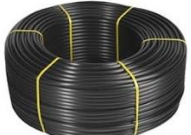
tienen por fabricación un color negro que las caracteriza. Para nuestro sistema se usará DN 16mm.

El arreglo para cada planta será el usar 2 goteros cuyo caudal de descarga sea 8 l/h (revisar sección 5.1.4.10.).

Anteriormente expuesto en los cálculos se debe considerar para cada ramal transversal porta goteros debe satisfacer de riego a 29 árboles, por ello el caudal de flujo por ramal necesario será de 232 l/h ($6,44 \cdot 10^{-5}$ m³/s).

A manera de simplificar las características se expone a continuación valores de diseño para ramales transversales porta goteros considerados a instalar:

Tabla 18: Ramales porta goteros a utilizar.

Ramales porta goteros en tubos flexibles de polietileno de baja densidad				
	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm.)	Espesor de pared (mm.)	Velocidad del flujo de agua (m/s)
	16	13,6	1,2	0,50


Fuente: Ingemecánica

Para el dimensionamiento de la tubería principal se hará uso del máximo caudal a circular por el interior del sistema, el cual ha sido calculado anteriormente (revisar sección 5.1.4.13), a partir de ello se establecerá su material y diámetro dada la demanda de riego del sistema. Para nuestro caso se empleará:

- *Caudal de diseño: 5,44 l/s*

Haciendo uso de la ecuación 5.17 se procederá a calcular la velocidad con que debe ir el agua, esta velocidad está condicionada por el caudal y la sección de la tubería. Para nuestro sistema se consideró una tubería de polietileno con DN90 mm, la cual posee las siguientes características:

Tabla 19: Tubería de la línea principal.

Tubería de la línea principal enterrada en polietileno de baja densidad						
	Tramo	Caudal	Diámetro exterior (DN)	Espesor de pared	Diámetro interior	Velocidad del flujo de agua (m/s)
	Línea Principal	19 584 l/h	73,6 mm	8,2 mm	57,2 mm	2,12

Fuente: Ingemecánica

5.3. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA INSTALACIÓN

Después de realizar el dimensionamiento del recorrido para las redes de distribución (expuestas en los planos del proyecto), se continuará con la estimación de las pérdidas de carga de la instalación, esto se realiza para poder tener un dimensionamiento correcto del equipo de bombeo. Se consideran tanto las pérdidas de carga dentro de los elementos del cabezal como también las posibles pérdidas en la tubería de aspiración y tuberías de conexión. Para el presente sistema se considera que las tuberías del cabezal tienen un diámetro de 90 mm.

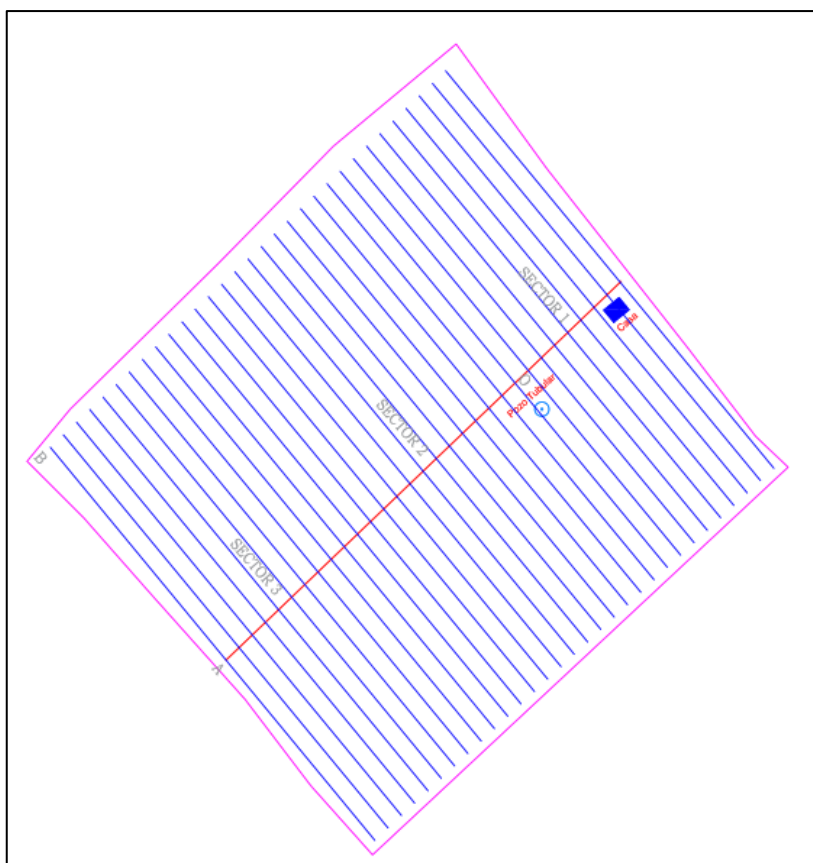


Figura 38: Distribución de Tuberías y derivaciones.

Fuente: Elaboración Propia

Para poder llegar a condicionar las prestaciones que brinda un grupo de bombeo se realiza un análisis en el cual se debe usar el caso más crítico de pérdida dentro de la instalación, con ello podremos garantizar el caudal previsto para cada planta.

Como se puede apreciar en la figura N° 38 el área a cultivar se encuentra fraccionada por 3 sectores, dentro de estos sectores se encuentra indicado al tramo **OAB** por el cual se presentará la mayor pérdida de carga de flujo de agua dentro de la instalación. Con el tramo más desfavorable se procede a calcular la pérdida de carga producida por los tramos faltantes.

Para poder identificar mejor el cálculo de pérdida de carga se debe tener en cuenta 03 diferentes tipos de pérdidas, siendo los siguientes:

- a) Pérdida de carga efectuada por los tramos rectos de tubería.
- b) Pérdida de carga efectuada ubicada en puntos y elementos de la red.
- c) Pérdida de carga efectuada en los goteros.

Se considerará la suma total de pérdidas de carga como la carga total de la instalación

(Δp_{total}):

a) Pérdida de carga en los tramos rectos de tubería:

Se hará uso de la ecuación de *Darcy-Weisbach*:

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (5.18)$$

Donde,

Δp : pérdida de carga expresada en metros.

L : longitud del tramo considerado de tubería (m)

D : diámetro interior de la tubería (m)

V : velocidad del agua en el interior de la tubería (m/s)

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

f : es el factor de fricción de *Darcy-Weisbach*.

Se considera un parámetro del tipo adimensional cuya dependencia se limita al número de Reynolds y a la rugosidad relativa para la tubería al factor de fricción, para nuestro caso el número de Reynolds del agua. Por ello si se requiere saber el factor de fricción se debe conocer previamente los valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa para la tubería dentro del tramo deseado.

Para poder calcular el número de Reynolds se puede hacer uso de la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (5.19)$$

Donde,

ρ : densidad del fluido, en este caso agua (kg/m^3).

μ : viscosidad dinámica del agua ($kg/m \cdot s$)

D : diámetro interior de la tubería (m)

v : velocidad del agua en el interior de la tubería (m/s)

También se puede determinar el número de Reynolds relacionándolo con la viscosidad cinemática del fluido, para nuestro caso la del agua ($\vartheta = \mu / \rho$):

$$Re = \frac{v \cdot D}{\vartheta} \quad (5.20)$$

Donde,

v : velocidad del agua en el interior de la tubería (m/s)

D : diámetro interior de la tubería (m)

ϑ : viscosidad cinemática del agua (m^2/s)

Se presentará a continuación los valores de densidad, viscosidad absoluta y viscosidad cinemática para el agua a distintas temperaturas.

Tabla 20: Valores de densidad y viscosidad del agua.

Temperatura [°C]	Densidad ρ [kg/m^3]	Viscosidad absoluta μ [$kg/m \cdot s$]	Viscosidad cinemática ϑ [m^2/s]
0	999,9	$1,792 \times 10^{-3}$	$1,792 \times 10^{-6}$
5	1 000,0	$1,519 \times 10^{-3}$	$1,519 \times 10^{-6}$
10	999,7	$1,308 \times 10^{-3}$	$1,308 \times 10^{-6}$
20	998,2	$1,005 \times 10^{-3}$	$1,007 \times 10^{-6}$
40	992,2	$0,656 \times 10^{-3}$	$0,661 \times 10^{-6}$
60	983,2	$0,469 \times 10^{-3}$	$0,477 \times 10^{-6}$
80	971,7	$0,367 \times 10^{-3}$	$0,377 \times 10^{-6}$
100	958,5	$0,286 \times 10^{-3}$	$0,298 \times 10^{-6}$

Fuente: Elaboración propia

Dentro del presente cálculo de la instalación se tomará el valor de la velocidad cinemática para el agua a temperatura de 20°C, dicho valor acorde a la tabla 20 es de $1,007 \times 10^{-6} m^2/s$.

Para los valores de la rugosidad relativa de la tubería vienen dados en condición a la rugosidad absoluta y del diámetro del interior de la tubería, pudiéndose expresar de la siguiente manera:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (5.21)$$

Para distintos materiales el valor de la rugosidad absoluta se puede apreciar la siguiente información expuesta:

Tabla 21: Rugosidades absolutas de materiales.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ε (mm)	Material	ε (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y solado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrífuga	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente: Ingemecánica

Se hará uso del polietileno en todas las tuberías del sistema, siendo $\varepsilon = 0,0015$ mm, acorde a lo expuesto en la anterior tabla.

Para el caso del número de Reynolds, este sufre un comportamiento acorde al flujo de agua que pasa por el interior de la tubería:

- Para valores comprendidos por el intervalo de $Re < 2000$ se le considera como Régimen laminar.
- Dentro del intervalo de $2000 < Re < 4000$ el número de Reynolds entra en la llamada Zona crítica o de transición.
- Para valores en los que el número Reynolds está comprendido entre el intervalo $Re > 4000$ se le conoce como un Régimen turbulento.

Para poder estimar si un flujo dentro de una tubería se encuentra en régimen laminar o turbulento se debe conocer el factor de fricción (f).

Debido a que el factor de fricción (f) se condiciona a los valores que puede lograr a tener el número de Reynolds, presentándose dos casos uno cuando se encuentra el valor por debajo del límite turbulento ($Re < 2000$), llegando a estar en régimen laminar, cuando se presenta este caso se logra hacer uso de la fórmula de Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (5.22)$$

El otro caso es cuando el número de Reynolds se encuentra en régimen turbulento ($Re > 4000$), no se puede lograr tener un valor de manera inmediata para el factor de fricción, debido a que este valor dependerá del número de Reynolds como también de la rugosidad relativa de la tubería. Para poder lograr estimar un valor a este problema se hacen usos de diversos teoremas para poder hallar el factor de fricción (ejemplo la Ecuación de Colebrook-White).

Sin embargo, en la actualidad se puede contar con diversas expresiones gráficas, ábacos empíricos y aplicaciones que nos pueden proporcionar valores estimados para el factor de fricción. Se hace uso del Diagrama de Moody para poder ayudarnos en el calculo del valor, este diagrama es una representación gráfica usando una escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa de la tubería (ε/D), como se expone en la figura 29.

Se procede a calcular la pérdida de carga producida en el tramo más desfavorable considerado para la instalación de riego deseada.

El tramo conformado por las letras OAB será el más desfavorable, como ya se mencionó anteriormente. Es en este tramo donde se encontraran las pérdidas de carga mayores.

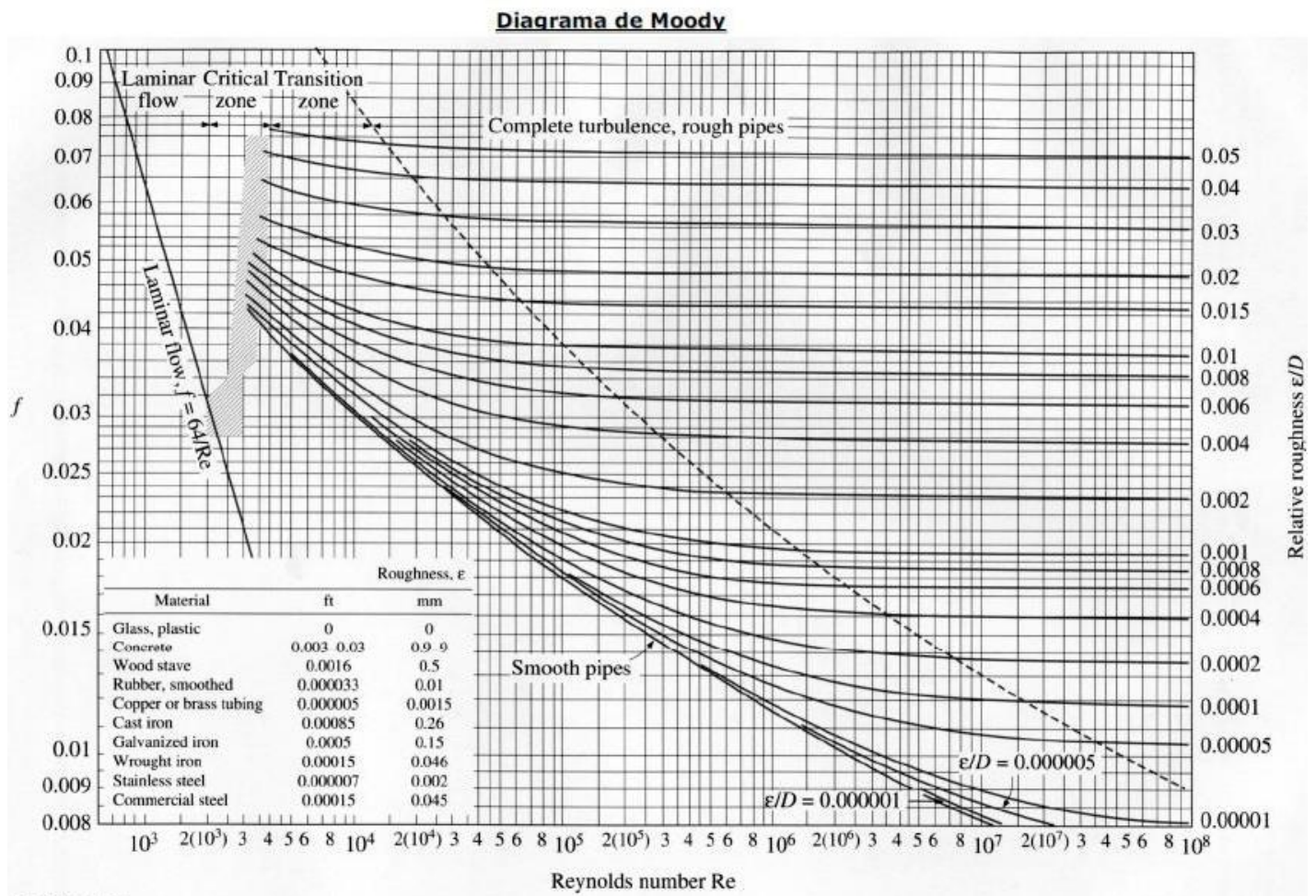


Figura 39: Diagrama de Moody.

Fuente: Fluid Mechanics, Fox

Para el tramo OAB se dividirá en dos tramos, los cuales se deben de analizar con diámetros mencionados con anterioridad en el presente estudio, los cuales nos dará lo siguiente:

- **Tramo OA**, es el tramo de la línea principal el cual está siendo compuesto por tuberías de polietileno con DN90.
- **Tramo BC**, siendo un tramo del tipo aéreo porta goteros, cuenta con tuberías de polietileno con DN16.

Se pudieron tener los siguientes resultados:

- **Tramo OA** (Tramo enterrado contiene la línea principal de distribución).

- Material para la tubería considerado: Material del tipo polietileno con baja densidad acorde a *PE-32*.
 - Diámetro nominal: $DN=90\text{ mm}$
 - Diámetro interior: $Di=57,2\text{ mm}$
 - Longitud del tramo: $L=176,50\text{ m}$
 - Velocidad del agua en el tramo: $v=2,12\text{ m/s}$
 - Rugosidad absoluta de la tubería: $\varepsilon=0,0015\text{ mm}$
 - Rugosidad relativa ($\varepsilon_r=\varepsilon/Di$): $0,000026$
 - Número de Reynolds (Re) en el tramo: $Re=120\ 421$
 - Del diagrama de Moody con Re y ε_r : $f=0,017$
 - Pérdidas de carga (*Ecuación de Darcy-Weisbach*): $\Delta p_{OA}=12,02\text{ m}$
- **Tramo AB** (*Este tramo está conformado por ramales porta goteros*).
 - Material considerado para la tubería: polietileno del tipo que cuenta con baja densidad *PE-32*.
 - Diámetro nominal, $DN=16\text{ mm}$
 - Diámetro interior, $Di=13,6\text{ mm}$
 - Longitud del tramo, $L=121,62\text{ m}$

- Velocidad del agua en el tramo, $v=0,50 \text{ m/s}$
- Rugosidad absoluta de la tubería, $\varepsilon=0,0015 \text{ mm}$
- Rugosidad relativa ($\varepsilon_r=\varepsilon/D_i$): $0,00011$
- Número de Reynolds (Re) en el tramo: $Re=6\ 753$
- Del diagrama de Moody con Re y ε_r : $f=0,034$
- Pérdidas de carga (*Ecuación de Darcy-Weisbach*): $\Delta p_{AB}=3,87 \text{ m}$

Las pérdidas totales en este tramo serán de:

$$\Delta p_{OAB} = \Delta p_{OA} + \Delta p_{AB} = 12,02 \text{ m} + 3,87 \text{ m} = 15,89 \text{ m}$$

b) Pérdida de carga en puntos y elementos localizados de la red;

Como se mencionó anteriormente, se siguió un procedimiento para lograr determinar las pérdidas dentro de los tramos rectos de las tuberías, sin embargo, también se considera otro tipo de elementos como válvulas, filtros, codos, cambios de dirección, entre otras. Estos elementos también aumentan las pérdidas de carga dentro de la instalación para nuestra plana de mangos.

Para calcular las pérdidas locales que se originan en estos elementos que se encuentran intercalados en la instalación (codos, derivaciones en T, bifurcaciones, reducciones...) se emplea la siguiente formulación de naturaleza empírica:

$$\Delta p = K \frac{v^2}{2g} \quad (5.23)$$

o bien

$$\Delta p = K \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \quad (5.24)$$

Utilizaremos los siguientes valores orientativos para el uso del coeficiente k:

Tabla 22: Coeficientes de pérdida de carga, K.

Válvulas (abiertas)	Coefficiente de pérdida, K
De bola	K = 0,1
Compuerta	K = 0,1 - 0,3
Anti-retorno	K = 1,0
De asiento estándar. Asiento de fundición	K = 4,0 - 10,0
De asiento estándar. Asiento de forja (pequeña)	K = 5,0 - 13,0
De asiento a 45°. Asiento de fundición	K = 1,0 - 3,0
De asiento en ángulo. Asiento de fundición	K = 2,0 - 5,0
De asiento en ángulo. Asiento de forja (pequeña)	K = 1,5 - 3,0
Mariposa	K = 0,2 - 1,5
Diafragma	K = 2,0 - 3,5
De macho o tapón. Rectangular	K = 0,3 - 0,5
De macho o tapón. Circular	K = 0,2 - 0,3
Otros elementos	Coefficiente de pérdida, K
Codos a 90°	K = 0,2
Filtros	K = 3,0
Derivación	K = 0,7

Fuente: Fundamentals of Fluid mechanics, Munson

Al utilizar valvulas podremos tener algunas válvulas parcialmente abiertas, por ello los coeficientes de pérdida de carga cambiarán en función del valor para el coeficiente en apertura total, por ello se utilizara la siguiente tabla:

Tabla 23: Coeficientes de pérdida de carga en válvulas parcialmente abiertas.

<i>Cociente $K_{(parcialmente\ abierta)}/K_{(abierta)}$</i>			
Situación	Compuerta	Esfera	Mariposa
Abierta	1,0	1,0	1,0
Cerrada 25%	3,0 - 5,0	1,5 - 2,0	2,0 - 15,0
50%	12 - 22	2,0 - 3,0	8 - 60
75%	70 - 120	6,0 - 8,0	45 - 340

Fuente: Fundamentals of Fluid mechanics, Munson

Empezara a realizarse una serie de pasos de la siguiente manera:

1. Poder lograr identificar que tramos constituyen el recorrido por el cual el agua tendrá mayor pérdida de carga, siendo este el tramo más desfavorable.

2. Registrar los posibles elementos utilizados para la instalación en el tramo más desfavorable (válvulas, filtros, codos, derivaciones) para poder designar el coeficiente de pérdida (k) correspondiente, esto se hace acorde a las tablas mostradas anteriormente.
3. Se hará uso de la formulación de tipo empírica anteriormente expresada para cada elemento específico del sistema, posterior se dispondrá a conocer la pérdida de carga la cual debe sumarse para poder obtener la pérdida total.
4. Por último, se hará una suma de todas las pérdidas de los diferentes elementos para obtener la pérdida de carga total.

El recorrido del tramo OAB se producirá la mayor pérdida de carga, se empezará a realizar el cálculo de las pérdidas de carga de todos los elementos instalados en cada uno de estos tramos. Se expone a continuación los valores que se obtuvo:

Tabla 24: Pérdidas de carga localizadas.

Tramo	Caudal, Q (l/h)	Diámetro interior, D (mm)	Tipo de elemento	Unidades	Coeficiente de pérdida del elemento, k	Pérdida de carga, Δp_{local} (m)
OA	19 584	57,2	Válvula antirretorno	1	1,0	0,098
			Válvula de bola	1	0,1	0,010
			Codos a 90°	4	0,2	0,078
			Derivaciones de ramales porta goteros	31	0,7	2,118
AB	264	13,6	Inserción de los goteros	35	0,7	0,318
Total (m)						2,62

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la tabla 24 se consideraron diferentes tipos de pérdidas de carga producidas por los elementos del sistema, estos elementos son codos, válvulas o cambios de dirección de tubería. Se agregan a su vez las pérdidas generadas por las derivaciones (porta goteros) desde la tubería principal, como también se consideran las interferencias debido al flujo debido al acoplo de los goteros para cada ramal.

En este caso, se intercalará a la salida de la bomba los siguientes elementos de filtrado con su correspondiente valor de pérdida de carga:

Tabla 25: Filtros instalados en el sistema de riego.

Tipo de filtro	Pérdida de carga (m.c.a.)
Filtro hidrociclón	2,4 metros
Filtro de malla	0,9 metros

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, sumando las pérdidas de carga producida en los dos filtros instalados a las obtenidas en la tabla anterior correspondiente a válvulas y ramificaciones, se obtiene una pérdida de carga localizada debida a los elementos intercalados en la instalación de:

$$\Delta p_{local} = 2,62 \text{ m} + 2,40 \text{ m} + 0,90 \text{ m} = 5,92 \text{ m}$$

c) Pérdida de carga producida en los emisarios o goteros.

Estas pérdidas estarán en función del diámetro nominal obtenido para ramal porta goteros, el cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 26: Longitudes equivalentes de pérdida de carga en goteros.

	Diámetro del portagoteros	12 mm	16 mm	20 mm	25 mm
	Longitud equivalente	0,35 m	0,23 m	0,18 m	0,12 m

Fuente: Ingemecánica

Para concluir con el proceso del cálculo se procede a sumar todas las pérdidas de carga mencionadas anteriormente, el resultado es la pérdida de carga total de toda la instalación, siendo lo siguiente para el sistema de riego:

$$\Delta p_{TOTAL} = 15,89 \text{ m} + 5,92 \text{ m} + 0,23 \text{ m} = 22,04 \text{ m}$$

5.4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Previamente se obtuvieron los requerimientos de agua y presión para poder general el sistema de bombeo que realizara el sistema de riego para la plantación de mangos.

Dentro de la sección 5.1 se pudo calcular el caudal necesario y los datos para el sistema siendo lo siguiente:

- N° de árboles de mango : 1 224
- N° de sectores de riego: 4
- Caudal de riego por planta : 16 l/h
- Caudal Total necesario : 19 584 l/h ($5,44 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)

Para poder dar a conocer el valor de la presión requerida por la bomba de agua para poder dar el riego, a lo cual se le conoce como altura manométrica (H), se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$H = H_g + \Delta p \quad (5.25)$$

Donde,

H_g : Corresponde la profundidad en la que podemos encontrar el nivel del agua dentro del pozo tubular (m) conocida como altura geométrica.

Δp : Corresponde a la pérdida de carga total del flujo de agua para la instalación correspondiente del recorrido por los elementos hasta que termina su recorrido por el gotero.

El valor de nivel de profundidad del agua en el interior del pozo (siendo 30 metros de profundidad) será el mismo de la altura geométrica (H_g).

Por ello la bomba para el sistema debe lograr poder superar el caso más desfavorable de la altura geométrica, lo cual es 30 metros.

Para las pérdidas de carga producidas durante la instalación se hará uso del término de altura manométrica de la bomba. Como se mencionó en la sección 5.3 este valor será de $\Delta p = 22,04$ m.

La presión total ejercida que debe superar la bomba debe ser la suma de los dos factores mencionados, lo cual sería lo siguiente:

$$H = H_g + \Delta p = 1,80 + 19,39 = 21,19 \text{ metros}$$

Resumiendo, la selección de la bomba debe considerar los siguientes puntos:

Tabla 27: Resultados para selección de bomba.

Caudal [m^3/h]	Presión [m]
19,587	52,043 m

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo uso del aplicativo informático facilitado por el fabricante “Grundfos”, el cual nos ayuda a la selección de la bomba para el sistema. Compararemos este resultado con lo que se obtendrá posteriormente aplicando la metodología de estudio.

Siendo los datos obtenidos por fabricante los siguientes:

Tabla 28: Resultados para selección de bomba.

Escribe	ESP 17-8	Cargar perfil ⓘ
Cantidad * Motor	1*5,5 kilovatios,	
Flujo	19,58 m ³ /hora	1
H totales	52,05 metros	Flujo (%) 100
Potencia P1	4.831 kilovatios	Caudal (m ³ /h) 19.5
Potencia P2 requerida en el punto de trabajo	4.196 kilovatios	Cabeza (%) 100
Actual (nominal)	12,6 A	Cabeza (m) 52.0
actual (real)	9,6 A	P1 (kW) 4.797
Coseno fi (real)	0.72	Eta total (%) 57.5
bomba eta	66,0 %	Tiempo (h/a) 3650
Eta motor	86,9 %	Consumo de energía (kWh/Año) 17509
Eta total	57,4 % =Eta bomba * Eta motor	Cantidad 1
Velocidad	96 %	
Velocidad	2872 rpm	
Caudal total	71110 m ³ /año	
Especificaciones. consumo de energía	0,245 kWh/m ³	
	4,71 Wh/m ³ /m	
Consumo de energía	17509 kWh/año	
Precio	Bajo pedido	
El costo del ciclo de vida	24076 EUR /10 años	

! Las pérdidas de cable no están incluidas!

Fuente: Grundfos

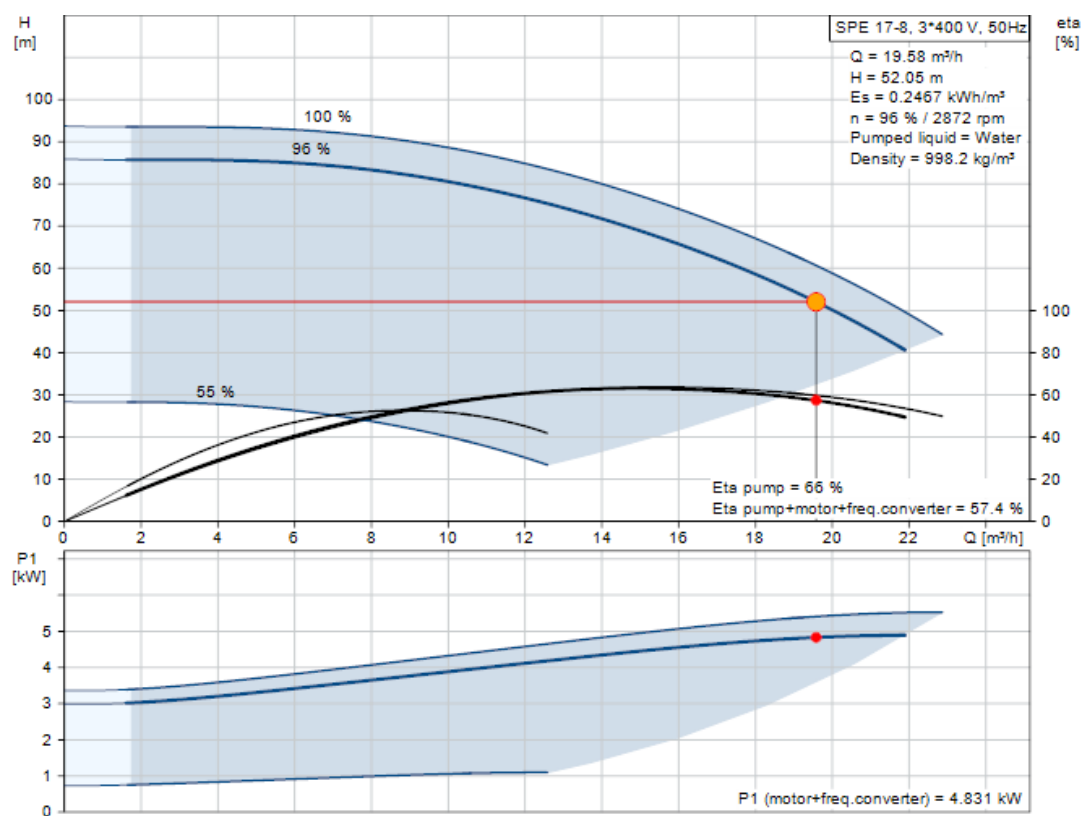


Figura 40 Curvas de rendimiento para la bomba seleccionada

Fuente: Grundfos

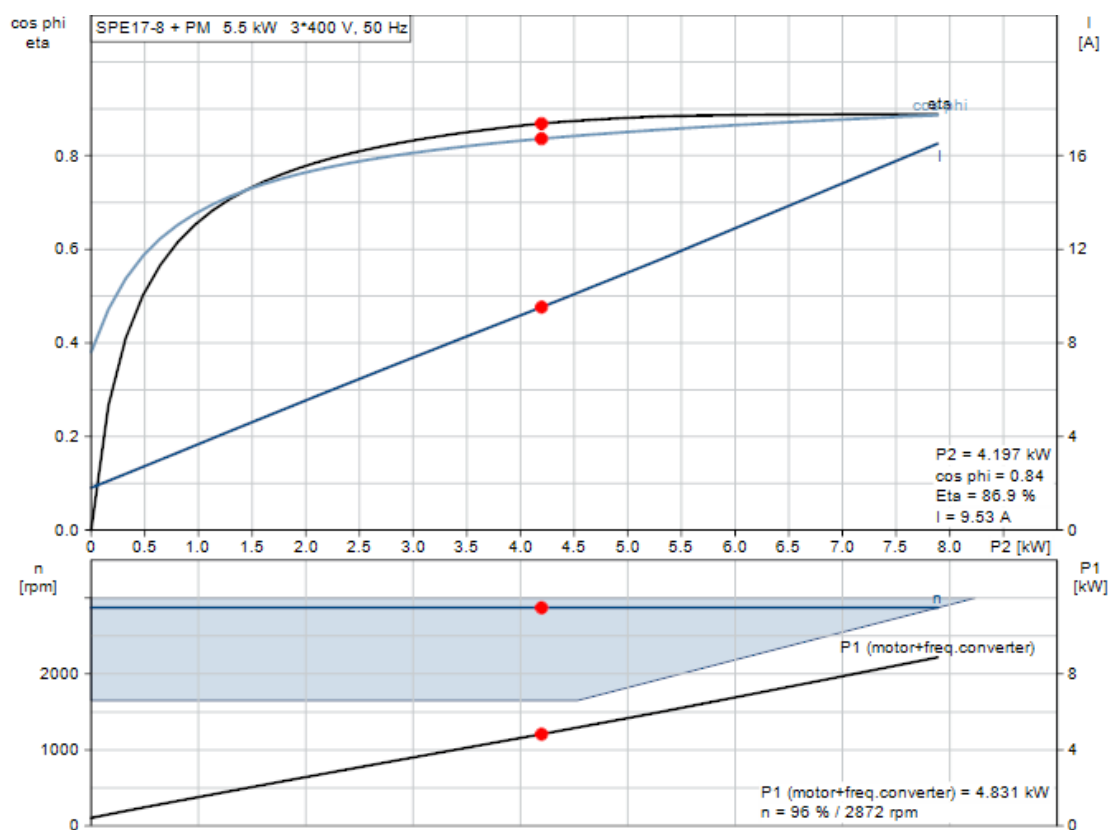


Figura 41 Curvas de funcionamiento para la bomba seleccionada

Fuente: Grundfos

Se procede a enunciar los componentes con sus resultados obtenidos:

5.1.5. Energía hidráulica necesaria por mes (Eh)

El objetivo de la presente sección es el dimensionado tanto de la instalación fotovoltaica que alimentará al motor del sistema de bombeo, como del propio conjunto motor – bomba. Se deberá determinar, por tanto, la potencia fotovoltaica a instalar para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en las condiciones establecidas en las secciones anteriores (Estudio de Necesidades Hídricas) y el número máximo de sectores de riego que podrán funcionar simultáneamente dependiendo de la oferta energética.

Se dimensionan los siguientes componentes para la instalación de bombeo fotovoltaico:

- **Subsistema de generación:**

Conformado por la unión de diversos módulos cuyo arreglo puede ser en serie y/o paralelo lo cuales pueden transformar la energía incidente captada en energía eléctrica.

- ***Subsistema de acondicionamiento de potencia:***

Cumple una función principal para el sistema, la cual es de poder proporcionar al sistema motor – bomba una combinación más óptima de voltaje/corriente, como también busca asegurar la operación del generador fotovoltaico para su punto de máxima potencia. Esto se expondrá a detalle en el contenido posterior de la presente sección, para este caso lo conforma un regulador de carga con un inversor. Actualmente este subsistema está incluido dentro de los conjuntos motor-bomba usados para los sistemas de bombeo fotovoltaico, siendo suficiente usar este tipo de motor-bomba.

- ***Subsistema de acumulación de energía:***

Mencionado con anterioridad, el suelo de la parcela de cultivo representará al subsistema de acumulación de energía.

- ***Subsistema motor – bomba:***

Conformado por un motor cuyo funcionamiento hace accionar una bomba, este sistema se considera el principal destino al cual debe dirigirse la energía obtenida por el subsistema de generación.

La intensidad de la radiación condiciona a la potencia que suministra el campo del generador fotovoltaico, debido a que esta empezará a variar acorde a cada zona y época del año, esto ocurre por las diversas condiciones climáticas y geográficas que se pueden encontrar en un lugar específico en el periodo de un año.

Por ello se requieren datos medios mensuales de radiación solar de la zona de estudio donde se planea instalar el sistema, para casos especiales donde no se pueda disponer de valores de población dentro de la zona de estudio se empleará valores de la población más cercana a la zona de estudio la cual debe disponer de estos valores.

Se iniciará por los datos obtenidos de radiación media diaria de cada mes sobre superficie horizontal, con estos datos se puede proceder a calcular la irradiancia incidente sobre superficie inclinada. Al disponer de la data de la NASA en su sitio web, esta información con referencia a Meteorología de Superficie y Energía Solar, lo único que se requiere conocer para el aplicativo del sitio web es la información referente a la zona geográfica (Datos de la Latitud y Longitud de la zona de estudio). Se dispone a su vez de información por parte del fabricante Grundfos de la cual se logra obtener valores promedio de irradiancia mensual, siendo estos valores tabulados en forma de horas sol pico. Las HSP (horas sol pico) se definen como la cantidad de horas que pueden tener una cantidad ideal de 1000 W/m^2 que sumadas en total deben dar la irradiación total que la real de ese mismo día. Se expone a continuación las dos tablas de datos proporcionadas por las fuentes correspondiente a NASA y al fabricante *Grundfos*, para lo cual se optará por trabajar con los valores del fabricante por encima de los de la NASA.

Latitude **-6.2** / Longitude **-72.73** was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-6.2
Longitude	°E	-72.73
Elevation	m	169
Heating design temperature	°C	21.00
Cooling design temperature	°C	35.57
Earth temperature amplitude	°C	10.7
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	27.4	66.3%	4.62	99.0	1.4	27.2	0	545
February	26.9	69.3%	4.41	99.1	1.5	26.7	0	484
March	27.2	67.3%	4.43	99.1	1.5	27.1	0	541
April	26.8	66.8%	4.26	99.1	1.6	26.6	0	508
May	27.4	57.3%	4.24	99.2	1.9	26.9	0	543
June	27.4	48.6%	4.29	99.3	2.2	26.7	0	524
July	27.6	39.3%	4.67	99.4	2.1	26.7	0	544
August	28.8	34.6%	5.02	99.3	1.8	28.1	0	580
September	30.1	35.4%	5.15	99.1	1.6	29.7	0	603
October	30.4	39.7%	5.10	99.0	1.5	30.2	0	632
November	29.3	50.4%	4.76	99.0	1.5	29.3	0	580
December	28.2	61.0%	4.61	99.0	1.4	28.1	0	569
Annual	28.1	53.0%	4.63	99.1	1.7	27.8	0	6653
Measured at (m)					10.0	0.0		

Figura 42: Datos de Radiación y Meteorológicos de la Zona de Estudio.

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi>

Tabla 29: Valores de Radiación en zona de estudio.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Irradiación hztal [kWh/m² día]	4,4	4,0	4,1	4,4	4,7	4,8	5,0	5,5	5,2	5,0	5,1	4,5

Fuente: Grundfos

Se expondrá por consiguiente el cálculo de la energía hidráulica demandada en el periodo de un mes (E_h), dentro de estos resultados se ha considerado en ellos un cierto factor que facilitara el conteo de las mayores demandas de agua durante el tiempo que dure el verano.

Tabla 30: Energía hidráulica requerida por mes (Eh).

MES	V' (teórico) [m3/día]	FACTOR	V (real) [m3/día]	Altura estática Hg[m]	Altura dinámica Hd[m]	Abatimiento Ab[m]	Altura total H[m]	Eh[kWh]	HSP	Eh/HSP	
Enero	78.37		1.25	97.959	1.30	19.39	0.50	21.19	5.651	4.40	1.284
Marzo	78.37	1.25	97.959	1.30	19.39	0.50	21.19	5.651	4.10	1.378	
Abril	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	4.40	1.027	
Mayo	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	4.70	0.962	
Junio	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	4.80	0.942	
Julio	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	5.00	0.904	
Agosto	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	5.50	0.822	
Septiembre	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	5.20	0.869	
Octubre	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	5.00	0.904	
Noviembre	78.37	1.00	78.367	1.30	19.39	0.50	21.19	4.521	5.10	0.886	
Diciembre	78.37	1.20	94.041	1.30	19.39	0.50	21.19	5.425	4.50	1.205	

Fuente: Elaboración propia

La orientación de los paneles fotovoltaicos será dirigida en dirección al nor geográfico, se considerará un ángulo de inclinación para el sistema de 7,98° esto debido al resultado obtenido de la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\Phi| = 3,7 + 0,69 * 6,2 = 7,98^{\circ}$$

Se establece que $|\Phi|$ = Latitud del lugar, no se considera el signo (grados)

5.1.6. Mes condicionante

Para poder identificar al mes a dimensionar se realizara el arreglo de dividir a la energía hidráulica requerida con la energía solar disponible dentro de la zona, el resultado tiene que ser máximo para poder dimensionar. En consecuencia, se

tendrá un mes que tenga la mayor deficiencia para satisfacer la cantidad de agua demandada.

Para obtener este mes se calcularon los cocientes entre las energías hidráulicas y las radiaciones de cada mes, eligiendo el mes cuyo cociente sea máximo, es decir donde la radiación solar sea mínima. Los datos energéticos de este mes se utilizarán como base para dimensionar los componentes de la instalación. Cabe destacar que para nuestro caso el mes de dimensionado es febrero (resaltado en la tabla anterior).

5.1.7. Determinación de la potencia del campo fotovoltaico

Consta en calcular la potencia pico del campo de paneles necesaria para satisfacer la demanda hídrica a lo largo de todo el año. En el momento de calcular esto supondremos que los módulos operan en sus condiciones estándar (25 °C y 1 000 W/m²) y que están suministrado su potencia máxima durante todo el día. En la realidad, la potencia de salida de los módulos será inferior a la nominal (pico), debido a factores tales como que la irradiancia a lo largo del día toma valores inferiores a 1 000 W/m², debido a la influencia de la temperatura de operación de los módulos, a las pérdidas por conexionado de estos, etc.

Para calcular la potencia pico del generador se procederá siguiendo los pasos detallados a continuación.

En primer lugar, se calculará la energía eléctrica diaria, E_e , expresada en kWh como:

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \quad (5.26)$$

Donde η_{mb} representa al rendimiento medio diario mensual considerado para el subsistema motor bomba, estimando acorde a lo siguiente:

- Se tomará el valor de 0,3 para cuando se presente casos de succión superficial, o unidades flotantes de succión sumergida las cuales se utilizan en motores de imán permanente CC con escobillas como también para los que no cuenten con ellas, a su vez se usa también para bombas centrífugas.
- El valor cambiara a 0,4 en los casos que se cuente con unidades del tipo flotantes que cuenten con CC y a su vez de bomba sumergida; para casos donde se cuente con unidades que dispongan de una bomba sumergida con motor en la superficie o que cuenten con un motor de c.c con escobillas o sin ellas y una bomba centrífuga del tipo multiestado también se usara este valor.
- Se optara por aumentar el valor a 0,42 cuando se use bombas del tipo centrífugas multiestado sumergibles de CC o CA, bombas de desplazamiento positivo sumergidas en un motor de CC en la superficie.

Los requerimientos de energía mecánica se relacionan de manera directa con el consumo de energía eléctrica, este consumo es determinado y condicionado a las características del grupo motor bomba o electrobomba. Para ello se enuncia al rendimiento electromecánico como un parámetro del tipo descriptivo debido a que este es el porcentaje de la energía eléctrica capaz de lograr transformarse en energía mecánica para el sistema de impulsión de agua.

Calculado el valor que toma E_e , se procede a realizar los cálculos para poder encontrar el área necesaria para que el generador pueda proporcionar la energía dispuesta, la cual se calcula con la siguiente formula:

$$A = \frac{E_e}{\eta_{fv} G_{dm}} \quad (5.27)$$

La energía media diaria mensual incidente toma el valor de G_{dm} debido a que incide sobre el generador del tipo fotovoltaico siempre considerando que se encuentra en el mes más desfavorable, sus unidades son kWh/m²/día. El valor de G_{dm} se obtiene partiendo de los valor de tablas de energía media diaria mensual incidente sobre superficie horizontal (transformando los valor de Mj a kWh) como también se debe calcular usando el factor de corrección, k, para la inclinación considerada de los paneles (Tener en cuenta que 1 Mj = 1/3,6 kWh). Para el rendimiento medio diario proporcionado por el generador η_{fv} , se usará la siguiente ecuación:

$$\eta_{fv} = F_m \cdot F_t \cdot \eta_g \quad (5.28)$$

Siendo el actor de acoplo medio F_m definido por el resultado de realizar la división de la energía eléctrica generada a condiciones reales de operación con la energía que se podría generar en condiciones donde el generador pueda trabajar dentro del punto de máxima potencia. Siempre se dispone el dato que el generador no siempre podrá trabajar en condiciones estándar. Para casos donde se desconozca este valor se optará tomar el valor de 0,95 siempre y cuando se cuente con un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia. Para otros casos como el de bombas centrifugas se optará por el valor de 0,9 y para casos de desplazamiento del tipo positivo se asumirá el valor de 0,8.

El valor de F_t se condiciona a las condiciones climáticas debido a que en zonas donde el ambiente sea cálido asume el valor de 0,8 y para zonas con climas fríos este asume el valor de 0,9 siendo la temperatura un factor importante dentro de este término sobre los módulos fotovoltaicos.

Para las condiciones de 25 °C y 1 000 W/m² la potencia eléctrica de salida para un generador del tipo fotovoltaico es:

$$P_p = \eta_g \cdot A \cdot 1\,000 \quad (5.29)$$

Sustituyendo η_g y A por sus valores, tendremos:

$$P_p = \frac{E_h \cdot 1\,000}{\eta_{mb} \cdot F_m \cdot F_t \cdot G_{dm}} = \frac{5,651 \times 1\,000}{0,42 \times 0,95 \times 0,8 \times 3,6} = 4\,917,39 \text{ W} \quad (5.30)$$

Cabe destacar que en la expresión anterior se ha considerado un factor k de inclinación de paneles de 0,9 y la radiación solar correspondiente al mes de febrero (4,0 kWh/m²/día).

5.1.8. Selección de la bomba

Se enuncia las necesidades para un correcto funcionamiento, ventajas y posibles inconvenientes de los tipos de bomba considerados:

- ***Bombas centrífugas superficiales:***

Este tipo de bomba cuentan con la ventaja de disponer un fácil acceso al momento del mantenimiento esto lo hace ideal para reparaciones. Pese a ello se ven condicionadas por la capacidad que pueden succionar siendo un máximo de 8 metros. Sin embargo dentro del mercado se pueden encontrar a un bajo costo, también proporcionan una larga durabilidad como tolerancia a una porción de arena y otros sedimentos. Este tipo de bombas son recomendables cuando se tienen instalaciones de volúmenes superiores los cuales pueden ser considerados en el rango de 20,000 a 100,000 litros por cada día de funcionamiento con una mediana carga dinámica total la cual puede estar comprendida entre 1 a 25 metros.

- ***Bombas centrífugas sumergibles:***

Dentro de los sistemas de bombeo del tipo fotovoltaico son las más utilizadas. Se cuenta con una gran diversidad de modelos. Para evitar daños por sobrecalentamiento se recomienda no usar este tipo de bombas en vacío. Se

cuenta con una vida útil de por lo menos 10 años en continuo funcionamiento, en comparación con las bombas de tipo superficial su costo inicial es superior. Las cantidades de agua que se suelen bombear con este tipo de bomba oscilan en el intervalo de 5,000 a 20,000 litros por día contando a su vez con una carga dinámica total media que puede llegar a estar entre 20 a 35 metros.

- ***Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo:***

Este tipo de bomba se usa para cuando se requiere bombear cantidades bajas de agua, estas cantidades están dentro de los valores de 1,000 a 5,000 litros por día. Al momento de compararlas con las bombas del tipo centrifuga resultan ser más eficientes y con una mayor carga dinámica total. Sin embargo se pierde la resistencia a la arena y su mantenimiento debe ser periódicamente para algunas piezas como lo son los diafragmas y sellos.

Dentro del predio se cuenta con un pozo tubular implementado por lo cual utilizaremos una bomba de tipo sumergible para el sistema.

Acorde a los datos enunciados por la Tabla N°27 y en relación con el caudal y altura calculados se procede a seleccionar la bomba con la que trabajara nuestro sistema de riego, se puede apreciar dentro de la Tabla N°28 todas las características de la bomba proporcionadas por el fabricante Grundfos, siendo acorde a los valores obtenidos de caudal y altura los cuales son necesarios para el accionar del sistema, estos valores ideades de caudal y altura son obtenidos por el aplicativo proporcionado por el fabricante.

En conclusión, se utilizará la siguiente bomba:

Modelo de Bomba: ESP 17-8 de Grundfos

Bomba sumergible multietapa con regulación de velocidad para suministro de agua bruta, descenso del nivel freático y aumento de presión. La bomba es apta

para bombear líquidos limpios, ligeros y no agresivos sin partículas sólidas ni fibras.

5.1.9. Selección del Inversor

Nuestro sistema de bombeo funciona con bomba sumergible de las características indicadas en las secciones anteriores, sin embargo, esta bomba funciona para voltaje trifásico 3x400V por lo que será necesario utilizar inversor el cual se selecciona para el voltaje de utilización y la potencia que manejará la bomba. Por lo tanto, utilizaremos:

VARIADOR MPPT INVT 15kW (20HP) 380V. + TABLERO DE PROTECCIÓN + CABLEADO.



Figura 43 VARIADOR MPPT INVT 15kW (20HP).

Fuente: Shenzhen INVT ELECTRIC CO

5.1.10. Cálculo del arreglo del campo fotovoltaico

Se podrá determinar la cantidad y forma de conexionado cuando se establezca con que tipo de paneles se dispone a funcionar, tensión funcional del motor eléctrica utilizado por la bomba como tambien de la potencia del campo fotovoltaico la cual fue determinada anteriormente dentro de la sección 5.4.3.

En primer lugar, el panel fotovoltaico a utilizar será el *TAI300Wp-156-72P* del fabricante *TAI ENERGY*, el cual tiene las siguientes características:

Número de artículo	Descripción	Peso neto	Rendimiento eléctrico bajo STC (1)				
			Nominal Potencial	Tensión Máxima	Corriente Máxima	Tensión en Vacío	Corriente de cortocircuito
			PMPP	VMPP	IMPP	Voc	Isc
		Kg	W	V	A	V	A
TAI50Wp-156-36P	20W - Poly 540x670x25 / 30mm	4.3	50	17.6	2.84	21.8	3.10
TAI80Wp-156-36P	80W - Poly 1030x670x35mm	6.8	80	17.6	4.55	21.8	4.90
TAI100Wp-156-36P	100W - Poly 1030x670x35mm	8.9	100	17.6	5.68	21.8	6.12
TAI150Wp-156-36P	150W - Poly 1470x680x35mm	12	150	17.90	6.70	22.40	8.81
TAI200Wp-156-54P	200W - Poly 1470x680x35mm	15	200	26.60	7.52	32.00	8.33
TAI250Wp-156-60P	250W - Poly 1640x992x40mm	17	250	30.00	8.33	36.40	9.03
TAI300Wp-156-72P	300W - Poly 1956x992x50mm	24	300	35.60	7.72	43.20	8.48

Figura 44: Panel solar empleado.

Fuente: Fabricante TAI ENERGY

La tensión de trabajo del inversor será de 400V (input), por lo que la en plena carga se debe considerar la tensión nominal valores para el campo fotovoltaico oscilante entre el rango de tensiones mencionado. Considerando que acorde a fabricante 35,6 V corresponde a la tensión en el punto de máxima potencia para el panel utilizado se dispone a realizar un arreglo en serie de varios paneles, por lo expuesto la tensión nominal por realizar este arreglo resultará:

$$Tensión\ nominal\ del\ campo\ fotovoltaico = 12 \times 35.6 = 427,2\ V$$

Consecuentemente se requiere saber la cantidad de arreglos en paralelos o ramales que se deben instalar. La potencia del campo fotovoltaico debe ser condicionada a tomar un valor menor o igual a la potencia P_p del campo fotovoltaico (Este valor fue obtenido anteriormente en la ec. 5.30). Se empleara la siguiente ecuación:

$$ramales\ en\ paralelo = \frac{Potencia\ P_p}{\#paneles\ serie \times Potencia\ panel} \quad (5.31)$$

Reemplazando valores tenemos:

$$ramales\ en\ paralelo = \frac{4\ 917,39}{12 \times 300} = 1,37 \approx 2$$

Conclusión:

Nuestro campo fotovoltaico empleará paneles TAI300Wp-156-72P de 300W del fabricante TAI ENERGY y dispondrá de una cantidad de 12 módulos conectado en serie y 2 derivaciones que serán arregladas en paralelo. En conclusión serán un total de 24 módulos fotovoltaicos dando como potencia total para el sistema de 7,20kW.

5.1.11. Configuración de la instalación fotovoltaica

Una vez realizado el cálculo y selección de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico, tenemos las características principales, las cuales son:

- Potencia Fotovoltaica instalada : 7,20 kW
- Cantidad de sectores requeridos para riego : 4
- Potencia máxima de entrada del motor P_1 : 4,83 kW
- Potencia nominal P_2 : 5,50 kW
- Caudal máximo a bombear del sistema : 19,59 m³/h
- Altura nominal : 52 m

Dentro del plano DU-01 se expone el diagrama unifilar para el sistema.

5.1.12. Volumen de agua bombeada al año

Para nuestro sistema fotovoltaico se considera una cantidad de agua en riego anual aproximada la cual se estima será lo siguiente:

Tabla 31: Cantidad de agua bombeada al año [m³].

MES	HSP	N° días	m3/mes
Enero	4.40	31	2672.327
Febrero	4.00	28	2194.286
Marzo	4.10	31	2490.122
Abril	4.40	30	2586.122
Mayo	4.70	31	2854.531
Junio	4.80	30	2821.224
Julio	5.00	31	3036.735
Agosto	5.50	31	3340.408
Septiembre	5.20	30	3056.327
Octubre	5.00	31	3036.735
Noviembre	5.10	30	2997.551
Diciembre	4.50	31	2733.061
			33819.429 m3/año

Fuente: Elaboración propia

5.1.13. Cálculo de sección del conductor alimentador

Para el cálculo de la sección del conductor que alimentará al sistema de bombeo desde nuestro campo fotovoltaico disponemos de la siguiente información:

- Potencia a transmitir : 7,20 kW
- Tensión de operación : 400 V
- Corriente nominal (I_n) : $8,48 \times 2 = 16,96 A$
- Corriente de diseño ($I_d = 1,25I_n$) : 21,20 A
- Longitud del conductor : 20 m
- Máxima caída de tensión : 1% (CNE-U Regla 050-102)

En los casos donde se cuente con conductores de cobre se podrá calcular el valor de la sección de los cables utilizando la siguiente ecuación, esto aplica para corriente continua y alterna monofásica.

$$S = \frac{2LI}{56 \Delta V} \quad (5.32)$$

Donde,

S : Sección en mm^2 .

L : Longitud en m.

56 : Conductividad del cobre.

I : Intensidad en amperios.

ΔV : Máxima caída de tensión en voltios ($1\% \times 189,6V = 1,90 V$)

Reemplazando valores:

$$S = \frac{2 \times 20 \times 21,20}{56 \times 4,00} = 3,78 \text{ mm}^2$$

Conclusión:

Se empleará conductor NYY de 6mm².

5.5. ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO

Dentro del presente apartado se inicia a calcular un análisis económico – financiero para el proyecto. Esto se hace con el fin de lograr que el análisis financiero permita dar a conocer que tanta viabilidad económica puede poseer el proyecto propuesto con el de lograr saber si se podrá implementar este sistema de bombeo fotovoltaico para poder satisfacer a estos dos sectores. Por este motivo se aplicará indicadores que faciliten la evaluación de la implementación del Sistema Fotovoltaico.

Dichos indicadores son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), el primero nos permitirá conocer los flujos de dinero del fondo aplicando una Tasa de Descuento; el segundo nos mostrará la rentabilidad porcentual del proyecto.

Pese a ello para poder implementar estos indicadores se debe realizar una clasificación de los diferentes ingresos y egresos monetarios del proyecto.

5.6.1. Inversión y estructura del financiamiento

A continuación se enunciará la inversión requerida para implementar el proyecto y la estructura de dicha inversión.

Inversión

La estimación de la inversión total para este proyecto es de S/. 82 576,92 siendo el monto necesario para poder desarrollar el sistema de bombeo fotovoltaico que se debe implementar para el cultivo de mango requerido.

Se expone dentro de las siguientes tablas la descripción del costo total para el proyecto:

Tabla 32: Costo de Inversión del Proyecto.

RESUMEN DE PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA PLANTACIÓN DE 6 Ha DE MANGO EN EL FUNDO FRANKLIN, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

SUBCAPÍTULO 1.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, EQUIPOS, INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNID	METRADO	COSTO UNITARIO	PARCIAL
1.00	EQUIPOS INSTALACIÓN BOMBEO FOTOVOLTAICO				
1.01	MÓDULO FOTOVOLTAICO MONOCRISTALINO TA1300Wp-156-72P, 300 Wp	u	24.00	720.00	17,280.00
1.02	BOMBA SUMERGIBLE GRUNDFOS ESP 17-8 Trifásica	u	1.00	18,000.00	18,000.00
1.03	VARIADOR MPPT INVT 15kW (20HP) 380V. + TABLERO DE PROTECCIÓN + CABLEADO	u	1.00	8,200.00	8,200.00
1.04	ESTRUCTURA METÁLICA DE SOPORTE PARA SUPERFICIE DE 10.98x13.06m DE CAPTADORES A 15° DE INCLINACION CON LA HORIZONTAL, PARA SUPERFICIE PLANA, A ANCLAR O LASTRAR, FORMADO CON PERFILES DE ACERO EN FRIO, INCLUSO IMPRIMACION COMO PROTECCIÓN ANTIOXIDANTE, ACCESORIO Y PEQUEÑO MATERIAL NECESARIO, COMPLETAMENTE MONTADO Y PROBADO.	glb.	1.00	8,000.00	8,000.00
	Sub Total 1,00				51,480.00
2.00	PUESTAS A TIERRA				
2.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm Ø X 2,40 m. PROVISTO CON CONECTOR DE I	u	1.00	40.84	40.84
2.02	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO PARA INSPECCION DE P.T. (INC. SEÑALIZACIÓN)	u	1.00	35.85	35.85
2.03	CONECTOR DE COBRE TIPO AB	u	1.00	5.30	5.30
2.04	TUBO PVC 20mmØ x 3.20m	u	2.00	6.75	13.50
2.05	BENTONITA (50 Kg.)	Bls.	1.00	32.50	32.50
	Sub Total 2,00				127.99

RESUMEN GENERAL

1.0 SUMINISTRO DE MATERIALES	51,607.99
2.0 MONTAJE ELECTROMECHANICO	7,741.20
3.0 TRANSPORTE	2,580.40
4.0 COSTO DIRECTO	61,929.59
5.0 GASTOS GENERALES	4,954.37
6.0 UTILIDADES	3,096.48
7.0 COSTO SUBTOTAL	69,980.44
8.0 I.G.V. (18%)	12,596.48
TOTAL GENERAL	82,576.92

Fuente: Elaboración propia

Fecha de cotización:03-10-2022

La fuente de donde provendrán los fondos para cubrir la inversión inicial descrita anteriormente será por un préstamo bancario.

A continuación, se describe los detalles.

Préstamo Bancario: La inversión total (S/. 82 576,92) será cubierto con un préstamo bancario. El préstamo se realizará con un banco mediante un crédito comercial a un plazo de 24 meses, la tasa de interés que se elegirá será con la que el proyecto resulte lo suficientemente rentable; los pagos mensuales dependerán de la tasa de interés.

Siendo los ingresos y egresos proyectados de la siguiente manera:

SBFV			
Inversión	S/. 82,576.92		
Combustible	1,510.22 gal		
Costo gal	18.6000		
Costo total (Inc. IGV (18%))	S/. 33,146.30		
Tasa de descuento	12.30%		

AÑO	INVERSIÓN/EGRESO	INGRESO	FLUJO	
0	82,576.92	0.00	-82,576.92	-82,576.92
1	412.88	39,775.56	39,362.67	0.50 35051.35576
2	412.88	39,775.56	39,362.67	31212.24912
3	412.88	39,775.56	39,362.67	27793.63234
4	412.88	39,775.56	39,362.67	24749.44999
5	412.88	39,775.56	39,362.67	22038.691
6	412.88	39,775.56	39,362.67	19624.83615
7	412.88	39,775.56	39,362.67	17475.36612
8	412.88	39,775.56	39,362.67	15561.32335
9	412.88	39,775.56	39,362.67	13856.92195
10	412.88	39,775.56	39,362.67	12339.20031
11	412.88	39,775.56	39,362.67	10987.71176
12	412.88	39,775.56	39,362.67	0.50 9784.249122
13	412.88	39,775.56	39,362.67	8712.599396
14	412.88	39,775.56	39,362.67	7758.325375
15	412.88	39,775.56	39,362.67	6908.571126
16	412.88	39,775.56	39,362.67	6151.888803
17	412.88	39,775.56	39,362.67	5478.08442
18	412.88	39,775.56	39,362.67	4878.080516
19	412.88	39,775.56	39,362.67	4343.79387
20	412.88	39,775.56	39,362.67	3868.026599

VAN	S/205,997.44	205,997.44
TIR	47.65%	

S/3,026.93	Sumatoria de flujos descontados	288,574.36
S/291,601.28	Inversion en valor absoluto	82,576.92
S/374,178.20	Indice de rentabilidad	3.494612745
0.008089531		

5.6.2. Flujo de caja proyectado

Los ingresos y/o egresos netos del proyecto se podrán visualizar dentro del flujo de caja esto dentro de los años de operación, dicho tiempo se considera por un periodo de 20 años.

Estructura del flujo de caja

El flujo de carga está compuesto por una inversión inicial, diferencias de ingresos como de egresos estimados durante el tiempo de operación del proyecto.

Ingresos y egresos proyectados: Para los ingresos que se estima que tendrá el proyecto se considerara los egresos que se dejaran al momento de desprenderse del uso de un grupo electrógeno de 15kW con todos los gastos que implica en combustible y mantenimiento; por otro lado, se considera a los egresos del sistema a la cuota anual del préstamo bancario (Los ítems a considerar son la tasa de interés máxima como la depreciación que tendrá los equipos acordes a su vida útil).

Se expone un análisis de los flujos de cajas que se ha realizado:

Tabla 33: Flujos de caja proyectados en un horizonte de 20 años.

FLUJO DE CAJA DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO																			
AÑOS		0	1	2	3	4	5	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
O DE CAPITAL																			
sión Fija	SI.	-82,576.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL FLUJO CAPITAL	SI.	-82,576.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O OPERATIVO																			
ESOS																			
o en Combustible	SI.		33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30	33,146.30
o por mantenimiento y otros en Molobomba	SI.		6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26	6,629.26
AL DE INGRESOS	SI.		39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56	39,775.56
OS																			
os Variables																			
o en SBFV	SI.		412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88
AL EGRESOS	SI.		412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88	412.88
DAD DE OPERACIÓN	SI.		39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67
O EFECTIVO (OPERATIVO)	SI.		39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67
O TOTAL																			
de caja operativos	SI.	-	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67
de caja de capital	SI.	-82,576.92	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	SI.	-82,576.92	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67	39,362.67
ACUMULATIVO	SI.	-82,576.92	-43,214.25	-3,851.57	35,511.10	74,873.77	114,236.44	311,049.81	350,412.48	389,775.15	429,137.82	468,500.50	507,863.17	547,225.84	586,588.51	625,951.19	665,313.86	704,676.53	
VALOR ACTUAL DE FLUJO DE CAJA	SI.	-82,576.92	35,784.25	32,531.13	29,573.76	26,885.23	24,441.12	15,176.01	13,796.38	12,542.16	11,401.96	10,365.42	9,423.11	8,566.46	7,787.69	7,079.72	6,436.11	5,851.01	
VAN	SI.		252,539.70																
%)			47.65%																
Beneficios	SI.		335,116.62																
Costos de inversión	SI.		82,576.92																
E DE RENTABILIDAD (B/C)			4.06																
PO DE RETORNO DE INVERSIÓN			2.10 Años																

10%

Periodo de Payback =
$$\left\lceil \frac{\text{Período último con Flujo}}{\text{Acumulado Negativo}} \right\rceil + \left\lceil \frac{\text{Valor absoluto del último Flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del Flujo de Caja en el siguiente período}} \right\rceil$$

Fuente: Elaboración propia

5.6.3. Rentabilidad del proyecto

Luego de realizar los flujos de caja para el proyecto, se puede hacer uso de indicadores que puedan analizar de una manera objetiva lo positivo que puede llegar hacer la inversión desde el punto de vista monetario. Para lograr esto se requiere calcular la tasa de descuento como también se debe conocer el horizonte de evaluación que tendrá el proyecto a implementar.

Tasa de descuento

Siendo la representación de la medición de la rentabilidad mínima debe tener el proyecto con relación al riesgo que posee este. Con su obtención se podrá conocer “el Valor Actual Neto (VAN)” con el que cuenta el proyecto.

La tasa de descuento para los flujos de caja será equivalente a la tasa de interés activa vigente en el mercado. Por ello se consideran tasas de préstamos con una cuota fija para un periodo superior a los 360 días.

Tabla 34: Tasa Activa Anual.

Crédito a Microempresas	Tasa de Activa Anual
BBVA Continental	12,3%
Mi Banco	33,95%

Fuente: Superintendencia de Banca y Seguros (SBS).

Horizonte del Proyecto

Se contara con un horizonte de 20 años para el proyecto, dentro de este periodo se podrá conocer si el proyecto es rentable.

5.6.4. Valor Actual Neto (VAN)

Se refiere a la cantidad monetaria resultante del retorno de los flujos netos medidos desde el futuro en dirección al presente con una tasa de descuento.

Para la aceptación del proyecto se debe contar con un VAN superior a cero, al no cumplir con este requisito se rechaza el proyecto.

Para el costo capital del proyecto se ha considerado 12,3%.

Por las consideraciones mencionadas y dentro del periodo de 20 años se logra concluir que el proyecto es rentable económicamente.

Tabla 35: Valor Anual Neto del proyecto.

Tasa de Descuento	VAN	Decisión
12,3%	S/. 82 576,92	El proyecto es rentable, la inversión debe realizarse.

Fuente: Elaboración Propia

5.6.5. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor de flujos de beneficios netos.

El criterio para aceptar o rechazar el proyecto se fundamenta en que, si la TIR es menor que la tasa de descuento se debe rechazar el proyecto, en caso contrario se le acepta.

Tabla 36: Tasa Interna de Retorno del proyecto.

Tasa de Descuento	TIR	Decisión
12,3%	47,65%	El proyecto se debe aceptar

Fuente: Elaboración Propia

Al calcular la TIR para nuestro proyecto vemos que es mayor a la tasa de descuento mínima y máxima respectivamente, con lo cual confirmamos la rentabilidad del proyecto.

5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la información proporcionada por el propietario del predio se utiliza grupo electrógeno de 15 kW el cual acciona la bomba sumergible actual lo que nos da un gasto anual (de acuerdo a la tabla 33) de S/. 33 146,30. Este valor fue utilizado como ingreso, que es el monto ahorrado anual, que se haría con la utilización de nuestro sistema de bombeo.

Por otro lado, la carga instalada considerada para el funcionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico es de 5,50 kW y 4,83 kW (potencia eléctrica e hidráulica respectivamente), la cual será alimentada con un campo fotovoltaico de 7,20 kW, con paneles fotovoltaicos de 300 W (en arreglo serie paralelo de 12 x 2).

La zona donde se encuentra la parcela cuenta con muy buena radiación entre 3,90 a 6,60 HPS como promedio mensual.

Por otro lado, en el análisis económico y financiero realizado para determinar la rentabilidad del proyecto se tiene un VAN de S/. 82 576,92 soles a una tasa del 12,3% (tasa de interés bancario mínima) en un horizonte cuya duración es de 20 años contando con el indicador TIR de 47,65% haciendo económicamente viable al presente proyecto.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se logro conseguir acorde a la presente de investigación se ha llegado a los siguientes puntos:

1. Se logro dimensionar un sistema de riego de bombeo fotovoltaico que funciona de manera autónoma para un área de 2,18 hectáreas de cultivo.
2. Se logro realizar una estimación precisa de los valores de la radiación solar dentro del area de influencia de la zona de cultivo del fundo “Franklin” al utilizar datos existentes de la web de la NASA y del software especializado se pudo identificar y estimar los los valores de radiación existentes dentro de la zona de estudio, esta información es crucial para comprender el potencial energético disponible para el sistema fotovoltaico.
3. Mediante un análisis detallado se logro estimar un caudal de diseño para el sistema, satisfaciendo la necesidad hidrica de la plantación de mangos, esto debido a que se determino la demanda hidrica del proyecto acorde a la metodología especializada para el tipo de cultivo que es el mango y las condiciones climaticas de la zona. Gracias a esto se pudo dimensionar el sistema de bombeo.
4. Se obtuvo de manera adecuada el sistema de bombeo necesario para la plantación así como se logro calcular una optima configuración de módulos fotovoltaicos requeridos para el sistema, estos valores fueron de : para el motor bomba debe contar con un caudal nominal de $19,59 \text{ m}^3/\text{h}$ - 52 m de altura nominal y potencia nominal de 4,83 kW – 5,50 kW (potencia de entrada eléctrica e hidráulica respectivamente). Tambien se establece que los arreglos para nuestro campo

fotovoltaico debe ser de 12 módulos en serie y 2 ramas en paralelo, cada uno de 300W dando una potencia total de 7,20 kW. Lográndose con esto dimensionar el sistema fotovoltaico y su cantidad de módulos.

5. Los cálculos de costos necesarios para la implementación del proyecto, incluidos los gastos de instalación, equipamiento y mantenimiento, se lograron obtener al efectuar un análisis financiero para medir la viabilidad del proyecto, se llegó a la conclusión que el proyecto a implementar como lo es el sistema de bombeo fotovoltaico en el fundo “Franklin” es rentable a comparación que el sistema presente dentro del fundo el cual es un sistema de riego tradicional por inundación.
6. La producción mensual de agua para el sistema de bombeo fotovoltaico, es de 2 818.28m³/mes lo cual satisface la demanda hídrica del cultivo de mango, llegando a tener una TIR del 47,65 %.
7. Al desarrollar un el análisis económico y financiero tuvo como resultado un VAN de S/. 82 576,92 y la TIR de 47,65% a una tasa mínima del 12,3% (BBVA), resultando una inversión rentable ante cualquier tasa de interés presente dentro del mercado existente.
8. Desde un punto de vista técnico se considera rentable debido a que mejora el rendimiento hídrico para la plantación, se considera que el suelo no presenta salinidad.

6.2. RECOMENDACIONES

Se logro llegar a las siguientes recomendaciones acorde a lo visto dentro del presente trabajo de investigación:

1. Se recomienda para futuros investigadores realizar la estimación de los valores de radiacion solar del area de influencia consultar con informacion de la NASA sobre ese sitio dentro de su pagina web de la misma, como tambien de paginas externas donde puedan especificar el satelite que utilizan, como a la vez corroborar la información con SENAMHI.
2. Es recomendable el uso de riego por sectores en futuras investigaciones para así poder aprovechar el caudal del sistema de mejor manera, esto para el uso de riego tecnificado propuesto en el trabajo de investigacion.
3. En cuanto a la orientación del sistema se recomienda colocar acorde a la ubicación donde se requerirá o se disponga de espacio para el sistema para asi facilitar diversos estudios.
4. Realizar un seguimiento de la producción para determinar los tiempos de riego necesarios y modifíquelos en función de la experiencia.
5. Indicar el recorrido de las tuberías, tanto eléctricas como hidráulicas, en el suelo para evitar que se rompan durante el mantenimiento en la finca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- a) ADRA Perú. (2009). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA DE RIEGO. Recuperado el 18 de octubre de 2014, de http://www.adra.org.pe/en/archivos/publicaciones/pub_719_Manual_OYM_RG_23mar.pdf
- b) Allen, Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE 56. ROMA.
- c) Alonso M., Chenlo F., “Sistemas de Bombeo Fotovoltaico”, Departamento de Energías Renovables CIEMAT, 2015.
- d) Arceda M., Hernandez A., “Proyecto de Riego por Goteo Utilizando Energía Solar para Cultivo de Aguacate en la Finca Ojo de Agua en la Localidad de San Francisco Libre”, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012, Nicaragua.
- e) “Atlas de Energía Solar del Perú”, Senamhi, MEM
- f) Decreto Legislativo N° 1002. Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- g) Guía para el desarrollo de proyecto de bombeo de agua con energía fotovoltaica volumen 1 Southwest Technology Development Institute New Mexico State University
- h) I. García, “Instalación de Riego Fotovoltaico de 4 ha de Olivar en Calahorra (Rioja)”, Universidad Pública de Navarra, 2011, España.
- i) Medina Rengifo, J., Himeur, Y., Romero Zeballos, J. L., Zúñiga Velando, C., & Alvarado Paco, L. (2005). Manual de Operación y Mantenimiento de un Sistema de Riego por Goteo. Recuperado el 18 de Octubre de 2014, de http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf

- j) Proyecto de Norma Técnica Peruana PNTP 399.403 – 2003 Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp. “configuración y método para la determinación de la eficiencia energética del sistema” primera edición.
- k) R.D. N° 003-2007-EM/DGE. Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltáico y sus Componentes para Electrificación Rural. (22/02/2007).
- l) Reglamento General de Electricidad con Energías Renovables DS N°. 050-2008-EM de 2 de mayo 2008.
- m) Reglamento técnico “Especificaciones Técnicas y Ensayos de los componentes de Sistemas Fotovoltáicos Domésticos hasta 500 Wp”, Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Electricidad, Febrero – 2005.
- n) Texto único refundido de las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares fotovoltaicas para la producción de electricidad, SODEAN S. A.

o) LINKORAFÍA

- a) <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>
- b) Delta Volt. Energía Solar Fotovoltáica. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar>.
- c) Europe Sun Fields. Manual de cálculo de sistemas fotovoltaicos aislados/autónomos. <http://www.sfe-solar.com/suministros-fotovoltáica> aislada-autónoma/manual-calculo/.
- d) NASTEC. http://solar.nastec.eu/Systems/Edit/1173?search&order=0_asc&length=10 &page=0.
- e) Sitio Web oficial de monsolar. <http://www.monsolar.com/blog/como-funcionan-los-reguladores-de-carga-solares-pwm-y-mppt/>.

- f) Sun Earth Tools.com. [http://www.sunearthtools.com/es/tools/CO₂-emissions-calculator.php#txtCO₂_5](http://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_5).
- g) Sitio Web oficial de Scribd. <https://es.scribd.com/doc/134113350/La-combustion-de-hidrocarburos-y-su-impacto-ambiental-docx#scribd>.
- h) Superintendencia de Banca y Seguros. <http://www.sbs.gob.pe/>.

ANEXOS

- ANEXO A** : *PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.*
- ANEXO B** : *PLANO DE RECORRIDO DE REDES Y SECTORIZACIÓN.*
- ANEXO C** : *OBRA DE TOMA.*
- ANEXO D** : *CABEZAL DE RIEGO.*
- ANEXO E** : *SOPORTE DE MODULOS FOTOVOLTAICOS Y CIMENTACION.*
- ANEXO F** : *PLANO DE DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO (SBFV).*
- ANEXO G** : *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO (SBFV)*
- ANEXO H** : *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.*

Observación



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°028-2023-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día martes 10 de octubre de 2023. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°218-2023-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 06 de octubre de 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
ING. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió el Trabajo de Suficiencia Profesional titulada:

**"SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN EL FUNDO FRANKLIN, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE."**

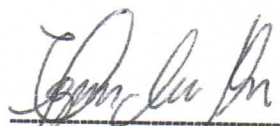
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **QUIROZ ZAMORA LEONALDO.**


Finalizada la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (15) en la escala vigesimal, mención REGULAR.

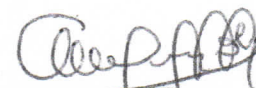
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

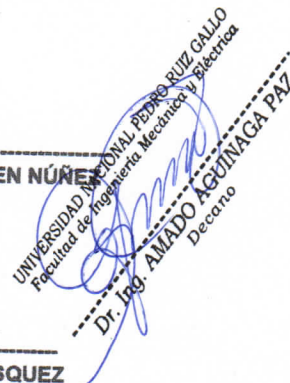
Siendo las 11 am del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
PRESIDENTE


ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
MIEMBRO


ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
SECRETARIO


ING. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ
ASESOR


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Decanato
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Ing. **PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ**, usuario revisor del documento titulado: **“SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL FUNDO FRANKLIN, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”**

Cuyo autor es, **Leonardo Quiroz Zamora**, identificado con documento de identidad **N°42778781**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de **18%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 31 de noviembre del 2023



.....
ING. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ

DNI: 16796041

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

TESIS REVISION FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

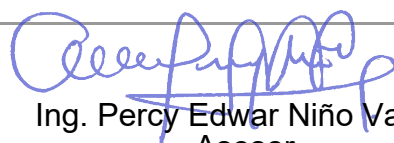
PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co	Fuente de Internet	4%
2	docplayer.es	Fuente de Internet	2%
3	academica-e.unavarra.es	Fuente de Internet	2%
4	ingemecanica.com	Fuente de Internet	2%
5	ribuni.uni.edu.ni	Fuente de Internet	1%
6	bibliodigital.tec.ac.cr	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to University of Wales central institutions	Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unj.edu.pe	Fuente de Internet	1%


Ing. Percy Edwar Niño Vasquez
Asesor





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Leonaldo Quiroz
Título del ejercicio: Modelo
Título de la entrega: TESIS REVISION FINAL
Nombre del archivo: bajararchivo.pdf
Tamaño del archivo: 6.07M
Total páginas: 176
Total de palabras: 32,780
Total de caracteres: 171,129
Fecha de entrega: 29-sept.-2023 06:25p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2181007542



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

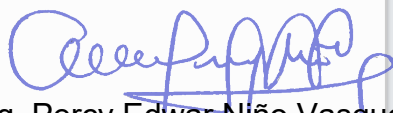
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL FUNDO
FRANKLIN, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"**

Presentado Por:

Br. QUIROZ ZAMORA, LEONARDO

LAMBAYEQUE - PERÚ
2 023


Ing. Percy Edwar Niño Vasquez
Asesor