



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO
FOTOVOLTAICO POR GOTEO AUTOMATIZADO
PARA TERRENOS DE CULTIVO DE ESPÁRRAGOS
DEL FUNDO INCA VERDE EN EL SECTOR PAMPAS
LA SANDIA PROVINCIA DE CHEPÉN -
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor(es):

**Bach. Heredia Fernández, Cesar Fernando
Bach. Sánchez Manayalle, Danny Smith**

Asesor:

MSC. Villalobos Cabrera Jony

Línea de Investigación:

Generación de Energía Renovable

Pimentel – Perú

2017

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO POR GOTEO
AUTOMATIZADO PARA TERRENOS DE CULTIVO DE ESPÁRRAGOS DEL
FUNDO INCA VERDE EN EL SECTOR PAMPAS LA SANDIA PROVINCIA DE
CHEPEN - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

Aprobación de tesis

Mg. Serrepe Ranno, Miriam Marcela
Presidenta del jurado de tesis

MSc. Marcelo Rojas Coronel
Secretario del jurado de tesis

MSc. Villalobos Cabrera, Jony
Vocal del Jurado de tesis

Agradecimiento

Agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, A mis padres Segundo y Margarita por su apoyo incondicional, y a mis hermanas por ser parte importante de mi vida.

De igual manera agradecer a todos los docentes de la universidad Señor de Sipán que me brindaron su apoyo desinteresado para la realización de este proyecto, en especial a mi asesor el Ing. Jony Villalobos Cabrera por los conocimientos que compartió conmigo y por su invaluable apoyo para este proyecto.

Danny S. Sánchez Manayalle

Agradezco a Dios, por acompañarme en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

Agradecer a mis padres por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, y a mi asesor Ing. Jony Villalobos Cabrera por su constante apoyo y confianza brindada; a los docentes de la Universidad Señor de Sipán por sus enseñanzas impartidas durante mi paso por las aulas universitarias.

Cesar F. Heredia Fernández

Dedicatoria

Le dedico mi trabajo a Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para continuar en los momentos más complicados a lo largo de mi vida universitaria y así lograr con éxito mi objetivo.

A mis padres por su amor, consejos, comprensión y apoyo, a mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, les agradezco a ellos porque les debo toda mi vida ya que fueron y serán los artífices de lo que soy y puedo llegar a lograr.

Danny S. Sánchez Manayalle

A Dios por haberme dado la vida y guiarme por el buen camino.

De igual forma, a mis padres, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, les agradezco a ellos porque les debo toda mi vida ya que fueron y serán los artífices de lo que soy y puedo llegar a lograr.

Cesar F. Heredia Fernández

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
INTRODUCCION.....	14
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Situación problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Delimitación.....	19
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	21
1.6. Objetivo de la investigación.....	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	24
2.2 Estado del arte.....	28
2.3. Base teórico científicas.....	29
2.3.1 Energía solar.....	29
2.3.2 Energía fotovoltaica.....	29
2.3.3 Producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar.....	30
2.3.4 Radiación solar.....	30
2.3.5 Tipos de sistemas de Energía solar fotovoltaica.....	33
2.3.6 Celda fotovoltaica.....	34
2.3.7 Panel solar o módulo fotovoltaico.....	35
2.3.8. Acumuladores o baterías eléctricas.....	40
2.3.9. Reguladores de carga.....	42
2.3.10 Inversores CC/CA.....	44
2.3.11 Motor – Bomba.....	44
2.3.12. Bombeo con energía solar fotovoltaica para el uso agrícola.....	45
2.3.13. Temporizador On Delay.....	46
2.3.14. Electroválvula.....	46

2.3.15 Contactor	47
2.3.16. Definición del riego.....	48
2.3.17. Selección del tipo de riego.....	49
2.3.18. Riego por goteo	50
2.3.19. Componentes y diseño de riego por goteo	50
2.3.20 Evaluación Económica (VAN y TIR).....	51
2.4. Definición de términos para el sistema de bombeo fotovoltaico.....	53
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	55
3.1. Marco Metodológico	56
3.1.1. Tipo y Diseño de la Investigación	56
3.3.1.1. Tipo de la Investigación.....	56
3.3.1.2. Diseño de la Investigación	56
3.2. Población y Muestra	57
3.3. Hipótesis.....	57
3.4. Variables	57
3.4.1 Variable Independiente	57
3.4.2 Variable Dependiente	57
3.5 Operacionalización	58
3.6 Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.6.1 Método Aplicativo	59
3.6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.7 Procedimiento para la recolección de datos.....	60
3.7.1 Diagrama de flujo de procesos.....	60
3.7.2 Descripción de procesos	61
3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos	62
3.9. Criterios éticos.....	62
3.10. Criterios de rigor científicas.....	62
4.1 Resultados en tablas y gráficos.....	65
4.1.1. Cultivo	65
4.1.2. Riego	65
4.1.3. Tiempos de riego.....	66
4.1.4. Tubería Sub – principal	67
4.1.5. Tubería Principal.....	68
4.1.6. Bomba	68

4.1.7 Sistema fotovoltaico	69
4.1.8 Instrumentos de automatización	69
4.2. Discusión de resultados.....	70
5.1 Cálculo de la demanda de recurso hídrico	72
5.2. Cálculo de la altura manométrica.....	75
5.3. Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para el sistema de bombeo	79
5.3.1. Selección del módulo solar	81
5.3.2. Dimensionado del sistema del acumulador.....	83
5.3.3 Selección del regulador de carga.....	84
5.3.4. Selección del inversor.....	84
5.3.5. Inclinación de los paneles solares	85
5.3.6. Determinación de los conductores	85
5.3.7. Cálculo de distancias de los paneles solares	87
5.4. Sistema de automatización	88
5.4.1. Sistema de Fuerza	88
5.4.2. Funcionamiento del Sistema de Automatizado	89
5.4.3. Descripción del funcionamiento de riego por goteo automatizado.....	90
5.5. Plan de mantenimiento para el sistema de bombeo fotovoltaico.....	92
5.6. Evaluación Económica.....	95
5.6.1. Presupuesto	95
5.7. Normatividad	98
Conclusiones.....	99
Recomendaciones.....	100
Referencias	101

ANEXOS

TABLAS

TABLA 1: TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.....	51
TABLA 2: CUADRO DEL CULTIVO.....	65
TABLA 3: CUADRO DEL RIEGO.....	65
TABLA 4: TIEMPOS DE RIEGO	66
TABLA 5: CUADRO DE TUBERÍA SUB-PRINCIPAL.....	67
TABLA 6: CUADRO DE TUBERÍA PRINCIPAL.....	68
TABLA 7: MEDIDAS PARA SELECCIÓN DE BOMBA.....	68
TABLA 8: SISTEMA FOTOVOLTAICO	69
TABLA 9: TABLA DE INSTRUMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN	69
TABLA 10: VARIABLES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	91

ECUACIONES

ECUACIÓN 1: VALOR NETO ACTUAL.....	51
ECUACIÓN 2 : TASA INTERNA DE RETORNO.....	52
ECUACIÓN 3: TASA INTERNA DE RETORNO.....	52
ECUACIÓN 4: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO.....	72
ECUACIÓN 5: RENDIMIENTO DE RIEGO.....	72
ECUACIÓN 6: VOLUMEN DE AGUA POR PLANTA	73
ECUACIÓN 7: TIEMPO DE APLICACIÓN.....	73
ECUACIÓN 8: PUNTOS DE EMISIÓN POR PLANTA	74
ECUACIÓN 9: ECUACIÓN DE HAZEN – WILLIAMS.....	75
ECUACIÓN 10: FACTOR GLOBAL DE RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN.....	80
ECUACIÓN 11: ENERGÍA REAL.....	81
ECUACIÓN 12: NÚMERO TOTAL DE PANELES	81
ECUACIÓN 13: CAPACIDAD DE LA BATERÍA	83
ECUACIÓN 14: INTENSIDAD MÁXIMA	84
ECUACIÓN 15: CAIDA DE TENSIÓN.....	86

ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ESPECTRO DE RADIACIÓN SOLAR	31
ILUSTRACIÓN 2: TIPOS DE RADIACIÓN	32
ILUSTRACIÓN 3: HORA SOLAR PICO	33
ILUSTRACIÓN 4: CELDA FOTOVOLTAICA	34
ILUSTRACIÓN 5: EFECTOS DE LA IRRADIANCIA SOBRE EL DESEMPEÑO DEL GENERADOR FV	36
ILUSTRACIÓN 6: EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL GENERADOR FV	36
ILUSTRACIÓN 7: TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS	38
ILUSTRACIÓN 8: ÁNGULO DE INCLINACIÓN	39
ILUSTRACIÓN 9: SEGUIDOR SOLAR	40
ILUSTRACIÓN 10: BATERÍAS CONECTADAS EN PARALELO, SERIE Y SERIE - PARALELO ..	42
ILUSTRACIÓN 11: REGULADOR DE CARGA	43
ILUSTRACIÓN 12: TEMPORIZADOR ON DELAY MARCA SCHNEIDER	46
ILUSTRACIÓN 13: ELECTROVÁLVULA	47
ILUSTRACIÓN 14: CONTACTOR TELEMECANIQUE	48
ILUSTRACIÓN 15: GRÁFICO VAN Y TIR	53
ILUSTRACIÓN 16: CURVAS DE CAUDAL, ALTURA MANOMETRICA Y EFICIENCIA BOMBA WDM MODELO 2015HCE-10	79
ILUSTRACIÓN 17: VARIACIÓN DE ENERGÍA PRODUCIDA VS. MESES	85
ILUSTRACIÓN 18: CAÍDA DE TENSIÓN EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO	87
ILUSTRACIÓN 19: DISTANCIA MÍNIMA ENTRE PANELES	87
ILUSTRACIÓN 20: DIVISIÓN DE HECTÁREAS DEL FUNDO INCA VERDE	91

RESUMEN

El presente estudio presenta el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para la producción de cultivos de espárragos, ubicado en los sectores pampas la sandía – distrito de Chepén. Para lo cual se usó la ETo dados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria. En el cálculo de las necesidades hídricas se tomó en cuenta la época de siembra, etapa de crecimiento de los cultivos dando como resultado un caudal de 44,96 m³/h por cada dos hectáreas de cultivo. Para las pérdidas por fricción en la tubería se utilizó la ecuación de Hazen – Williams la cual nos determinó una altura manométrica necesaria.

Los parámetros de radiación solar se lograron obtener del atlas solar proporcionado por SENAMHI las cuales fueron comparadas con las mediciones tomadas por un Solarímetro adquirido por los tesisistas, dando una diferencia considerable; por lo que se optó por trabajar con los datos obtenidos de las mediciones.

En tanto en la parte de generación fotovoltaica se calcularon los distintos equipos teniendo en cuenta los 14,92 KW que son necesarios para operar las dos bombas instaladas y otros equipos en consideración.

También se diseñó un sistema de goteo automatizado para optimizar el consumo de agua en el cultivo de espárrago del fundo Inca Verde, para el cual se diseñó un sistema de control que dará los tiempos de riegos necesarios para cada hectárea de espárrago.

Actualmente se utiliza un sistema de riego por inundación, donde no se tiene un control apropiado del recurso hídrico que requiere este cultivo, afectando al mismo y generando pérdidas al agropecuario.

La evaluación económica se realizó tomando en cuenta todos los costos de instalación y mantenimiento del sistema para que se tenga conocimiento ante una posible inversión.

Palabras clave:

Radiación Solar, Sistema de Bombeo Solar, Panel Fotovoltaico

ABSTRACT

The present study presents the design of an automated drip photovoltaic pumping system for the production of asparagus crops, located in the sectors pampas the watermelon - district of Chepén. For which the ETo given by the National Institute of Agrarian Innovation was used. In the calculation of water needs, the planting period was taken into account, the stage of crop growth resulting in a flow rate of 44,96 m³ / h for every two hectares of crop. For the friction losses in the pipe the Hazen - Williams equation was used which determined a required head.

The solar radiation parameters were obtained from the solar atlas provided by SENAMHI which were compared with the measurements taken by a solarimeter acquired by the thesis, giving a considerable difference; So we opted to work with the data obtained from the measurements.

In the part of photovoltaic generation, the different equipment was calculated taking into account the 14,92 KW that are necessary to operate the two pumps installed and other equipment under consideration.

An automated drip system was also designed to optimize water consumption in the asparagus crop of the Inca Verde bottom, for which a control system was designed that will give the necessary irrigation times for each hectare of asparagus.

Currently a flood irrigation system is used, where there is no proper control of the water resource that this crop requires, affecting it and generating losses to the agricultural sector.

The economic evaluation was made taking into account all the costs of installation and maintenance of the system so that it becomes aware of a possible investment.

Keywords:

Solar radiation, Solar Pumping System, Photovoltaic Panel

INTRODUCCION

El desarrollo económico y social de un país depende de las posibilidades de alcanzar una producción agropecuaria adecuada a sus necesidades. Para lograr esos niveles de producción se requiere incorporar proyectos de riego tecnificado y la búsqueda de nuevas alternativas de generación eléctrica, el cual nos permita el uso eficiente del recurso hídrico y ayude a la preservación del medio ambiente.

En el fundo Inca Verde se necesita extraer agua del subsuelo para poner a producir sus parcelas de terreno que se encuentran sin ser trabajadas por la falta de agua existente en la zona.

Las Parcelas se encuentran ubicadas lejos de las redes convencionales por el acceso a la energía como medio para accionar mecanismos de bombeo, es técnica y económicamente inviable. De ahí el hacer uso de las energías no convencionales se convierte en una opción a evaluar.

Perú posee una gran diversidad de suelos aptos para desarrollar actividades de carácter agrícola, pero no cuenta con fuentes de energía que no sean contaminantes y a la vez tan eficientes como una energía convencional. En tanto el acople de riego por goteo automatizado optimiza este sistema.

Por ello, en el presente proyecto, se desarrollan todos los estudios necesarios y los respectivos cálculos electrohidráulicos para el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

A nivel internacional

Venezuela

La crisis energética en Venezuela es el condimento que podría provocar un estallido si se prolonga por mucho más tiempo. El ministro de Energía Eléctrica, Luis Motta, aseguró recientemente que el nivel de agua en la principal represa del país sigue muy crítico. El gobierno ya ha tomado medidas para ahorrar energía.

El nivel de agua sigue muy crítico en el embalse de El Gurí, en la principal hidroeléctrica de Venezuela, debido a una sequía agudizada por el fenómeno climático El Niño, que ya obligó a decretar racionamientos de luz y agua, dijo el ministro de Energía Eléctrica, Luis Motta.

Entre fines de abril e inicios de mayo llovió copiosamente en la zona y subió el nivel de la represa de la hidroeléctrica responsable del 70 por ciento del consumo nacional de luz. Para intentar reducir el consumo eléctrico y de agua y encarar la crisis, el gobierno decretó previamente los racionamientos, de los que excluyó a Caracas, la reducción a dos días semanales de la jornada laboral en el sector público y que las escuelas sólo impartan clases de lunes a jueves.

El gobierno de Maduro también impuso que los centros comerciales operen en horarios restringidos y generen con equipos propios parte de la electricidad que consumen, entre otras disposiciones. (Urgente24, 2016)

Colombia

Dentro de la identificación de necesidades a nivel educativo en el país, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha definido en el Plan Sectorial 2010 -2014 que todos los niños, niñas y jóvenes deben tener las mismas posibilidades de acceder a una educación de calidad, sin importar su origen, su lugar de residencia o su nivel socioeconómico.

Sin embargo, según datos de la OEI, en Colombia hay 4.455 escuelas sin acceso a energía eléctrica. Constituyen el 30% de las instituciones educativas oficiales del país y el 93% de ellas se encuentran ubicadas en zonas rurales de 23 departamentos.

De este modo, dado que uno de los principales obstáculos para alcanzar la meta de la educación de calidad es la falta de energía en algunas escuelas del país, los Ministerios de Educación, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Minas y Energía, -IPSE- y la OEI decidieron unir sus esfuerzos para dotar a instituciones educativas de zonas vulnerables y aisladas con energías alternativas renovables y tecnologías de la información y la comunicación para el Siglo XXI. (Iberoamericanos, 2014)

A nivel nacional

Según INEI

Según el censo del 2012, en el Perú se registra en la superficie agrícola no trabajada es de 774 882 hectáreas, debido principalmente a la falta de agua que afecta en un 49%, y que es la razón de mayor importancia que impide el desarrollo de los cultivos y se da principalmente en la costa en 55%, en la sierra están afectadas el 32% y en la selva el 13%.

Según el censo del 2012, sector agrícola en la Libertad tenemos un área agrícola de 529 mil Hectáreas, de las cuales 273,448 hectáreas son bajo riego y 255,282 hectáreas en secano. Los productores agropecuarios poseen propiedades y mini fundíos (con menos de 10 Ha). Este modelo de propiedad limita el desarrollo agrícola de exportación. (Informática, 2012)

Ucayali

De acuerdo a la última Encuesta Nacional de Hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 42% de las zonas rurales de la selva peruana no cuentan con energía eléctrica, frente a las zonas rurales de la costa y sierra, que cuenta con el servicio en un 78.5% y 72.4%, respectivamente.

Cabe indicar que, según cifras dadas por el de INEI, de todo el país la zona rural de la región Ucayali es donde existe la tasa más baja de acceso a la energía eléctrica, tal es así que solo únicamente el 35.1% de este grupo cuenta con dicho servicio. En ese sentido, UTEC se ha aliado a la ONG AIDER (Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral) porque cuenta con casi 30 años de trabajo en la selva y tiene conocimiento de las comunidades Ucayalinas que necesitan de este servicio, tales como Nuevo Saposoa, donde promueve el manejo adecuado del bosque comunal y la realización de actividades económicas sostenibles. (Belling, 2015)

A nivel local

Existen muchos poblados y localidades en nuestra Región debido a su difícil acceso y ubicación, es complicado que la energía eléctrica y agua se extienda hacia ciertas comunidades lejanas, lo que significa una merma en el avance tecnológico y con lleva a un retraso si se compara con otras comunidades y mucho más con las ciudades que si cuentan con energía eléctrica. Por esta razón se hace imperativa la búsqueda de generación de energía eléctrica que se pueda obtener a partir de una fuente segura y confiable; mediante alternativo como, en el caso del presente diseño, la energía solar; el cual contribuiría a solucionar esta problemática de manera sostenible.

El fundo Inca Verde del Perú ubicado en el sector las Pampas La Sandia del Distrito de Pacanga, Provincia de Chepén, Departamento de La Libertad, no puede extender sus siembras de espárragos debido a la falta agua para sus cultivos producto de que no cuenta con energía eléctrica que permita accionar las electrobombas, lo que constituye una limitante para su desarrollo ya que ellos requieren un producto de buena calidad para su exportación. Con la transformación de la energía solar en energía eléctrica por medio de paneles solares se lograría generar electricidad que permita accionar bombas para mejorar el proceso de sistema de riego a diario que requieren los espárragos.

Chepén

Un total de 10 mil agricultores de las juntas de usuarios del Valle Jequetepeque, que incluye a Chepén y Pacasmayo, en el norte liberteño, se verán perjudicados porque no podrán realizar la 'campaña chica' de este año 2016.

Según explicó el gerente técnico de la Junta de Usuarios del Valle Jequetepeque, esto se debe a la falta de recurso hídrico para poder abastecer a las más de 12 mil hectáreas de cultivos, 10 de las cuales están destinadas a maíz y el resto a la siembra de sorgo, lenteja de palo, entre otros. (Calderón, 2016)

1.2. Formulación del problema

¿Es factible utilizar el sistema bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandía provincia de Chepén - Departamento de la Libertad?

1.3. Delimitación

La investigación y toma de datos se realizará en la localidad del sector Pampas la Sandía provincia de Chepén - Departamento de la Libertad. En el presente estudio solo se limita al diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para la siembra de 10 hectáreas de cultivo de esparrago.

Tomamos su ubicación por medio de coordenadas UTM, sistema google más: 7°04'31.9"S 79°33'07.4"W.



1.4. Justificación e importancia de la investigación

El presente proyecto se realizará con el fin de satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandia provincia de Chepén - Departamento de la Libertad, para obtener un sistema de riego eficiente para sus cultivos.

Justificación Técnica

El diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado permitirá la utilización de energías limpias o renovables, la cual utiliza la radiación solar para poder generar energía eléctrica.

El diseño nos permitirá un mejor manejo de operación de los sistemas de control del sistema fotovoltaico cumpliendo con las normas establecidas para una mayor eficiencia de la energía solar producida.

Justificación Ambiental

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

Justificación Social

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

Justificación Económica

El diseño del sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado permitirá que la empresa tenga mayor producción de espárragos de calidad para su exportación.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones que se presentan para dicho proyecto son:

- a. Las mediciones de radiación solar realizadas por SENAMHI se encuentran muy desactualizadas, lo cual produce un margen de error a la hora de seleccionar el sistema fotovoltaico.
- b. Los instrumentos para las mediciones de radiación solar son de alto costo y difíciles de adquirir en Perú.
- c. En Lambayeque no existen tiendas especializadas que expendan este tipo de equipos, lo cual limita contar con información técnica.
- d. El acceso a la zona donde se realizará el proyecto, es una zona agreste.

1.6. Objetivo de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado que permita satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos de espárrago del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandia provincia de Chepén - Departamento de la Libertad.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el requerimiento de agua necesaria para los cultivos de espárrago.
2. Determinar el potencial de energía solar disponible para hacer funcionar el sistema de bombeo fotovoltaico.
3. Calcular un sistema de Bombeo Fotovoltaico por Goteo Automatizado.
4. Diseñar la automatización del sistema de Bombeo Fotovoltaico por Goteo Automatizado.
5. Elaborar el plan de mantenimiento para el sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado.
6. Elaborar planos.
7. Evaluar económicamente el proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Ecuador

Diseño y construcción de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM

Una de las actividades más importantes en zonas rurales es el abastecimiento y el uso de agua. Es posible tener sistemas de bombeo de agua para tales fines en zonas inhóspitas donde no se dispone de servicio público de energía eléctrica ni suministro de agua. Se construyó un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables con un panel 43Wp de potencia, capaz de trabajar a un caudal de 7 l/min en promedio a una altura de bombeo de 2m. De la experiencia adquirida es posible mencionar la factibilidad técnica de esta aplicación debido a las características geográficas y climáticas de la zona. También se debe mencionar que la implementación de un sistema fotovoltaico es una inversión alta con créditos a largo plazo, por lo que su factibilidad económica no es tan evidente los primeros años. (RICARDO BERRU, DICIEMBRE DEL 2011)

Chile

Bombeo de agua para riego en cerro Calán utilizando energía solar fotovoltaica

En éste trabajo de título se diseña un proyecto de elevación de agua para riego en el Cerro Calán el cual alberga en su cumbre al departamento de Astronomía de la Universidad de Chile. La elevación de agua se hará mediante el uso de bombas activadas con energía solar fotovoltaica. Esta elección se basa en la importancia creciente que está tomando a nivel mundial la elección de formas limpias de energía y en la imagen que da la Universidad de Chile al país como una institución comprometida con el desarrollo de las energías renovables. Los pasos a seguir en el presente informe serán la determinación del caudal de diseño de la impulsión, el

diseño de los paneles solares, la elección de las bombas y el diseño de las obras tales como cámara de captación, cámara de impulsión, diámetro de la impulsión, tipo de tubo y uso de la infraestructura existente en el cerro. El presente informe incluye además una simulación horaria de bombeo solar, el presupuesto de los materiales y obras respectivas y los planos del proyecto, con los cuales se contempla la materialización de éste para el año 2011. (MEDINA, OCTUBRE DEL 2010)

África

Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Búnguela, Angola

La seguridad alimentaria depende del mejoramiento del riego de los pequeños agricultores que cultivan la mitad del área agrícola mundial; sin embargo, es necesario el perfeccionamiento de la eficiencia del manejo del agua mediante el riego por goteo que se adapta a los sistemas fotovoltaicos en pequeñas superficies. Considerándose la disponibilidad de la radiación solar y la carencia de fuentes convencionales de energía en la república de Angola, se justifica el diseño de un sistema de riego solar fotovoltaico por goteo para la producción de tomate en el valle de Cavaco, Angola en un área experimental de 0.23 ha, donde la estimación de la radiación solar sobre un plano horizontal y la inclinación del panel FV se realizó con modelos de hotel y SOLENER. El sistema de riego FV se diseñó para la máxima demanda hídrica del cultivo, mediante los métodos de sistemas autónomos y fotorriego. (ROGERIO MOSSANDE, JUNIO DEL 2015)

Baja California (Technology, 2012)

El uso de sistemas fotovoltaicos de bombeo ha alcanzado con el paso de los años los suficientes conocimientos para ser considerada una tecnología confiable para el suministro de agua en zonas rurales. Hasta el año 2002 fueron instalados solo en el Brasil cerca de 3255 sistemas fotovoltaicos de bombeo, totalizando una potencia de 1,5 MWp.

España

(Sistemas de Recursos Renovables (SRR, 2014)

Esta tecnología ha demostrado a lo largo de los años ser un modo efectivo de suministro de agua potable para usuarios y comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas y ganaderas.

Desde las primeras instalaciones de bombeo Fotovoltaico realizadas en 1978 el número de sistemas instalados en el mundo van en aumento rápidamente, algunos estudios indican que más de 10.000 unidades estaban operativas en 1994. Cabe destacar la exitosa implementación de numerosos programas de cooperación internacional en el área de bombeo Fotovoltaico como el “Programa Regional Solar del Sahel” donde se instalaron 829 sistemas de bombeo Fotovoltaicos para el suministro de agua a comunidades rurales, 641 unidades sumergibles y 188 de superficie, con una potencia Fotovoltaicos instalado total de 1258 kWp en siete países de la zona subsahariana. Experiencias similares se han dado en Mali (40 sistemas en 1990), India (500 sistemas en 1994,3.320 en el año 2000) o Filipinas (150 sistemas)

Ica

Samaca es un fundo ecológico en el desierto al sur de Ica, cuya red de electricidad más cercana está a más de 20km que es algo muy lejano. La producción agrícola es muy difícil debido a lo complicado que es conseguir las condiciones adecuadas para el cultivo, cubrir los costes y hacer rentable la explotación.

Delta Volt SAC es una empresa con experiencia en instalaciones solares fotovoltaicas y renovables en general, la cual propuso un proyecto consistente en reemplazar parte de los generadores de diésel existentes, y así reducir el mantenimiento y las reparaciones, ahorrar en gastos de combustible, expandir el área bajo riego y crear un sistema flexible y expandible que permitiera proteger el medio ambiente y poder ofrecer productos ecológicos certificados.

La explotación cuenta con tres pozos y un reservorio, lo que permitía adaptar el bombeo a la irradiación. Tras considerar soluciones con bombas solares DC de alimentación directa o bien alimentadas por una red AC. Este sistema permite reducir las pérdidas por distancia y controlar el sistema por frecuencia. (Iberica, 2014)

Lambayeque

En Lambayeque 370 hectáreas del santuario Bosque de Pómac se han reforestado con el árbol de algarrobo mediante un sistema de riego tecnificado que usa energía solar, el cual permite la reforestación aún en época de sequía y constituye una buena alternativa para mejorar el medio ambiente.

El sistema de riego consta con energía renovable de 16 paneles solares de 50 watt cada uno, que funcionan con una bomba solar sumergible instalada dentro de un pozo tubular para la extracción de agua durante todo el año.

Estas acciones son realizadas en el marco del Proyecto 'Reforestación con sistemas de riego tecnificado en áreas degradadas en el Santuario Histórico Bosque de Pómac', el cual es financiado por el Fondo de las Américas - Perú, en coordinación con el Sernanp. (Peru21.pe, 2013)

2.2 Estado del arte

Paneles solares que generan electricidad incluso cuando llueve

En China se ha probado un nuevo método que permite a los paneles solares fotovoltaicos producir electricidad tanto cuando hace sol, como cuando está lloviendo. El milagro se consigue gracias a un material llamado grafeno.

El grafeno es un material formado por carbono puro, con átomos dispuestos de forma hexagonal y manera regular en una hoja de un átomo de espesor. El cual es muy resistente y ligero, incluso más ligero que el aluminio. Tiene una alta conductividad, lo que permite que los electrones fluyan libremente a través de su superficie, lo cual resulta óptimo para conducir la electricidad.

El grafeno tiene también la capacidad de excitar a varios electrones cuando es por un fotón; una peculiaridad que lo hace ideal para la producción de energía solar.

Se desarrolló una solución que permite utilizar el agua de lluvia como fuente energética. Para ello, se han colocado sobre los módulos solares láminas ultra finas de grafeno que, al ser golpeadas por las gotas de lluvia, se cargan de iones de calcio, amonio, sodio; las cuales reaccionan con los iones del grafeno y así se genera la electricidad. (Chemie, 2016)

2.3. Base teórico científicas

2.3.1 Energía solar

Es aquella energía obtenida mediante la captura de la luz y el calor que emite el sol. La cual puede ser aprovechada para calentar algo o para producir electricidad.

El sol cada año produce 4 mil veces más energía de la que los seres humanos somos capaces de consumir, por lo que es una de las energías renovables más desarrolladas y empleadas en casi todo el mundo.

La intensidad de esta energía disponible depende de distintos factores como del día del año, las condiciones climatológicas, la hora y la latitud.

Es utilizada para calentar cosas como la comida o el agua, a ésta se la conoce como energía solar térmica y el otro de los usos es para la generación de electricidad, la cual se conoce como energía solar fotovoltaica.

Por otro lado, al tratarse de una energía verde o renovable, al ser emplearla este tipo de energía se está ayudando a combatir el peligroso calentamiento global que lamentablemente vive nuestro planeta por estos tiempos.

2.3.2 Energía fotovoltaica

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el efecto fotoeléctrico, que consiste en la transformación de la luz solar en electricidad. Esto se consigue con algunos materiales que tienen la particularidad de absorber fotones y emitir electrones.

Para las células fotovoltaicas recibe un tratamiento químico especial para crear un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando la luz solar incide en la célula, los electrones son movidos del

material semiconductor y es ahí cuando estos electrones libres son capturados generando una corriente eléctrica.

Esta electricidad puede ser utilizada para suministrar energía a una carga. El conjunto de varias células conectadas eléctricamente entre si y montadas en una estructura, se denomina módulo fotovoltaico.

Varios módulos pueden ser instalados unos con otros para formar un campo solar. Los paneles solares producen electricidad en DC, pudiendo conectarse en serie o en paralelo para conseguir el voltaje requerido.

2.3.3 Producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar

La producción de energía eléctrica está basada en el fenómeno físico llamado "efecto fotovoltaico", que convierte la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores llamados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas mayormente a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos como el boro y fósforo. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión o rebote y otra parte por transmisión es decir que atraviesa la célula fotovoltaica. Por lo que una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

2.3.4 Radiación solar

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Esta energía liberada del Sol es emitida al exterior mediante la radiación solar. El sol es como un cuerpo negro, el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a la temperatura media de 6000 K. La radiación solar es distribuida desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No todas las ondas ultravioletas llegan ya que son muy

cortas y son absorbidas por los gases de la atmósfera. La magnitud de medida de la radiación solar es la irradiancia, que mide la potencia por unidad de superficie alcanza en la Tierra. Su unidad es el W/m^2 .

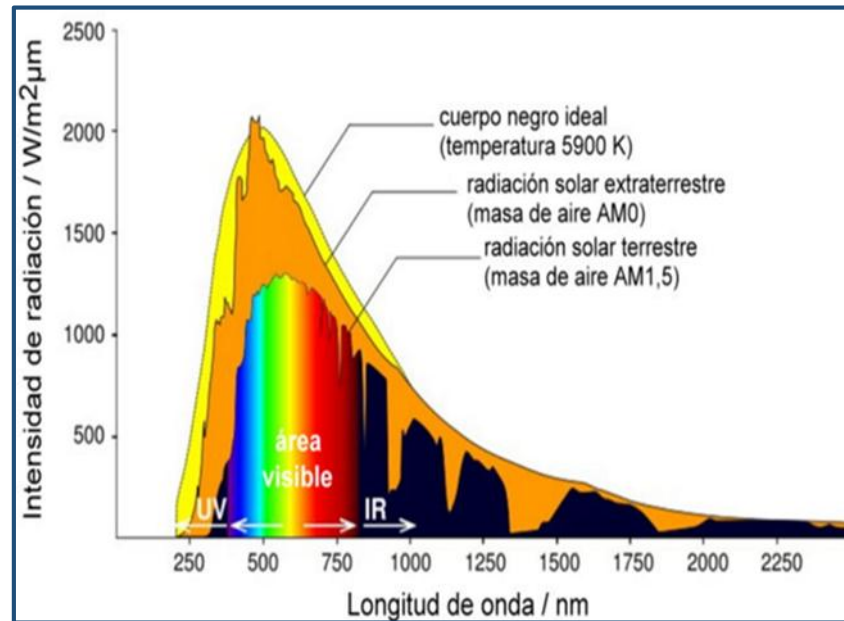


Ilustración 1: Espectro de radiación solar

Fuente: Calculationsolar Blog

a. Radiación directa

Es la que llega de forma directa del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Es caracterizada por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

b. Radiación difusa

Es la parte de la radiación solar que atraviesa la atmósfera y es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna con respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que mayor radiación difusa reciben.

c. Radiación reflejada

Es aquella radiación reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también

conocido como albedo. Las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

d. Radiación global

Es la suma de las tres radiaciones. En un día despejado la radiación directa es preponderante ante la radiación difusa y por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y el total de la radiación que incide es difusa.

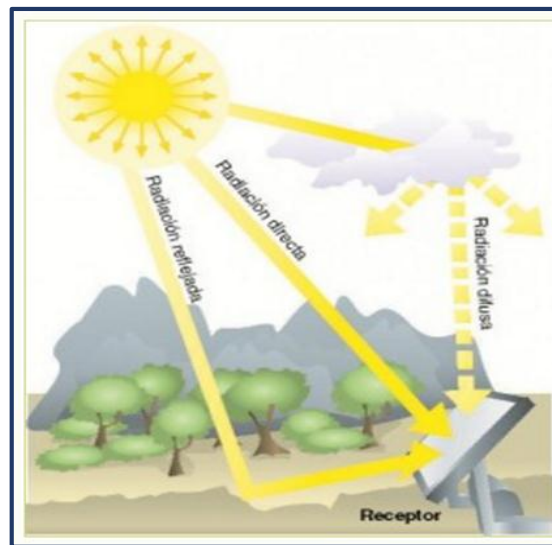


Ilustración 2: Tipos de radiación

Fuente: Calculationsolar Blog

Horas sol pico (HSP)

Es de importancia para proceso de cálculo en las instalaciones fotovoltaicas, la cual simplifica el desarrollo de las prestaciones energéticas de este tipo de instalaciones.

Se denomina Hora sol pico al número de horas diarias que, con una irradiación solar ideal proporciona la misma irradiación solar total que la real de ese día.

Resultan al expresarlos en HSP. Las horas sol pico nos ayuda a conocer la energía disponible, y así poder calcular el campo

fotovoltaico necesario, una vez tengamos conocimiento de los consumos y las pérdidas del sistema, así como otros factores.

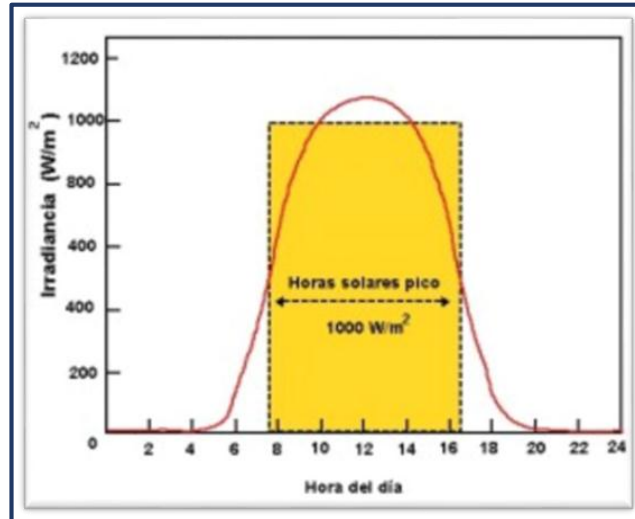


Ilustración 3: Hora solar pico
Fuente: Sector electricidad

2.3.5 Tipos de sistemas de Energía solar fotovoltaica

a. Sistemas aislados

Es cuando un sistema es completamente independiente ya que la energía almacenada puede ser utilizarla en las noches y durante los días nublados. Este tipo de sistemas son muy utilizados en zonas rurales o alejadas de las ciudades, donde no llega la red eléctrica por encontrarse muy lejanas.

b. Sistemas interconectados

Se conoce así porque están interconectados a la red eléctrica. Ya que toda la energía que genera los módulos solares se conecta directamente a la red de distribución eléctrica, lo cual nos da a entender que opera en paralelo con la red eléctrica.

Estos sistemas en ocasiones son más económicos ya que no necesitan de un sistema de acumuladores. Para entrar a este sistema se tiene que realizar un contrato con tu compañía de electricidad la cual verifica que el sistema cumpla con las regulaciones.

2.3.6 Celda fotovoltaica

Son unidades fotovoltaicas que convierten directamente la luz solar en electricidad. Por efecto fotoeléctrico que son propiedades de algunos materiales, la cual está compuesto de un ánodo y un cátodo recubierto de un material fotosensible. La luz que incide sobre el cátodo libera electrones que son atraídos hacia el ánodo, de carga positiva, originando un flujo de corriente proporcional a la intensidad de la radiación, produciéndose la absorción de fotones de luz y emisión electrones que son capturados, y el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. Las celdas fotovoltaicas son fabrican principalmente de silicio por ser un elemento abundante y de bajo costo.

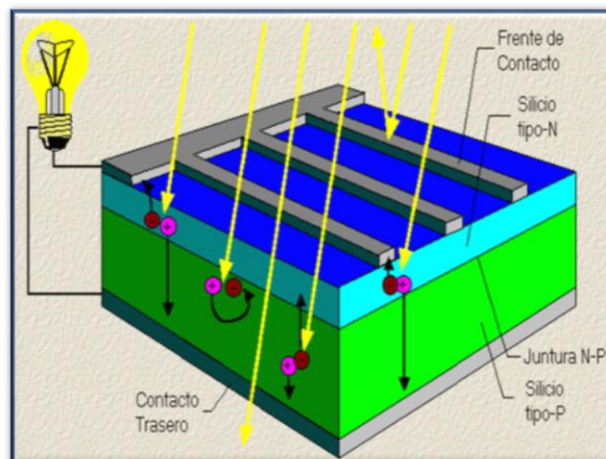


Ilustración 4: Celda fotovoltaica

Fuente: Sector electricidad

Parámetros eléctricos que definen una celda solar

- a. Tensión nominal (V):** Es la tensión de trabajo de la celda solar.
- b. Intensidad de corto circuito (I_{cc}):** Es la corriente de la celda solar a tensión nula. El cual varía dependiendo de la radiación solar existente.
- c. Tensión a circuito abierto (V_{oc}):** Es la tensión de una celda solar a intensidad nula, el cual es un valor que depende de la radiación solar.

d. Intensidad de máxima potencia (IMP): Se puede definir como la intensidad con la que trabaja una celda cuando se encuentra a máxima potencia.

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

f. Potencia máxima o de pico (PP): Es el valor máximo de potencia que puede obtener una celda solar.

2.3.7 Panel solar o módulo fotovoltaico

Es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para transformarla en energía eléctrica. También comprende a los colectores solares para producir agua caliente doméstica mediante energía solar térmica.

Los paneles fotovoltaicos se encuentran formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas también son conocidas como células fotovoltaicas. Estas dependen del efecto fotovoltaico que produce cargas positiva y negativa a través de energía lumínica en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales más usados hasta el momento son el silicio cristalino y el arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 centímetros de diámetro alcanza a producir una corriente de alrededor de 0,5 A y 0,5 V que es equivalente a un promedio de 90 W/m², en un campo de normalmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficiencia de las celdas. El arseniuro de galio es un poco más eficiente que el silicio, pero también más costoso.

a. Curvas características de un módulo fotovoltaico

En un generador fotovoltaico, la corriente generada es proporcional a la irradiancia de forma lineal, donde al disminuir la irradiancia la corriente de cortocircuito disminuye de igual manera; el voltaje permanece casi constante cuando se opera en los puntos de máxima potencia.

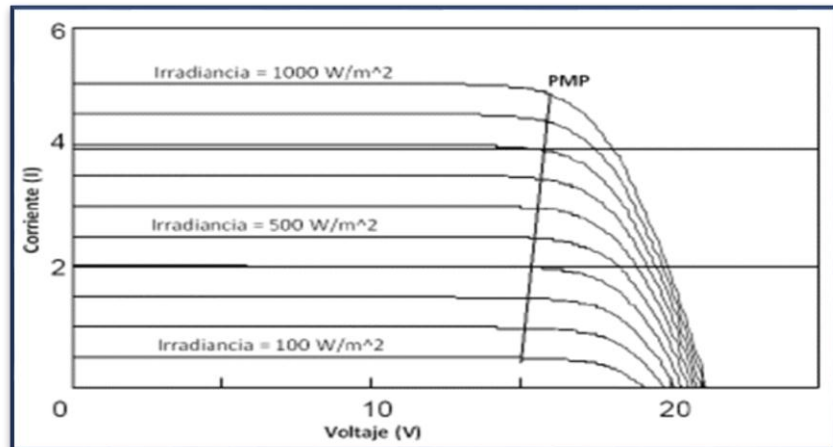


Ilustración 5: Efectos de la irradiancia sobre el desempeño del generador FV

Fuente: Estudio de sistemas de bombeo fotovoltaico

Al calentarse el generador Fotovoltaico por estar expuesto al sol produce una ganancia marginal de corriente de cortocircuito y a su vez una caída de tensión. Por lo cual significa una menor eficiencia.

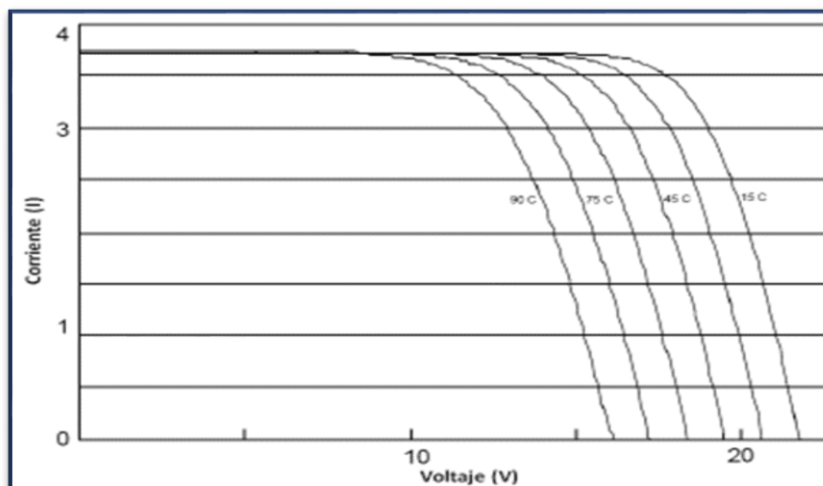


Ilustración 6: Efecto de la Temperatura sobre el generador FV

Fuente: Estudio de sistemas de bombeo fotovoltaico

b. Tipos de paneles solares

Las células fotovoltaicas o paneles son una de las formas de generar electricidad a partir de energía solar. No son los más eficientes, pero son lo mejor para utilizar a una escala pequeña y mediana.

Unas células fotovoltaicas son construidas con dos tipos de silicio, que cuando son alcanzados por la energía solar, producen una diferencia de potencial entre ellos y, si encuentran conectados a un circuito eléctrico, producirá una circulación de corriente.

Un número de células fotovoltaicas encapsuladas en vidrio se conectarán en serie o en paralelo para producir un voltaje específico. Lo que puede ser observado como un panel de 12 voltios puede producir alrededor de 16 voltios a pleno sol para cargar una batería de 12 voltios.

En el mayor de los casos, una cantidad de paneles estarán conectados entre sí para formar una “matriz”. Los módulos fotovoltaicos del mismo tipo pueden ser conectados en serie para dar un voltaje más alto.

Existen tres tipos de placas fotovoltaicas:

Monocristalinas

Son cortados de un solo cristal de silicio que es efectivamente una rebanada de un cristal. En apariencia, se podrá ver una textura suave y el grosor de la rebanada.

Estos son la mayor eficiencia en el mercado actual y los más caros de producir. Son rígidos y deben ser instalados en una estructura rígida para su protección.

Policristalino

Las células cristalinas con una reducción de corte de un bloque de silicio, compuesto de una gran cantidad de cristales. Son de menor eficiencia que las Monocristalinas y por ende de menor costo.

Amorfas

Éstas son diseñadas mediante la colocación de una fina capa no cristalina de silicio sobre una variedad de superficies. Estos son de menos eficiencia y por tanto de menor costo. Debido a la naturaleza amorfa de la capa fina, es flexible, el panel solar entero puede ser flexible.

Una característica de las celdas solares no cristalinas o amorfas es que tiene una reducción de potencia con el tiempo, especialmente durante los primeros meses, después de los cuales son básicamente estables.

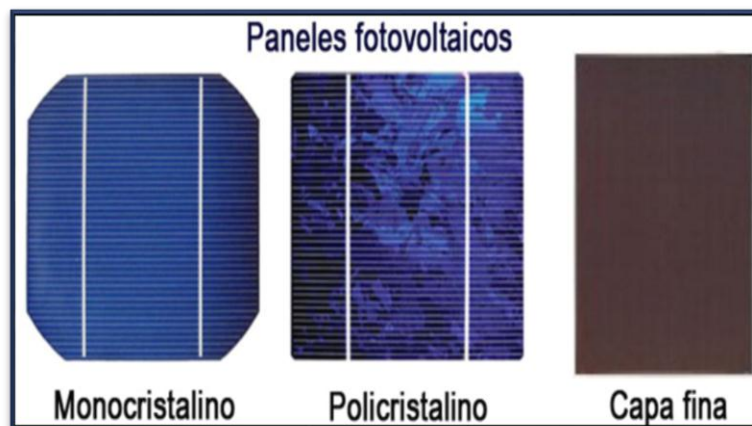


Ilustración 7: Tipos de paneles fotovoltaicos

Fuente: Solar – Facts

c. Asociación en serie y en paralelo

Para poder aumentar los niveles de tensión, intensidad, los módulos fotovoltaicos se pueden asociar de las siguientes formas:

Asociación en serie: La conexión en serie consiste en conectarlos paneles uno a continuación del otro, con el fin de obtener la suma de las tensiones de cada módulo. Manteniendo la intensidad igual en ambos módulos.

Asociación en paralelo: Con esto lo que se consigue es la suma de las intensidades de cada panel solar y la coincidencia de la tensión en cada módulo individual.

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

d. Ángulo de inclinación

Es la inclinación que se da al panel con respecto al sol, la cual se debe encontrar teniendo en cuenta las variaciones estacionales. En invierno, el sol no alcanzará el mismo ángulo que en verano. Lo que los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar. Sin embargo, no se encontrarán en posición óptima para el sol del invierno. Lo cual conlleva a determinar algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Para cada latitud se presenta un ángulo de inclinación óptimo.

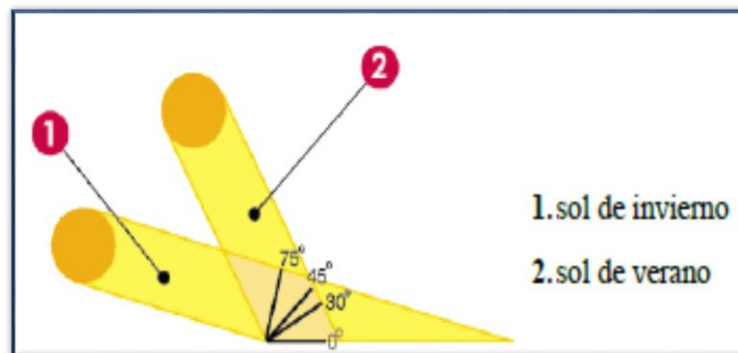


Ilustración 8: Ángulo de inclinación

Fuente: Tesis (Regulador de panel solar – batería – carga con microcontrolador PIC, Christian Paul Henríquez

e. Estructura de soporte

Son elementos auxiliares que proporcionan una resistencia a los cambios atmosféricos, también poder obtener una orientación e inclinación adecuada para proporcionar el máximo de energía posible a lo largo de todo el año, teniendo en cuenta los distintos problemas

como la corrosión, pares galvánicos y que garanticen un buen aislamiento eléctrico.

Soportes fijos: Se usan en aquellos lugares donde es posible elegir un ángulo de inclinación fijo. De manera que se pueda obtener una mejor captación de energía solar en horas despejadas.

Soportes móviles: Tienen una gran ventaja que es la de seguir la trayectoria del sol, pudiendo generar la mayor cantidad de energía eléctrica. Pero en lugares de baja radiación solar resulta un poco costosa en comparación a la inversión de la estructura.



Ilustración 9: Seguidor solar

Fuente: Empresa Southwest Photovoltaics Systems, Ins

2.3.8. Acumuladores o baterías eléctricas

El acumulador es el dispositivo encargado de almacenar la energía que no se está siendo usada para poder disponer de ella en momentos que las placas fotovoltaicas no son capaces de atender la demanda de energía.

Las baterías empleadas en la industria fotovoltaica son principalmente de plomo ácido, aunque en como zonas de difícil acceso se emplean baterías de níquel cadmio, pero ya se encuentran en desuso porque son muy contaminantes.

A. Parámetros de los acumuladores

a. Capacidad nominal (C): Es la cantidad de energía eléctrica que podemos recibir de la descarga completa de la batería. Se mide en amperios – hora (Ah). Su valor real depende de diversos factores que afectan su valor nominal:

- Temperatura de la batería o entorno
- Tiempo de descarga de la batería
- Conexión de baterías

b. Profundidad de descarga (PD): Es la capacidad total expresada en porcentaje que indicarlo máximo que se puede descargarla batería. En instalaciones fotovoltaicas se emplean baterías de descarga profunda.

c. Vida útil: Es la cantidad de cargas y descargas que pueda proporcionar la batería. Los factores que varían los ciclos de vida útil son:

- Concentración de electrolito
- Espesor de las placas
- Profundidad de descarga

d. Tensión (V): Se requiere para saber si la batería se encuentra cargada o no teniendo en cuenta las características de placa.

B. Conexión de las baterías

Las conexiones son las mismas que los módulos fotovoltaicos para tener tanto un aumento de tensión como de corriente y al igual que los módulos fotovoltaicos también las baterías tienen que ser de características similares.

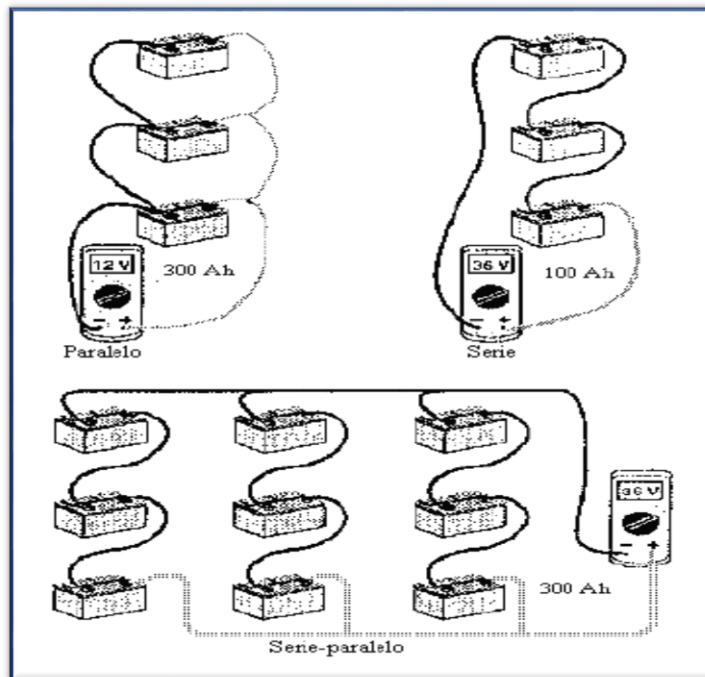


Ilustración 10: Baterías conectadas en paralelo, serie y serie - paralelo

Fuente: (Instalaciones de energía fotovoltaica, Narciso Moreno Alfonso y Lorena García Díaz, Julio del 2011)

2.3.9. Reguladores de carga

Son los encargados de controlar y proteger de las sobrecargas y sobre descargas que puedan suceder en el acumulador. Estos reguladores realizan controles de flujo de energía. En casos pequeños se puede prescindir de estos reguladores donde los acumuladores no superen la profundidad de descarga.

A. Parámetros que definen un regulador

a. Intensidad nominal (I): Es la intensidad de trabajo que va desde las placas solares hasta las baterías. Esta intensidad debe ser mayor que el total recibido por los paneles solares para evitar sobrecargas.

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

B. Tipos de reguladores de carga

a. Reguladores lineales: Su función de control se basa en la disipación de la energía producida por los paneles y que el acumulador no puede absorber. Lo cual se logra con una resistencia variable, pero no son muy utilizados por su bajo rendimiento que brindan al sistema. Dependiendo de la forma de conectar el regulador dentro del sistema, tendremos un regulador lineal serie o paralelo.

b. reguladores conmutados: Estos son electrónicos, lo que proporciona un alto rendimiento. Controlan el valor de la tensión para que sea adecuada a la salida del regulador, también teniendo en cuenta la influencia de la variación de la temperatura. Su función es desconectar la batería del generador cuando se encuentre cargada.



Ilustración 11: Regulador de carga

Fuente: (Energía Solar Fotovoltaica y Energía Eólica, Javier Martín Jiménez, 2014)

2.3.10 Inversores CC/CA

Es un dispositivo encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna con el fin de hacer funcionar cargas en corriente alterna.

Parámetros de los inversores

a. Tensión nominal de entrada y tensión nominal de salida:

Donde la tensión de salida no debe de superar en un 5% a la tensión nominal de entrada y la frecuencia no varía más de un 2%.

b. Potencia nominal: Se sabe que es la potencia capaz de suministrarse de forma continua. Teniendo en cuenta las sobrecargas al iniciar el funcionamiento del inversor.

c. Capacidad de sobrecarga: Es la máxima capacidad que tiene el inversor de poder entregar una potencia mayor a la nominal durante un periodo de tiempo.

d. Rendimiento: Es un criterio que se define entre la potencia de entrada y la potencia de salida. Está influenciado por la potencia y la temperatura a la cual se encuentra trabajando.

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

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

2.3.11 Motor – Bomba

Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que se denomina motobomba o simplemente bomba. Aunque la mayor parte de este tipo de instalaciones se realizan con bombas sumergibles por la profundidad a la que succionan, existen también unidades flotantes o de superficie.

Las cuatro configuraciones más comúnmente instaladas son:

- a. Motobomba sumergible, con motor DC o AC y bomba centrífuga multiestado.
- b. Motobomba sumergible de desplazamiento positivo.
- c. Motobomba flotante con motor DC y bomba centrífuga.
- d. Unidades motor-bomba instaladas en la superficie.

Las configuraciones del número de módulos fotovoltaicos deben adaptarse a las limitaciones de corriente y voltaje del motor, procurando acoplar bien ambos elementos para optimizar las relaciones de máxima potencia.

En la actualidad hay modelos comerciales donde el motor está acoplado a la bomba de fábrica con lo que debería seleccionar un motor - bomba que cumpla los requisitos y las necesidades de caudal.

2.3.12. Bombeo con energía solar fotovoltaica para el uso agrícola

Existen dos alternativas de sistemas de bombeos fotovoltaicos que son:

Bombeo solar directo:

El agua es extraída del pozo solamente durante el tiempo de radiación solar, almacenándose en un depósito de modo que se evita los costos asociados a las baterías.

Bombeo con baterías:

Se utiliza cuando las necesidades de extracción de agua son muy precisas y se necesita asegurar el suministro, las cuales son instaladas para los periodos sin sol.

2.3.13. Temporizador On Delay

Es un relé cuyos contactos temporizados actúan después de un cierto tiempo de haber sido energizados. El tiempo es ajustable mediante un potenciómetro de acuerdo al requerimiento deseado. Este dispositivo tiene innumerables aplicaciones, desde controladores simples hasta los más complejos sistemas autómatas.



Ilustración 12: Temporizador On Delay marca Schneider

Fuente: <http://www.cesco.com/b2c/product/Schneider-Electric-Square-D-RE7TP13BU-Timer/665001>

2.3.14. Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula es movida mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado. Las electroválvulas son utilizadas en variedad de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento y al desenergizarla regresa a su posición normal. También existen electroválvulas biestables que

utilizan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o también un solo solenoide que apertura con un impulso de corriente y cierra con el siguiente.



Ilustración 13: Electroválvula

Fuente:<http://www.directindustry.es/prod/ode/product-39802-492004.html>

2.3.15 Contactor

Un contactor es un dispositivo electromecánico con capacidad de interrumpir o habilitar la corriente eléctrica de un receptor o instalación ante el cambio de sus contactos, con la posibilidad de tener un control de los diferentes sistemas.

Tiene dos posiciones de funcionamiento: Cuando la bobina se encuentra desenergizada se encuentra estable o en reposo por lo que no recibe acción alguna por parte del circuito de mando y otra inestable, cuando actúa dicha acción energizando la bobina y cerrando sus contactos.

En los esquemas eléctricos, se encuentra con las letras KM seguidas de un número de orden.



Ilustración 14: Contactor Telemecanique

Fuente: <http://drustvosrl.com/potencia-mando-y-senalizacion/>

2.3.16. Definición del riego

El riego se puede definir como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. (Orson W. Israelsen, 2003)

La irrigación se puede definirse como la aplicación de agua al terreno teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

- a. Proporcionar la humedad necesaria para el desarrollo de los cultivos.
- b. Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.
- c. Refrescar la temperatura del suelo y la atmósfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para su desarrollo vegetal.
- d. Disolver sales contenidas en el suelo.
- e. Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.
- f. Dar las características óptimas de humedad de suelo.

2.3.17. Selección del tipo de riego

La elección del método de riego más adecuado se realiza en función de los siguientes factores:

- a. **La topografía:** la nivelación del terreno es de gran importancia para el riego por superficie la cual en ocasiones puede dañar al suelo y ser más costosa que el equipamiento necesario para el riego a goteo o micro aspersión.
- b. **Las características físicas del suelo:** Son características importantes ya que, si el suelo tarda en infiltrar el agua, se pueden dar problemas de escorrentía y erosión para el caso de riego por goteo o micro aspersión, pero el riego por superficie necesita de suelos de infiltración media. Es de esta manera como alcanza una eficiencia elevada y no tiene problemas de encharcamiento.
- c. **El tipo de cultivo:** Hay cultivos que se desempeñan de forma óptima en algunos sistemas de riego y otros que no pueden ser cambiados de sistema de riego.
- d. **La disponibilidad de agua:** Los sistemas que puedan resultar más eficientes en una determinada situación serán los más adecuados cuando la disponibilidad de agua es baja.
- e. **La calidad del agua:** una deficiente calidad del agua será más dañina para el cultivo si éste se moja con el agua de riego de baja calidad, lo que perjudicará la productividad.
- f. **La disponibilidad de mano de obra:** Es un factor importante debido a la migración creciente de personas hacia las zonas urbanas.
- g. **El costo de la instalación:** Este es un factor importante, aunque en este momento los costes de implementación de nuevos sistemas de riego pueden ser muy similares.
- h. **El efecto sobre el medio ambiente:** Los problemas de baja eficiencia de riego o los derivados del impacto ambiental, son un factor de creciente importancia en la elección del sistema de riego.

2.3.18. Riego por goteo

Riego por goteo, también conocido como riego gota a gota, es un método de irrigación muy utilizado en las zonas áridas, pues permite utilización óptima de agua y abonos.

Se basa en infiltrar agua directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros).

Al aplicar este sistema de riego se garantiza un buen desarrollo de la planta ya que se les suministra agua constante, asegurando el suministro necesario para la planta y que esta no sea desperdiciada.

Con este sistema de riego por goteo automatizado se asegura un ahorro de agua y energía consumida, agua y mano de obra del ser humano garantizando así un ahorro monetario a largo plazo.

2.3.19. Componentes y diseño de riego por goteo

Existe gran variedad de componentes para el diseño del sistema de riego por goteo. Pero todo depende de la utilización que se le va a dar y las especificaciones del fabricante.

El agua emitida por los goteros debe alcanzar las raíces de las plantas para lo que debe tener en cuenta las distancias entre emisores, profundidad del sistema radicular de las plantas y las propiedades del suelo.

Un sistema de riego por goteo debe ser planificado y diseñado teniendo en cuenta el efecto de la topografía sobre los requisitos de presión y flujo. Para asegurar uniformidad en la aplicación de agua se tiene en cuenta el tipo de cinta y la longitud de las cintas.

Tabla 1:

Tipos de sistemas de riego por goteo

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

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

Fuente: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8782-s>

2.3.20 Evaluación Económica (VAN y TIR)

La evaluación económica mide el resultado económico de una inversión sin tener en cuenta un probable préstamo. La evaluación financiera permite determinar los beneficios del proyecto incluido el financiamiento.

El valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es la suma algebraica de los flujos netos actualizados del proyecto, si es positivo, conviene ejecutar el proyecto.

$$VAN = -I_{0+} \sum_{t=1}^{t=n} BN / (1 + td)^t$$

Ecuación 1: Valor Neto Actual

Donde:

I_0 =Inversión inicial

BN= Flujo de beneficios

t= 1, 2, 3,....., n (período de años)

n= Horizonte del proyecto

td= Tasa de descuento (CPK o COK)

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es aquella tasa de descuento que hace que el VAN = 0. Permite medir directamente la rentabilidad del proyecto. La TIR debe ser mayor que la tasa de descuento para aceptar el proyecto: (TIR > td).

$$TIR = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{BN}{(1+r)^t} = 0$$

Ecuación 2 : Tasa Interna de Retorno

Donde:

r = tasa de descuento

Si utilizamos la calculadora debemos llegar al TIR por tanteos, es decir, calcular un VAN (+) cercano a cero y otro (-) cercano a cero, donde se encuentra la TIR.

$$TIR = td1 + \frac{VAN1(td2 - td1)}{VAN1 + VAN2}$$

Ecuación 3: Tasa Interna de Retorno

Para ello se utiliza la formula siguiente:

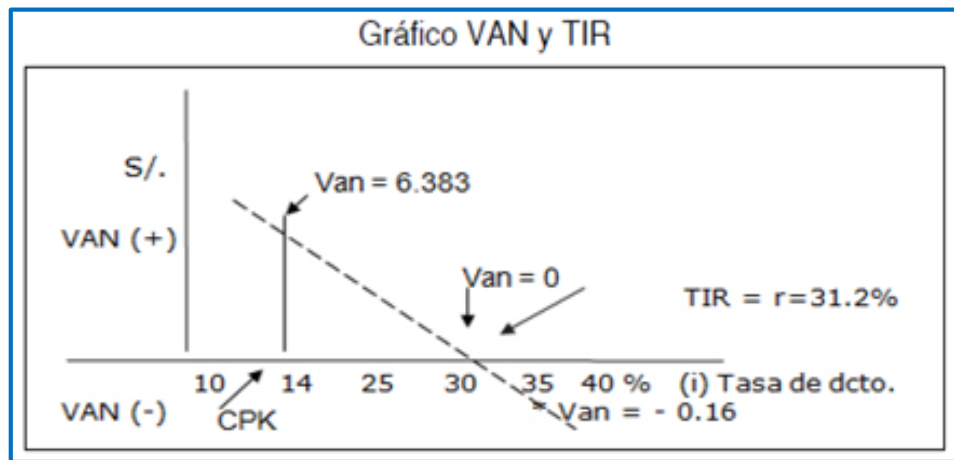


Ilustración 15: Gráfico VAN y TIR

Fuente: [www.mailxmail.com/curso-plannegocios-manual/planfinanciero - Evaluación- económica - financiera-van-tir](http://www.mailxmail.com/curso-plannegocios-manual/planfinanciero-Evaluación-económica-financiera-van-tir)

2.4. Definición de términos para el sistema de bombeo fotovoltaico

Es importante hacer definiciones y explicar conceptos básicos empleados en el campo del diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico, los cuales servirán para interpretar la literatura o información técnica escrita sobre el tema.

- Energías renovables:** Es la energía que se obtiene de fuentes naturales que son virtualmente inagotables.
- Bombeo fotovoltaico:** Es un sistema que a través de paneles fotovoltaicos tiene como objetivo bombear agua en aquellas zonas donde no se dispone de suministro de electricidad de la red convencional.
- Bomba:** Dispositivo que cumple la función de generar el movimiento de los fluidos desde un punto a otro.
- Sistema fotovoltaico (SFV):** Es el conjunto de elementos y accesorios que permiten la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Los elementos principales de un sistema fotovoltaico son los módulos fotovoltaicos, el controlador, la

batería, opcionalmente un inversor de corriente continua en corriente alterna y la carga instalada.

- e. **Generador fotovoltaico:** Es el conjunto de módulos o fotovoltaicos que se encuentran interconectados de acuerdo a las características de la corriente eléctrica que se requiera por las cargas.
- f. **Tablero de control:** Dispositivo electromecánico creado para facilitar la interconexión eléctrica y también proteger al controlador de sobrecargas por cortocircuito.
- g. **Energía:** La energía es una magnitud física que se presenta en diversas formas, y está involucrada en los procesos de cambio de estado (mecánicos o no). Asimismo, es una función de estado que se transforma o se transmite.
- h. **Automatizar:** Implementar procedimientos automáticos en un proceso, mecanismo, sistema o aparato.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Marco Metodológico

3.1.1. Tipo y Diseño de la Investigación

3.3.1.1. Tipo de la Investigación

El proyecto de investigación es de tipo APLICADA, ya que adopta y recoge conocimientos básicos de ingeniería para ser aplicados de forma directa a los problemas del sector productivo.

3.3.1.2. Diseño de la Investigación

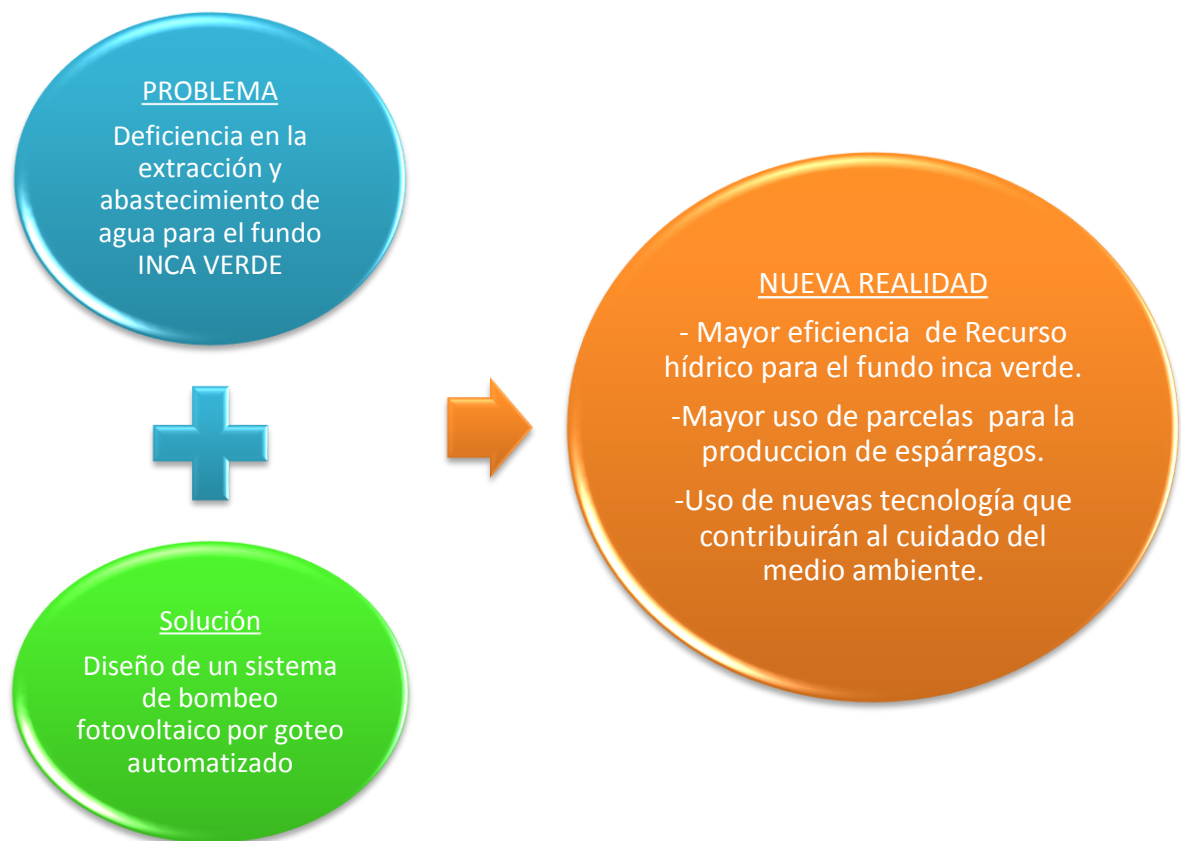


Diagrama 1: Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.2. Población y Muestra

La población y muestra de la investigación está constituido por la demanda de agua para el regadío de los cultivos de espárrago del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandia provincia de Chepén - Departamento de la Libertad.

3.3. Hipótesis

El Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado logrará satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos de espárrago del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandia provincia de Chepén - Departamento de la Libertad.

3.4. Variables

3.4.1 Variable Independiente

- a. Radiación solar
- b. Demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos.

3.4.2 Variable Dependiente

- a. Sistema de bombeo Fotovoltaico por goteo automatizado

3.5 Operacionalización

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INDICES	TECNICA DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTO DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE						
Radiación solar	Potencia solar	Radiación solar	$\frac{W - h}{m^2}$	Medición y Observación Sistemática	Hoja de recolección de datos	Piranómetro o Solarímetro
Demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos	Volumen de agua	Agua para uso agrícola	m^3	Entrevista y Análisis de documentos	Hoja de Entrevista Guía de análisis de documentos	Cálculos matemáticos
	Caudal del agua	Caudal requerido	$\frac{m^3}{h}$	Entrevista y Análisis de documentos	Hoja de Entrevista Guía de análisis de documentos	Cálculos matemáticos
VARIABLE DEPENDIENTE						
Sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado	Potencia del panel	Dimensionamiento del módulo FV	W_p	Observación, Análisis de documentos	Guía de Observación y análisis de documentos	Cálculos matemáticos
	Capacidad de la bomba	Dimensionado de la bomba	HP	Observación, Análisis de documentos	Guía de Observación y análisis de documentos	Cálculos matemáticos
	Tiempo de funcionamiento	Programación del temporizador	min	Observación, Análisis de documentos	Guía de Observación y análisis de documentos	Cálculos matemáticos

3.6 Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Método Aplicativo

Sera aplicada ya que adopta y recoge conocimientos básicos de ingeniería, así como material y equipos existentes sobre paneles fotovoltaicos.

3.6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A.- Técnicas

a. Entrevista

Es la conversación basada en una serie de preguntas que plantea el entrevistador sobre las que la persona entrevistada da su respuesta o su opinión. (Barbosa, 2014)

b. Análisis de documentos

Para este aspecto se tuvo en cuenta catálogos, libros, tesis, revistas científicas, informes, etc.

B.- Instrumentos

a. Hoja de entrevista

La Hoja de entrevista consto de ocho preguntas con las cuales se entrevistó a los especialistas pertinentes en los campos de sistemas fotovoltaicos como de sistemas de goteo automatizado, se hicieron preguntas específicas que ayudaron a tener un mayor alcance del proyecto de investigación. (Ver anexo 01)

b. Guía de análisis de documentos

La Guía de análisis de documentos conto con un registro de ubicación y procedencia de los datos bibliográficos y fuentes de recolección de datos como lo son los planos de ubicación de fundo Inca Verde, material bibliográfico de las distintas universidades, información de los catálogos y también se revisarán normas legales dadas por el Ministerio de Energía y Minas referente a sistemas solares en el Perú.

3.7 Procedimiento para la recolección de datos

3.7.1 Diagrama de flujo de procesos

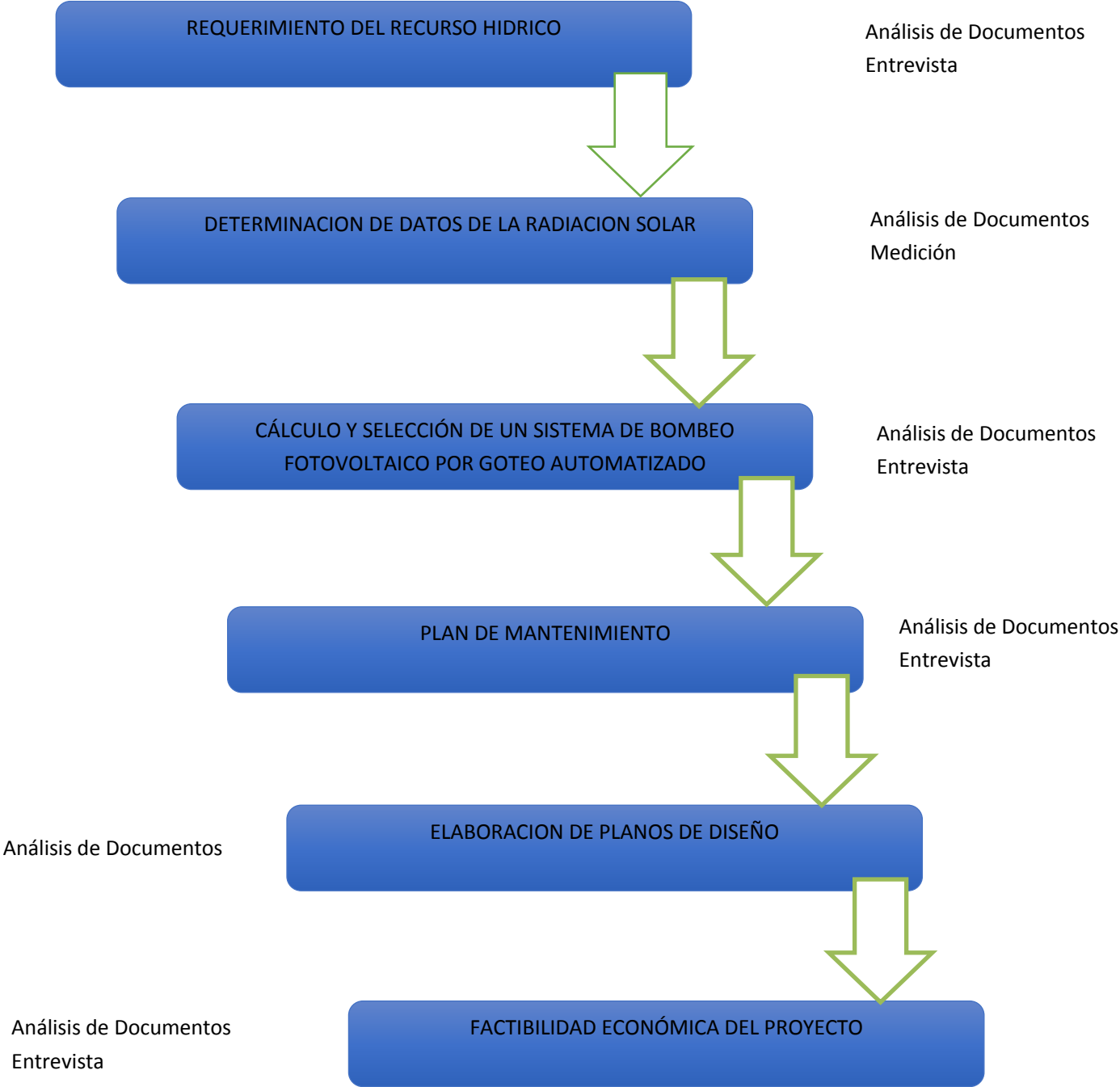


Diagrama 2: Diagrama de Flujo

3.7.2 Descripción de procesos

a. Requerimiento del recurso hídrico

Se recolectó datos del sistema de riego por goteo para el espárrago mediante los métodos de recolección de datos en los cuales obtuvimos datos como caudal requerido por hectárea dependiendo de distintos factores como el tipo de suelo, clima, etc.

b. Determinación de datos de la radiación solar

Se obtuvieron mediante el análisis de documentos que fueron revisados del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI), también se tomó en cuenta la NASA por tener datos sobre radiación solar y las mediciones tomadas por un Solarímetro.

c. Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico

Se debió contar con los pasos anteriores, como la máxima demanda de recurso hídrico y la determinación de la radiación solar. Para luego proceder a realizar el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico donde se determinó la el número y características de los paneles, tipos de conexiones, numero de acumuladores, inversores y reguladores a implementar.

d. Plan de mantenimiento

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

e. Elaboración de planos de diseño

Se elaboraron los planos de diseño del sistema de bombeo fotovoltaico de acuerdo a los datos obtenidos en los cálculos de diseño.

f. Factibilidad económica del proyecto

Se realizó la evaluación económica del sistema de bombeo fotovoltaico, cumpliendo con las especificaciones técnicas y ambientales correspondientes.

3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos

Se realizaron mediciones de la radiación solar en el lugar de aplicación del proyecto, utilizando un Solarímetro.

Por la cual lo se utilizó la estadística descriptiva, donde se aplicó:

La media, mediana, moda, promedio, valores máximos y mínimos.

Así que se utilizó el software de Microsoft office Excel y el software Microsoft Project, para procesar los datos y obtener datos tabulados.

3.9. Criterios éticos

Los criterios éticos que se han previsto en el presente proyecto de investigación consisten en mantener los niveles de profesionalismo y búsqueda de la superación, también promoviendo nuevos enfoques y metodologías útiles para responder a las necesidades nuevas, así como a las ya existentes, que se basa en la responsabilidad, servicio, respeto, honestidad, claridad y precisión.

3.10. Criterios de rigor científicas

La credibilidad en la presente investigación, se apoya en los siguientes aspectos:

- a) Estimación valorativa de los datos y/o información derivada de los instrumentos aplicados.
- b) La experiencia de trabajo constante en la institución universitaria con los asesores (especialista y metodológico) de la investigación y otros especialistas de manera especial en

actividades de formación de sistemas de generación fotovoltaica.

Manejo y desarrollo de la investigación como un proceso de contratación y confluencia de técnicas, instrumentos y datos dirigidas a la investigación. Este proceso se realizó en la perspectiva del “cruzar” la información obtenida por diversos instrumentos de naturaleza cualitativa y cuantitativa. En el diseño, se consideró la aportación de instrumentos de recolección de información para permitir el contraste necesario de los datos recabados a partir de diversas técnicas, instrumentos y procedimientos de indagación del fenómeno estudiado.

**CAPÍTULO IV:
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN
DE LOS RESULTADOS**

4.1 Resultados en tablas y gráficos

4.1.1. Cultivo

Tabla 2:

Cuadro Del Cultivo

Cultivo	Espárrago
Área neta de riego	10 ha
Siembra	Todo el año
Cosecha	Todo el año
Evapotranspiración máxima en Chepén	4,24 mm/día

En la tabla N°2, podemos observar que el área neta de riego que el área neta de riego es de 10 hectáreas de cultivo de espárrago, el cual se puede sembrar y cosechar en cualquier época del año, también nos da a entender que la máxima evapotranspiración del espárrago en Chepén es de 4,24mm/día.

4.1.2. Riego

Tabla 3:

Cuadro de Riego

Riego	Medidas
Caudal del gotero	1,5 L/h
Volumen máximo de gua a aplicar por cada riego	424075,5 Litros
Turnos de riego	5
Tiempo máximo para regar por turno	1,89 horas
Caudal del sistema	44955 L/h

En la tabla N°3, podemos observar que el gotero tiene una descarga de 1,5 L/h, que para regar las 10 hectáreas de espárrago se necesita un total de 424075,5 litros de agua divididos en 5 turnos de 2 hectáreas por turno, en donde cada turno es por un periodo máximo de 1,89 horas. También se observa que el sistema tiene un caudal de 44955 L/h.

4.1.3. Tiempos de riego

Tabla 4:

Tiempos de Riego (minutos)

Mes	Etapa de desarrollo		
	inicial	media	final
Enero	61	113	78
Febrero	60	112	77
Marzo	57	106	73
Abril	55	102	70
Mayo	49	91	62
junio	42	79	54
julio	41	76	53
Agosto	44	81	56
Setiembre	50	93	64
Octubre	53	99	68
Noviembre	57	107	74
Diciembre	60	112	77

En la tabla N° 4, podemos observar que mientras más nos acercamos a la temporada de verano más aumentan los tiempos de riego y si al lado de invierno los tiempos van disminuyendo, claro esta que esta que la etapa de mayor consumo de agua es la etapa media, estos tiempos calculados son en base a la tabla del anexo 03 y el Kc del espárrago en sus diferentes etapas de desarrollo.

4.1.4. Tubería Sub – principal

Tabla 5:

Cuadro de tubería sub-principal

Tubería Sub - principal	Medidas	Medida de mercado
Diámetro interior	84,1 mm	3 pulgadas
Material	PVC	-
Longitud por ha	150 m	-
Caudal	6,244 l/s	-

En la tabla N° 5, podemos observar que la tubería PVC seleccionada tiene un diámetro interior de 84,1 mm, la cual lleva un caudal de 6,244 L/s en sus 150 metros de recorrido por cada hectárea.

4.1.5. Tubería Principal

Tabla 6:

Cuadro de tubería principal

Tubería Principal	Medidas	Medida de mercado
Diámetro interior	108,4 mm	4 pulgadas
Material	PVC	-
Longitud total	470,28 m	-
Caudal	12,49 l/s	-

En la tabla N° 6, podemos observar que la tubería PVC seleccionada tiene un diámetro interior de 108,4 mm, la cual lleva un caudal de 12,49 L/s en sus 470,28 metros de recorrido en todo el sistema.

4.1.6. Bomba

Tabla 7:

Medidas para selección de bomba

Riego	Medidas
Caudal máximo	44955 L/h
Altura manométrica máxima	61,77 m.c.a

En la tabla N° 7, observamos que tenemos que seleccionar una bomba de agua que cuente con un caudal mínimo de 44955 L/h y una altura mínima de 61,77 metros para satisfacer la demanda de agua requerida. Para lo que selecciono 2 bombas WDM modelo 2015HCE-10 que al trabajar en simultáneo cumplen con los requerimientos hídricos.

4.1.7 Sistema fotovoltaico

Tabla 8:

Sistema fotovoltaico

Requerimiento	Cantidad	Capacidad
Máxima Demanda	-	180,443 Kw.h
Módulos fotovoltaicos	152	260 w
Acumuladores	296	254 A.h
Reguladores	7	100 A
Inversores	6	4 kW

En la tabla N° 8, podemos observar que para una demanda de Energía de 180,443 Kw.h teniendo en cuenta las perdidas en el sistema fotovoltaico se necesita de 152 paneles TIANWEI de 260 W, 296 Acumuladores TROJAN de 254 A.h, 7 Reguladores VICTRON ENERGY de 100 A y 6 Inversores BETSUN trifásicos de 4 Kw para que el sistema de bombeo fotovoltaico tenga un funcionamiento adecuado.

4.1.8 Instrumentos de automatización

Tabla 9:

Tabla de instrumentos de automatización

Controlador	Tipo	Cantidad
Contactores de Fuerza y Mando	LC1D20M7C - LC1D09M7C	6 - 5
Temporizadores	RE11RMMW	5
Electrobombas	10 HP	2
Electroválvula	HUNTER DE 3"	10

En la tabla N° 9, podemos observar que se necesita un total de 6 contactores LC1D20M7C de 20 amperios para el sistema de arranque de las bombas de agua y 5 contactores LC1D09M7C de 9 amperios para el sistema de mando, también se puede apreciar que se necesitan 5 temporizadores RE11RMMW

para los tiempos de riego, los mismos que pondrán en operatividad las electroválvulas HUNTER.

4.2. Discusión de resultados

1. Ante la deficiencia de energías convencionales se está optando por el uso de energías renovables y cada día con mayor aceptación, las cuales están siendo empleadas con distintos fines. Por tanto, según un informe de nombre “Diseño y construcción de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables del DECEM” realizado en Ecuador nos dice que esta forma de energía alternativa tiene un alto grado de factibilidad y comparado con nuestra tesis su grado de factibilidad es negativa.
2. Según el informe de la empresa Delta Volt SAC el intercambiar sistemas diésel por sistemas fotovoltaicos me reduce considerablemente los costos de mantenimiento, reparaciones y ahorra gastos en combustibles, por lo que se evaluó estos aspectos para el tema de costos y se llegó a la conclusión de que, en estos momentos con los costos actuales de los sistemas solares aislados, económicamente es más conveniente un sistema convencional.
3. De acuerdo a SENAMHI la radiación solar mínima en la libertad es de $4,11 \text{ Kw.h/ m}^2$, pero realizando mediciones se tiene una radiación mínima de $5,08 \text{ Kw.h/ m}^2$ lo cual reduciría la cantidad de generadores fotovoltaicos para alcanzar mis requerimientos de energía eléctrica.
4. El ETo de $4,56 \text{ mm/día}$ dados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria y empleados en el cálculo para el requerimiento de recurso hídrico del espárrago son los adecuados ya que los resultados de los cálculos nos arrojan los tiempos de riego similares a los que se le dan en el ámbito agrario según el encuestado ingeniero agrónomo Ruperto Farroñan Montalvo.

**CAPÍTULO V:
PROPUESTA DE LA
INVESTIGACIÓN**

5.1 Cálculo de la demanda de recurso hídrico

Para obtener el caudal diario a bombearse, debemos determinar el consumo de agua del espárrago, tanto en los puntos más altos como en los más bajos de consumo. Para así determinar los tiempos de riego.

$$\text{Etc} = \text{ETo} \times \text{Kc}$$

Ecuación 4: Evapotranspiración del cultivo

Donde:

Etc= Evapotranspiración del cultivo de interés (mm/día)

ETo= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día), tomándose el más elevado para obtener el máximo requerimiento y poder seleccionar mi sistema hídrico. (Ver anexo 03)

Kc= Coeficiente del cultivo

El Kc es una constante que varía de acuerdo al desarrollo del espárrago, por lo que se determinará en sus distintas etapas de crecimiento.

	ETo (mm/día)	Kc (constante)	Etc (mm/día)
Inicio	4,56	0,5	2,28
Media	4,56	0,93	4,24
Final	4,56	0,64	2,92

$$\text{RR o db} = (\text{Etc} \div \text{Er}) \times 100$$

Ecuación 5: Rendimiento de riego

Donde:

Er= Eficiencia de riego 85% al 95%

RR= Requerimiento de riego (mm/día)

db= Lamina bruta de riego (mm/día)

	Etc (mm/día)	Er (%)	100 %	RR (mm/día)
Inicio	2,28	90	100	2,53
Media	4,24	90	100	4,71
Final	2,92	90	100	3,24

Con el dato anterior podemos obtener el volumen de agua por planta (G)

$$G = (RR \div f) \times Sp \times Sl$$

Ecuación 6: volumen de agua por planta

Donde:

G= es el volumen de agua por planta. (L/planta/día)

f = es la frecuencia de riego. En goteo este valor usualmente es 1.

Sp= Es el espaciamiento entre plantas, que sería de 0,30 m

Sl= Es el espaciamiento entre laterales de riego, que sería de 2,0 m entre lateral. (m)

	RR (mm/día)	f	Sp (m)	Sl (m)	G (L/Planta/día)
Inicio	2,53	1	0,30	2,0	1,52
Media	4,71	1	0,30	2,0	2,83
Final	3,24	1	0,30	2,0	1,95

$$Ta = G / (Np \times qa)$$

Ecuación 7: Tiempo de aplicación

Donde:

Ta= tiempo de aplicación de agua (horas)

Np= puntos de emisión por planta.

qa= es el caudal nominal del gotero de lateral del riego, asumimos que tenemos una cinta T-TAPE y el gotero tiene una descarga de 1,5 L/h.

Hallamos:

$$N_p = S_p / S_e$$

Ecuación 8: Puntos de emisión por planta

Donde:

Sp= es el espaciamiento entre plantas 0,30m

Se= espaciamiento entre goteros 0,30m

$$N_p = 0,30 \div 0,30$$

$$N_p = 1$$

Entonces el tiempo de aplicación sería:

	G (L/Planta/día)	Np	qa (L/h)	Ta
Inicio	1,52	1	1,5	1,01
Media	2,83	1	1,5	1,89
Final	1,95	1	1,5	1,30

Ta (tiempo de aplicación)		
Inicio	1,01	61 minutos
Media	1,89	1 hora con 54 minutos
Final	1,30	1 hora con 18 minutos

Si conocemos:

Población de plantas/hectárea

- Una hectárea tiene 10000 m², es decir 100 m largo x 100 m ancho.
- Distanciamiento entre surco = 2,20 m.
- Distanciamiento entre planta = 0,30 m.
- Número de surcos = 100 m de ancho ÷ 2,20 entre surco = 45 surcos.

- e) Número de plantas = 100 m de largo ÷ 0,30 m entre planta = 333 plantas por cama.
- f) Total, de plantas por hectárea = 45 camas x 333 plantas por cama = 14985 plantas/hectárea.

Nº plantas/hectárea = 14985 plantas

Q_{Total} 2 hectárea = (1,5 L/ h x (14985 plantas x 2 hectáreas)) L/h

Q_{Total} 2 hectárea = 44955 L/h \cong 749,25 L/min \cong 197,80 gpm \cong 44,96 m³/h \cong 0,0125 m³/s

5.2. Cálculo de la altura manométrica

Ya habiendo calculado el requerimiento de agua se pasa a calcular la altura manométrica necesaria para la selección de la bomba. Para lo cual se calculará con la ecuación de Hazen – Williams.

$$H = 10,674 \times \left[\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,871}} \right] \times L$$

Ecuación 9: Ecuación de Hazen – Williams

Dónde:

H: Altura manométrica (m)

Q: Caudal (m³/s)

C: Constante, para PVC es 150

D: Diámetro de la tubería (m)

En el caso de codos y otros tipos de accesorios se toman las longitudes de diámetros equivalentes para facilitar el cálculo. Estos diámetros equivalentes se encuentran en Pies por lo que se deberán convertir a metros. (Ver anexo 04 y 13)

Pérdidas en la succión:

Equipo	cantidad	Longitud equivalente
Tubo de 2"	7 m	7 m
Codo de 2"- 90°	1 unidades	1,58 m
Válvula Check	1 unidades	5,25 m

$$L = 7 + 1,58 + 5,25 = 13,83 \text{ metros}$$

$$H_{\text{succión}} = 10,674 \times \left[\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,871}} \right] \times L$$

$$H_{\text{succión}} = 10,674 \times \left[\frac{(0,00625)^{1,852}}{(150)^{1,852} \times (0,0545)^{4,871}} \right] \times 13,83$$

$$H_{\text{succión}} = 1,63 \text{ m.c.a}$$

$$H_{\text{estática}} = 4 \text{ m.c.a}$$

Para las salidas de las bombas se toman los siguientes datos de los elementos encontrados. (Ver anexo 04 y 13)

Equipo	cantidad	Longitud equivalente
Tubo de 4"	8 m	8 m
Tubo de 2"	8 m	8 m
Codos de 4"- 90°	2 unidades	6,14 m
Tee de 4"	1 unidades	2,05 m
Codos de 2"	2 unidades	3,15 m

Tubo 4":

$$H = 10,674 \times \left\langle \frac{(0,0125)^{1,852}}{(150)^{1,852} \times (0,1084)^{4,871}} \right\rangle \times 16,19$$

$$H = 0,24 \text{ m.c.a}$$

Tubo 2":

$$H = 10,674 \times \left\langle \frac{\langle 0,00625 \rangle^{1,852}}{\langle 150 \rangle^{1,852} \times \langle 0,0545 \rangle^{4,871}} \right\rangle \times 11,15$$

$$H = 1,31 \text{ m.c.a}$$

Para los dimensionamientos de la bomba se tomó los puntos más alejados ya que son los que mayor pérdida produce. (Ver anexo 04 y 13)

Equipo	cantidad	Longitud equivalente
Tubo de 4"	450 m	450 m
Tubo de 3"	300 m	300 m
Tee de 4"	2 unidades	4,09 m
Válvulas de 3"	2 unidades	7,02 m
Tee de 3"	2 unidades	3,12 m

Tubo de 4":

$$H = 10,674 \times \left\langle \frac{\langle 0,0125 \rangle^{1,852}}{\langle 150 \rangle^{1,852} \times \langle 0,1084 \rangle^{4,871}} \right\rangle \times 454,09$$

$$H = 6,77 \text{ m.c.a}$$

Tubo de 3":

$$H = 10,674 \times \left\langle \frac{\langle 0,00625 \rangle^{1,852}}{\langle 150 \rangle^{1,852} \times \langle 0,0841 \rangle^{4,871}} \right\rangle \times 310,13$$

$$H = 4,41 \text{ m. c. a}$$

Cinta de 22 mm :

$$H = 10,674 \times \left\langle \frac{\langle 0,0000695 \rangle^{1,852}}{\langle 150 \rangle^{1,852} \times \langle 0,022 \rangle^{4,871}} \right\rangle \times 9000$$

$$H = 21,11 \text{ m. c. a}$$

Presión para los goteros: 20,4 m.c.a

Hidrociclón (filtro): 2 m.c.a

Donde:

$$TDH = H_E + H_F$$

$$H_F = 1,63 + 0,24 + 1,31 + 6,67 + 4,41 + 21,11 + 20,4 + 2$$

$$H_F = 57,77 \text{ m.c.a}$$

$$TDH (ADT) = 4 + 57,77$$

$$ADT = 61,77 \text{ m.c.a}$$

Teniendo en cuenta estos requisitos indispensables seleccionamos una bomba que cumpla con las especificaciones de caudal, altura manométrica y también con el NPSH adecuado para evitar la cavitación en la succión. Para esto he tomado como referencia el catálogo de WDM WATER SYSTEM.

De esta marca se ha elegido 2 bombas trifásicas el modelo 2015HCE -10. Las cuales se conectarán en paralelo para lograr los requerimientos necesarios. Claro está que deberán funcionar en simultáneo para cubrir los requerimientos necesarios. Esta bomba tiene una potencia de 10 HP, un amperaje de 31,7 Amperios conectado a una tensión de trabajo de 220 v. (Ver anexo 05)

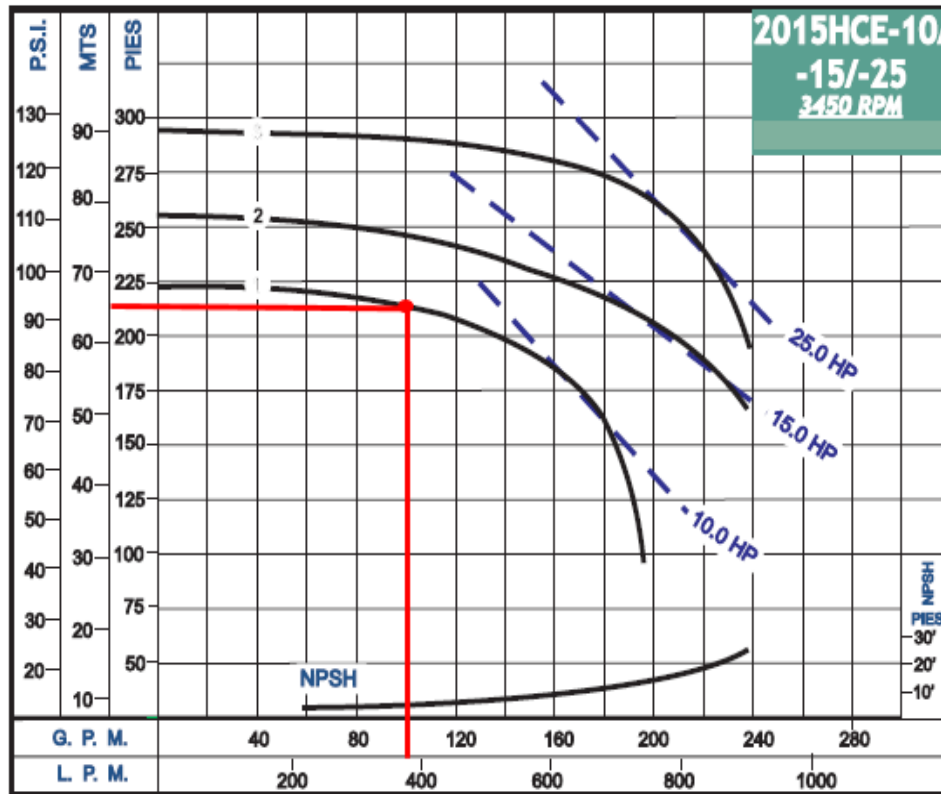


Ilustración 16: Curvas de caudal, Altura manometrica de bomba WDM modelo 2015HCE-10
Fuente: Bombas de agua WDM

5.3. Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para el sistema de bombeo

El atlas solar tiene datos muy desactualizados por lo que se tuvo que adquirir un Solarímetro Marca SOLAR POWER METER, Modelo: TM-206 con el cual se tomaran mediciones durante 4 meses, los meses de los cuales se tomó los datos son los de menor radiación en Chepén, dándonos como resultado una radiación máxima de $6,26 \text{ Kw.h/m}^2$ y una mínima de $5,08 \text{ Kw.h/m}^2$. Siendo la radiación mínima la que se tomara para que en el tiempo de menor radiación los paneles puedan suministrar la energía necesaria para poner en funcionamiento las bombas de agua. (Ver anexo 06)

ENTE	RADIACION SOLAR
ATLAS SOLAR	Mínima: 4,11 Máxima: 5,40
NASA	Mínima: 4,11 Máxima: 5,40
SOLARIMETRO MARCA: SOLAR POWER METER MODELO: TM-206	Máxima: 6,26 Mínima: 5,08

Máxima demanda de la potencia de la bomba (Pb):

$$Pb = 7,46 \text{ Kw} \times 2 \text{ bombas} = 14,92 \text{ Kw}$$

Horas de trabajo al día: $Hd = 9,43 \text{ h}$

$$Et = Pb \times Hd$$

$$Et = 14,92 \text{ Kw} \times 9,43 \text{ h}$$

$$Et = 140,75 \text{ Kw.h}$$

Días de autonomía:

$$N = 4 \text{ días}$$

Profundidad de descarga máxima de la batería:

$$PD \text{ máx.} = 0,8$$

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) \times \left(1 - \frac{Ka \times N}{Pd}\right)$$

Ecuación 10: Factor global de rendimiento de instalación

Ka = **Coefficiente de autodescarga**; es la fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.

Kb = **Coefficiente de pérdidas en el acumulador**, representa la fracción de energía con respecto a la acumulación de energía en baterías.

Kc = **Coefficiente de pérdidas en el inversor**, es valor del rendimiento de un inversor suministrado por el fabricante.

Kv = **Coefficiente de otras perdidas**, es el coeficiente que tiene en cuenta cualquier otra perdida no considera anteriormente.

$K_b = 0,05$; $K_a = 0,005$ (generalmente)

K_c = Coeficiente de pérdidas en el inversor.

Se inversores que trabajan a régimen óptimo 0,05 y para condiciones lejos del óptimo 0,1.

K_v = Coeficiente de otras pérdidas.

Entre las que se encuentran el rendimiento de red, efecto joule, etc.

Tomando como valores de referencia de 0,05 – 0,15

Remplazando:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1) \times \left(1 - \frac{0,005 \times 4}{0,8}\right)$$

$$R = 0,78$$

$$E = \frac{E_T}{R} (Wh)$$

Ecuación 11: Energía real

Donde:

E_T = Energía total.

R = Parámetros de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

E = Energía real

$$E = \frac{140,75}{0,78}$$

$$E = 180,443 \text{ kw. h}$$

5.3.1. Selección del módulo solar

$$N_t = \frac{E}{P_p \times H_{ps} \times P_g}$$

Ecuación 12: Número total de paneles

Donde:

N_t = Número total de paneles

E = Energía real. (wh)

P_p = Potencia pico del módulo. (w)

Hps = Horas solar pico del mes crítico. (h)

Pg = Factor global de pérdida.

Reemplazando:

$$N_t = \frac{180443 \text{ w.h}}{260 \text{ w} \times 5,08 \text{ h} \times 0,9}$$

$$N_t = 115,45$$

$$N_t = 152 \text{ paneles}$$

Selección del panel fotovoltaico:

Potencia de modulo: 260 w policristalino; Marca: TIANWEI GROUP

Modelo: TWxxxP260. (Ver anexo 07)

Proceder al cálculo de paneles en serie para una tensión de trabajo de 48 v- Dc, para reducir la corriente en los terminales de los paneles.

A. Paneles en serie

$$N_s = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}}$$

Donde:

N_s = número de paneles en serie (Paneles)

$V_{sistema}$ = voltaje del sistema (v)

V_{panel} = voltaje del panel (v)

$$N_s = \frac{48}{31} = 1,55$$

$$N_s = 2 \text{ paneles}$$

B. Paneles en paralelo

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

Donde:

N_p = número de paneles en paralelo

N_T = número total de paneles.

N_S = número de paneles en serie

Reemplazando:

$$N_p = \frac{152}{2}$$

$$N_p = 76 \text{ paneles}$$

5.3.2. Dimensionado del sistema del acumulador

$$N_{Bat \text{ serie}} = \frac{V_{sistema}}{V_{bateria}}$$

Donde:

$N_{Bat \text{ serie}}$ = número de batería en serie

$V_{sistema}$ = voltaje del sistema. (v)

$V_{bateria}$ = voltaje de la batería. (v)

Remplazando:

$$N_{Bat \text{ serie}} = \frac{48}{12}$$

$$N_{Bat \text{ serie}} = 4$$

$$C_n = \frac{E}{V_s} \times \frac{N}{P_d}$$

Ecuación 13: Capacidad de la batería

Dónde:

C_n = capacidad de la batería. (Ah)

E = energía Real. (wh)

N = días de autonomía

P_d = profundidad de descarga

$V_{sistema}$ = voltaje del sistema. (v)

$$C_n = \frac{180443}{48} \times \frac{4}{0,8}$$

$$C_n = 18796,146 (A. h)$$

Se emplearon baterías marca TROJAN, el modelo 8 D – AGM que cuentan con una capacidad de 254 Ah y un voltaje de operación de 12 voltios, se armaron cuatro baterías en serie para completar 48 voltios del sistema, y 74 armados en paralelo para un total de 296 baterías con una capacidad de Ah más que suficiente para el sistema (Ver anexo 08). Se tendrá en cuenta la ventilación de las baterías para evitar la acumulación de hidrógeno.

5.3.3 Selección del regulador de carga

$$I_{\max} = I_{CC} \times N_p$$

Ecuación 14: Intensidad máxima

Donde:

I_{\max} = Intensidad máxima. (A)

I_{CC} = Intensidad de corto circuito del módulo. (A)

N_p = Número paneles en paralelo

Reemplazando:

$$I_{\max} = 8,95 \times 76$$

$$I_{\max} = 680,2 A$$

Se selecciona 7 reguladores de marca: VICTRON ENERGY de 100 amperios modelo: MPPT 150/100 (Ver anexo 09), los cuales se colocarán en paralelo para que cumplan con lo requerido por el sistema.

5.3.4. Selección del inversor

Para los inversores tuvo en cuenta la potencia de arranque en las bombas de agua. Por lo que se seleccionó 6 inversores trifásicos

Marca BESTSUN de 4 Kw - 48 DC (Ver anexo 10), la cual se conectará en paralelo para cumplir los requerimientos de las bombas de agua.

5.3.5. Inclinación de los paneles solares

Definir la inclinación es vital para optimizar la generación de energía de los paneles solares y, por lo tanto, del sistema fotovoltaico en general. Este parámetro está altamente influenciado por la latitud del sitio.

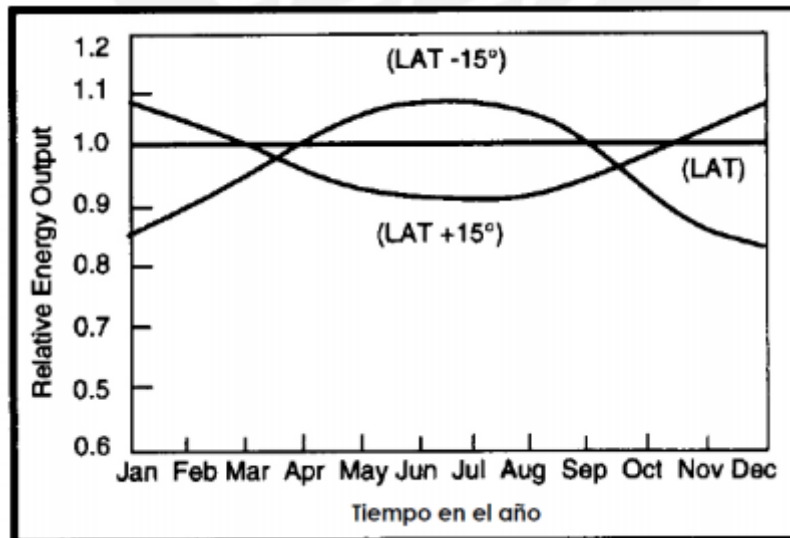


Ilustración 17: Variación de energía producida vs. Meses

Fuente: Universidad San Marcos

La inclinación de los paneles solares para una instalación independiente, teniendo en cuenta que la latitud de Pueblo Nuevo es 7.18806° , puede estimarse utilizando las siguientes expresiones:

- Inclinación verano: $L + 15 = 22^\circ$
- Inclinación invierno: $L - 20 = -13^\circ$
- Inclinación óptima: $3,7 + (L \cdot 0,69) = 8,66^\circ$

Sin embargo, para ángulos menores de 10° , es recomendada una inclinación mínima de 10° , con el fin de evitar estancamiento de agua.

5.3.6. Determinación de los conductores

A. Conductor del panel al controlador

El conductor debe soportar una corriente mayor a la del corto circuito (I_{sc}) y como se encuentran en paralelo 11 paneles nos una intensidad

de 98,45 A. por lo que se elegirá un conductor de 35 mm² en THW.
(Ver anexo 11)

B. Conductor del controlador a la batería

El conductor debe soportar como mínimo el paso de 98,45 A ya que es el empuje aproximadamente que estará integrando el panel solar y que es controlado por el regular. Por lo que selecciona un conductor de 25 mm² en THW (Ver anexo 11)

C. Conductor de la batería al inversor

El conductor deberá soportar lo que el inversor necesita para alimentar las bombas que tienen un consumo de 63,4 amperios por lo que se selecciona un conductor de 16 mm² en THW. (Ver anexo 11)

D. Inversor a la barra de cargas

La barra debe soportar la intensidad de corriente de los motores que es de 31,7 A por lo que se selecciona un conductor de 6 mm² en THW.
(Ver anexo 11)

E. Barra de carga a motor

El conductor deberá soportar el paso de 31,7 amperios por lo que se selecciona un conductor de 6 mm² en THW. (Ver anexo 11)

Cálculo de caída de tensión

La máxima caída de tensión permitida es del 3% por lo que se empleó la siguiente fórmula para calcular los porcentajes permisibles.

$$\Delta V (\%) = \frac{0,0309 \times I \times L \times \text{Cos}\phi}{S \times V} \times 100$$

Ecuación 15: Caída de tensión

Donde:

I = Intensidad de corriente (A)

L = Longitud de la instalación (m)

S = Sección del conductor (mm^2)

V = Tensión de línea (V)

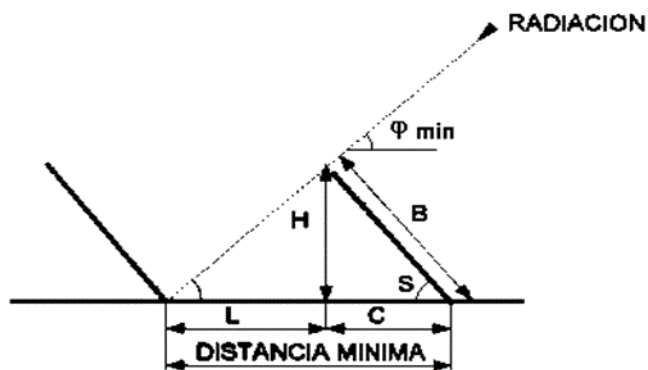
Cos \emptyset = Factor de potencia

CAIDA DE TENSION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO					
LUGARES	Cable(mm^2)	Longitud(m)	Amperaje(A)	Voltaje(V)	ΔV (%)
Panel- Controlador	35	18	98.45	48	2.8
Controlador-Batería	25	7	98.45	48	1.5
Batería-Inversor	16	5	63.5	48	1.1
Inversor-Motor	6	12	31.7	220	0.8

Ilustración 18: Caída de tensión en el sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

5.3.7. Cálculo de distancias de los paneles solares



Separación entre placas

Ilustración 19: Distancia mínima entre paneles

Fuente: <https://edii.uclm.es>

Distancias mínimas entre filas de módulos

$$H = B \cdot \text{Sen}(s)$$

Donde:

H = Altura proyectada sobre la vertical de un módulo (m)

B = Longitud del módulo (m)

S = Inclinación del módulo ($^{\circ}$)

$$H = 1,640 \times \text{Sen}(10^\circ)$$

$$H = 0,285 \text{ m}$$

$$L = H / \text{Tg}(61^\circ - \emptyset)$$

Dónde:

L = Distancia mínima entre la parte superior de la fila y la parte inferior de la siguiente (m)

\emptyset = Latitud del lugar ($^\circ$)

$$L = 0,285 / \text{Tg}(61^\circ - 7^\circ)$$

$$L = 0,21 \text{ m}$$

Distancia mínima de la parte inferior de las filas del módulo

$$D_{\text{min}} = L + B \cdot \text{Cos}(s)$$

Donde:

D min = Distancia mínima entre módulos

B = Longitud del módulo

$$D_{\text{min}} = 0,21 + 1,640 \times \text{Cos}(10^\circ)$$

$$D_{\text{min}} = 1,82 \text{ m}$$

5.4. Sistema de automatización

5.4.1. Sistema de Fuerza

El diseño fue determinado por el método de arranque estrella - triángulo por medio de contactores, estos arranques serán realizados con el fin de evitar sobrecargar los inversores al momento del arranque; ya que cada motor cuenta con una potencia de 10 Hp. Y un pico de arranque elevado al ser puestas en funcionamiento.

Para hallar el tamaño de los contactores, debemos encontrar la intensidad de fase del motor, para lo que recurrimos a la siguiente ecuación:

$$I_F = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{31,7}{\sqrt{3}} = 18,3 \text{ A}$$

Donde:

I_F = Corriente de fase del motor. (A)

I_n = Corriente nominal del motor. (A)

En base a este dato podemos escoger el tipo de contactor, que de preferencia debe ser mayor o igual al resultado obtenido; Por lo que se consideró 6 contactores de 20 Amperios cada uno; Modelo LC1D20M7C de la marca Schneider Electric y un Guarda motor en función de la corriente nominal del motor.

El proceso de arranque se graficó en el software Cade Simulación. Véase en anexo 12 (Sistema de Fuerza y mando).

5.4.2. Funcionamiento del Sistema de Automatizado

El sistema automatizado se ha diseñado teniendo en cuenta los requerimientos de agua del espárrago, con lo cual se necesita un volumen máximo de agua de $424,12 m^3$ por cada riego. El riego se da en 5 turnos diarios, de 2 hectáreas por cada turno. Estos turnos son uno a continuación del otro en el transcurso del día.

Una vez encendido el sistema automatizado la secuencia de los turnos de riego serán controlados por temporizadores que les darán los tiempos necesarios a las electroválvulas para permitir el paso del agua a cada parcela de espárrago, estos tiempos ya han sido calculados acuerdo al mes y a la etapa de crecimiento en la que se encuentra el espárrago. (Ver anexo 02)

Al finalizar el riego programado, automáticamente el sistema automatizado se desconecta solo para al siguiente día ser activado nuevamente.

Para la automatización del sistema de riego, se tuvo que utilizar contactores Modelo LC1D09M7C que son de menor capacidad que los del sistema de fuerza, ya que las electroválvulas HUNTER tienen un

consumo de 0,5 Amperios. También se hizo el uso de temporizadores On Delay Modelo RE11RMMW de la marca Schneider Electric porque estos cuentan con las características necesarias para las aplicaciones necesitadas.

5.4.3. Descripción del funcionamiento de riego por goteo automatizado

El sistema de riego tecnificado está dado por goteo, El área de riego está dividida en 10 parcelas agrupadas en 5 secciones de 2 parcelas cada una. Se tienen 2 electrobombas principales, las cuales se encargarán de suministrar el caudal y presión necesaria para este tipo de riego por goteo.

El sistema de goteo automatizado funciona de la siguiente manera:

- El Star S1 activa la primera bomba y de manera automática la segunda bomba en el momento que la primera bomba alcanza el estado en conexión triángulo. Y de igual forma cuando la segunda bomba alcanza la conexión estrella energiza el temporizador T3, contactor K7 y las electroválvulas E1 y E2 que apertura el pase del agua para las 2 primeras hectáreas.
- Al término del conteo de T3 se energiza K8 y el temporizador T4, donde las electroválvulas E3, E4 son activadas permitiendo el pase de agua a la tercera y cuarta hectárea. Al mismo tiempo desenergizada E1 y E2.
- Al término del conteo de T4 se energiza K9 y el temporizador T5, donde las electroválvulas E5, E6 son activadas permitiendo el pase de agua a la quinta y sexta hectárea. Al mismo tiempo desenergiza E3 y E4.
- Al término del conteo de T5 se energiza K10 y el temporizador T6, donde las electroválvulas E7, E8 son activadas permitiendo el pase de agua a la séptima y octava hectárea. Al mismo tiempo desenergiza E5 y E6.
- Al término del conteo de T6 se energiza K11 y el temporizador T7, donde las electroválvulas E9, E10 son activadas permitiendo el pase de agua a la novena y décima hectárea. Al mismo tiempo desenergiza E7 y E8.

- Al término del conteo de T7 se desenergiza las 2 bombas y a su vez todo el circuito del goteo automatizado.

Tabla 10:

Variables del sistema automatizado

NOMBRE	DIRECCION	TIPO	FUNCIÓN
Star	S1	Pulsador NA	Energizar el sistema
Stop	PG	Pulsador NC	Desenergiza el sistema
Electrobomba	K1,K2,...,K6	Contactor	Encendido/ Apagado de electrobombas
Electroválvula	K7,K8,...,K11	Contactor	Energizar/Desenergizar las electroválvulas
	E1,E2,...,E10	Bobina	Permitir/ Bloquear el paso del recurso hídrico
Temporizador	T3, T4, T7	Contador	Controlar el tiempo de riego del cultivo de espárrago

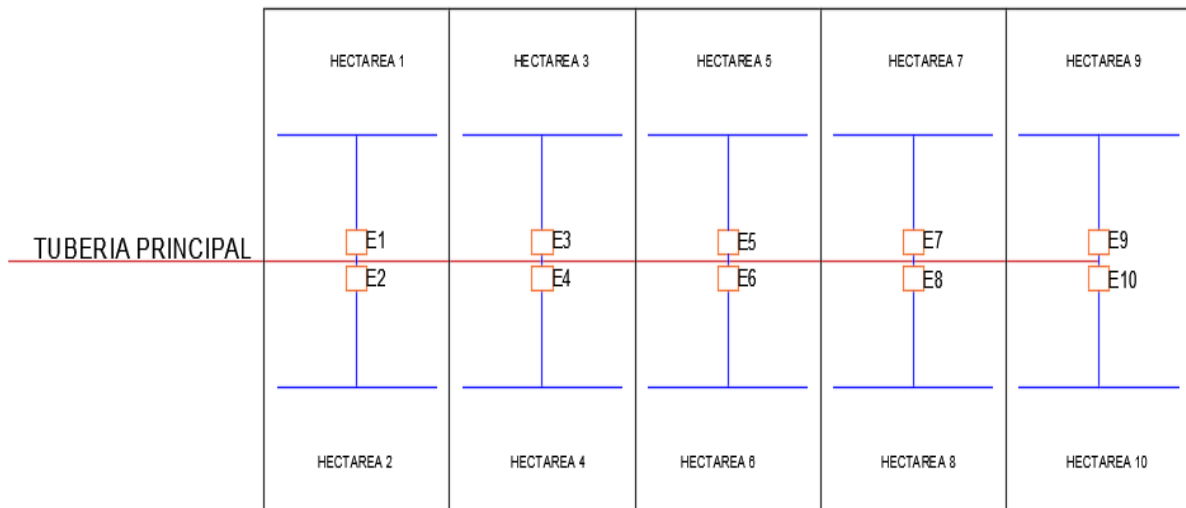


Ilustración 20: División de hectáreas del fondo Inca Verde

5.5. Plan de mantenimiento para el sistema de bombeo fotovoltaico

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL FUNDO INCA VERDE						
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN VISUAL	●				
2	LIMPIEZA		●			
3	CONTROL DE CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			●		
4	TERMOGRAFÍA			●		

EXTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN DE EXTRUCTURAS	●				
2	CONTROL DE FIJACIÓN DE LA EXTRUCTURA			●		
3	VERIFICACIÓN AJUSTE DE CABLE DE CONEXIÓN A TIERRA			●		
4	COMPROBACIÓN DE POSIBLES DEGRAVACIONES			●		

INVERSOR						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN DE FILTROS DE AIRE			●		
2	LECTURA DE DATOS	●				
3	REAJUSTE DE BORNERAS			●		
4	INSPECCION DE HERMETICIDAD			●		
5	INSPECCIÓN DE RESISTENCIA ANTI - CONDENSACIÓN			●		
6	LIMPIEZA DEL DISIPADOR DE CALOR			●		
7	LIMPIEZA DE REJILLAS DEL FILTRADO DE AIRE			●		
8	INSPECCIÓN VISUAL DE COMPONENTES ELECTRICOS	●				
9	VERIFICACIÓN SISTEMA DE PROTECCIÓN			●		
10	VERIFICACIÓN PARADA DE EMERGENCIA			●		
11	SUPERVICIÓN DE ESTADO SOBRE TEMPERATURA			●		
12	VERIFICACIÓN DE TENSIONES DE OPERACIÓN Y MANDO			●		
13	TERMOGRAFÍA DE PUNTOS DE CONEXIÓN			●		

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN DE CONEXIONADO	●				
2	REAJUSTE DE CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA				●	
3	VERIFICACIÓN AJUSTE DE CABLE DE CONEXIÓN A TIERRA				●	

PROTECCIÓN ELÉCTRICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA			●		
2	INSPECCIÓN VISUAL	●				
3	MEGADO DE CABLES ELÉCTRICOS					●
4	PRUEBAS ELÉCTRICAS DE DESCONEXIÓN Y CONEXIÓN AUTOMÁTICA			●		

CASETA DE CONTROL						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN DE EXTINTOR	●				
2	RECARGA DE EXTINTOR CONTRA INCENDIO			●		
3	SISTEMA DE ILUMINACIÓN			●		
4	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA			●		

BANCO DE BATERIAS						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	1M	6M	1A	2A	5A
1	INSPECCIÓN VISUAL	●				
2	LIMPIEZA DE BORNES Y PLATINAS DE CONEXIÓN		●			
3	MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y DENSIDAD		●			

DESCRIPCIÓN	
1M	MENSUAL
6M	SEMESTRAL
1A	ANUAL
2A	DOS AÑOS
5A	5 AÑOS

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
REVISIÓN DIARIA	
1	Observación y atención de ruidos extraños a electrobombas.
2	Observación de la presión en los distintos puntos del sistema.
3	Horas de trabajo de las electrobombas.
4	Automatización.
5	Energía (consumo de Kw.h)
REVISIÓN SEMANAL	
1	Limpieza de finales de tuberías secundarias.
2	Limpieza de tuberías principales.
3	Limpieza de finales de laterales.
4	Drenaje de filtros.
REVISIÓN MENSUAL	
1	Revisión minuciosa de estado de electrobombas.
2	Revisión minuciosa de estado de filtros.
3	Limpieza de válvulas y electroválvulas.
4	Inspección de manómetros.
5	Observación de estado de cintas de goteo.
REVISIÓN ANUAL	
1	Evaluación del desempeño de electrobombas.
2	Inspección completa y renovación en caso sea necesario de cada componente del sistema.
3	Verificación de los componentes del sistema de control.

5.6. Evaluación Económica

Análisis de la rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión, guiándonos de los valores VAN y TIR.

5.6.1. Presupuesto

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
20	Tapón simple pagable	6	120
3	Tapón simple pagable	7	21
10	TEE	19	190
10	Reducciones	6,5	65
10	UPR	7	70
1	UPR	10	10
8	Llaves esférica	89	712
3	Codos	28	84
3	Abrazaderas	15	45
5	Teflones ginebra	18	90
910	Conectores iniciales	0,5	455
910	Conectores de manguera simple	0,5	455
750	Manguera ciega	0,4	300
2	llaves	19	38
200	Tubos	30	6000
96	Tubos	45	4320
10	Manómetro	30	300
4	Filtros	520	2080
2	Manómetro	120	240
3	Check	60	180
3	Codos	18,5	55,5
5	tubos	30	150
3	Reducción	8	24
4	Unión universal	20	80
4	Tee	18	72
17	Rollo cinta gotero 2700 metros	480	8160
1	Costo de mano de obra y transporte	12000	12000
		total	S/35044,5

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
2	Gabinete metálico AM2 Marca ABB	200	400
6	Contactores LC1D20M7C Marca SCHNEIDER ELECTRIC	120	720
5	Contactores LC1D09M7C Marca SCHNEIDER ELECTRIC	80	400
5	Temporizadores RE11RMMW Marca SCHNEIDER ELECTRIC	140	700
2	Temporizadores analógicos Marca SCHNEIDER ELECTRIC	30	60
1	Interruptor Termomagnético de 10Amperios Marca BTICINO	30	30
2	Guardamores Marca SCHNEIDER ELECTRIC	120	240
2	Relé Térmico	80	160
27	Rollos de Conductor Lima THW de 4 mm2	110	2970
1	Pulsadores Normalmente abiertos	10	10
1	Pulsador Normalmente cerrado	10	10
10	Electroválvulas	350	3500
160	Tubo de 1 1/2 pulgada	10	1600
TOTAL			S/10800

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
152	Paneles 260 watts	1104	167808
152	Estructuras de paneles solar	140	21280
6	Inversor trifásico Bestsun 4000 watts	6000	36000
7	Regulador de carga solar Victron Energy de 100 A	2400	16800
2	Bomba trifásica WDM 2015HCE-10 de 10HP	4876	9752
296	Batería TROJAN 8D-AGM de 12 v	900	266400
21	Fusible PVS - 100 A	150	3150
4	Conductor Lima THW de 4 mm2	140	560
2	Conductor Lima THW de 6 mm2	180	360
1	Conductor Lima THW 25 mm2	501	501
10	Conductor Lima THW 35 mm2	624	6240
2	Conductor Lima THW 16 mm2	380	760
6	Puesta a tierra	750	4500
200	Tubo PVC de 1 pulgada	7,3	1460
1	Montaje electromecánico	54000	54000
1	Transporte	8000	8000
1	Ferretería	5000	5000
Total			S/. 602571

AÑO	Egresos	Mantenimiento	Cambio inversor	Reposición regulador	Reposición batería	Reposición automático	Reposición cinta	Ingresos	Ahorro de combustible	Reposición de Motobomba	Mejoramiento productividad	Beneficios netos
0	-648416											-648416
1	-5000	-5000						134627	20520	3500	110607	129627
2	-13160	-5000					-8160	131127	20520		110607	117967
3	-5000	-5000						131127	20520		110607	126127
4	-13160	-5000					-8160	131127	20520		110607	117957
5	-271400	-5000			-266400			131127	20520		110607	-140273
6	-49160	-5000	-36000				-8160	134627	20520	3500	110607	85467
7	-21800	-5000		-16800				131127	20520		110607	109327
8	-13160	-5000					-8160	131127	20520		110607	117967
9	-5000	-5000						131127	20520		110607	126127
10	-290360	-5000			-266400	-10800	-8160	131127	20520		110607	-159233
11	-41000	-5000	-36000					134627	20520	3500	110607	93627
12	-13160	-5000					-8160	131127	20520		110607	117967
13	-5000	-5000						131127	20520		110607	126127
14	-29960	-5000		-16800			-8160	131127	20520		110607	101167
15	-271400	-5000			-266400			131127	20520		110607	-140273
16	-49160	-5000	-36000				-8160	134627	20520	3500	110607	85467
17	-5000	-5000						131127	20520		110607	126127
18	-13160	-5000					-8160	131127	20520		110607	117967
19	-5000	-5000						131127	20520		110607	126127
20	-13160	-5000						131127	20520		110607	117967

VAN	-63173.09
TIR	10%

Productividad de toneladas				
Antes	Después	Diferencia	Diferencia en soles	Precio
qq/año	qq/año	qq/año	qq/año	Soles por kilo
114500	137400	22900	96117	S/. 4,83 SOLES

5.7. Normatividad

- a. Resolución Ministerial R.M. N° 037-2006-MEM/DM Código Nacional de Electricidad- utilización: sección 350, nos hace referencia a los sistemas solares fotovoltaicos.
- b. Decreto legislativo N°1058.Promueve la inversión en la actividad de generación eléctrica con recursos hídricos y con otros recursos renovables. (28/06/2008).
- c. Decreto legislativo N° 1002. Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- d. Resolución directoral N° 003-2007-EM/DGE: Reglamento Técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para la electrificación rural.
- e. Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2007: Sistemas Fotovoltaicos hasta 2000 Wp. Reglamento técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural.
- f. Decreto Ley N°. 17752-Ley General de Aguas y sus Reglamentos.
- g. Decreto Legislativo N° 653 -Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario
- h. Decreto Supremo N° 048-91- AG - Reglamento de la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario.
- i. Decreto Supremo N° 057-2000-AG - Reglamento de Organización Administrativa del Agua
- j. Decreto Supremo N° 002-2003-AG - Reglamento de Organización y Funciones del INRENA
- k. Decreto Supremo N° 018-2003-AG - Modificación del Reglamento de Organización y funciones del INRENA
- l. Resolución Jefatura N° 093-2003 -INRENA, encargan la Dirección General de Riego o la instancia que haga sus veces a la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA.

Conclusiones

- a. La necesidad actual de recurso hídrico para 10 hectáreas de cultivo de espárrago, que requiere al día es de 424075,5 litros, utilizando un sistema de riego por goteo con una descarga por planta de 1,5 L/h.
- b. Los datos de radiación dado por el atlas solar del año 2003, presentan un margen de error debido a que ya estamos en el 2017 y los cambios climatológicos a lo largo de estos años son considerables. Por lo cual se tomó como dato de referencia obtenido por el Solarímetro que es 5,08 Kw.h/m².
- c. Se determinó que, para el riego de 10 hectáreas del cultivo de espárrago, se necesita 2 bombas centrifuga Marca WDM. Modelo 2015HCE-10, de 10 Hp cada una. La cual cumple con los parámetros de diseño.
- d. Los equipos que conforman el sistema fotovoltaico son: 152 Módulos Fotovoltaicos TIANWEI modelo TWxxxP260, 7 controladores solares VICTRON ENERGY de 100A, 296 Baterías TROJAN modelo 8D-AGM y 6 Inversores BESTSUN de 4Kw.
- e. El sistema automatizado resulto siendo de gran utilidad ya que cumple con las expectativas planteadas, su manipulación es más fácil y sencilla que otros tipos de sistemas automáticos que necesitan de programas y conocimientos más especializados.
- f. El plan de mantenimiento resulto siendo esencial para prolongar la vida útil de los diferentes equipos y que sin un mantenimiento preventivo continuo el costo del proyecto aumentaría.
- g. De acuerdo a la evaluación económica la inversión a realizar en la implementación del sistema solar propuesta no es viable. Ya que la VAN arroja un numero negativo que es – 63173,09 y la TIR nos da un 10% que es menor que la tasa de interés del 12%.

Recomendaciones

- a. No forzar a los equipos a cumplir funciones a las que no han sido diseñados, por ejemplo, conectar a equipos de potencia mayor a las que soporta el inversor, lo cual producirá que este se dañe.
- b. Se recomienda tener limpio el módulo fotovoltaico, para así evitar que se forme una capa de suciedad lo cual evitaría que el módulo de manera eficiente la radiación.
- c. Implementar el sistema automatizado con los turnos de riego recomendados para evitar problemas con las presiones, caudales en las aplicaciones de riego.
- d. El sistema está diseñado para que trabaje 9 horas con 26 minutos en los tiempos de mayor demanda de recurso hídrico, por lo que se recomienda cumplir el horario de trabajo, ya que si se utiliza por más tiempo pasado los días de autonomía se producirá problemas en el diseño.

Referencias

- (HEV), E. H. (25 de Octubre de 2009). *HEV.HISPANOENERGÍASVERDES*. Obtenido de <http://www.energiasverdes.com/>
- Adrian. (20 de marzo de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Encuesta>
- Barbosa, B. (15 de octubre de 2014). *Elementos de una revista*. Obtenido de elementos de una revista: http://brandonbarbosa.blogspot.pe/2014/10/entrevista-conversacion-que-un_15.html
- Belling, M. (08 de septiembre de 2015). *Proactivo*. Obtenido de Proactivo: <http://proactivo.com.pe/42-de-las-zonas-rurales-de-la-selva-no-cuenta-con-energia-electrica-video/>
- Calderón, M. (29 de marzo de 2016). *Rpp Noticias*. Obtenido de Rpp Noticias: <http://rpp.pe/peru/libertad/chepen-10-mil-agricultores-perjudicados-por-falta-de-agua-noticia-949451>
- Chemie, A. (12 de ABRIL de 2016). *ENERGIAS RENOVABLES*. Obtenido de <http://www.energias-renovables.com/articulo/paneles-solares-que-generan-electricidad-incluso-cuando-20160412>
- Iberica, S. (01 de octubre de 2014). *NORTE energias renovables*. Obtenido de <http://www.norterenovables.com/es/sistemas-de-bombeo-de-agua-fotovoltaico-peru.php>
- Iberoamericanos, O. d. (10 de Enero de 2014). *Luces Para Aprender*. Obtenido de Luces Para Aprender: <http://lucesparaaprender.org/web/escuelas/colombia/luces-para-aprender-en-colombia/>
- Informática, I. N. (15 de Octubre de 2012). *Proyectos INEI*. Obtenido de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Lucio, M. S. (4 de Diciembre de 2012). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/zy8ic5awdb7c/impacto-ambiental-de-la-energia-fotovoltaica-paneles-solares/>
- MEDINA, E. A. (OCTUBRE DEL 2010). *BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO EN CERRO CALÁN UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*. SANTIAGO - CHILE.
- Orson W. Israelsen, V. E. (2003). Principios y aplicaciones del riego. En V. E. Orson W. Israelsen, *Principios y aplicaciones del riego* (págs. 10-11). Mexico: REVERTÉ S.A.
- Peru21.pe*. (29 de enero de 2013). Obtenido de <http://peru21.pe/actualidad/reforestan-bosque-pomac-energia-solar-2114741>
- RICARDO BERRU, S. U. (DICIEMBRE DEL 2011). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO DE ENERGIAS RENOVABLES DEL DECEM*. SANGOLQUI - ECUADOR.
- ROGERIO MOSSANDE, B. M. (JUNIO DEL 2015). RIEGO POR GOTEO CON ENERGIA SOLAR PARA EL TOMATE EN CAVACO, BENGUELA,ANGOLA. *CIENCIAS TECNICAS AGROPECUARIAS*.
- Urgente24. (09 de mayo de 2016). *Urgente24*. Obtenido de <http://www.urgente24.com/252388-crisis-en-venezuela-la-falta-de-energia-y-la-visita-vaticana>

ANEXOS



ANEXO 01: ENTREVISTA A TECNICOS ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE RIEGO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA. PROYECTO DE INVESTIGACION

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO POR GOTEO
AUTOMATIZADO PARA TERRENOS DE CULTIVO DE ESPÁRRAGOS DEL
FUNDO INCA VERDE EN EL SECTOR PAMPAS LA SANDIA PROVINCIA
DE CHEPEN - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

NOMBRE:

1. ¿Qué tipo de bomba se utiliza para la extracción de agua?

.....
.....

2. ¿Qué vida útil tiene un sistema de bombeo?

.....
.....

3. ¿Qué tipo de piezas son las que se deterioran con frecuencia en el sistema de bombeo?

.....
.....

4. ¿Cuál es el caudal de agua que se requiere para regar una hectárea de espárragos?

.....
.....

5. ¿Cuántas horas al día se debería de regar una hectárea de espárragos utilizando el sistema de riego por goteo?

.....
.....

6. ¿Qué distancia tiene las cintas de riego por goteo entre surcos para cultivo espárragos?

.....
.....

7. ¿Cuál es la distancia de los goteros que tiene una cinta de riego por goteo en el surco de cultivo espárragos?

.....
.....

ANEXO 02

Tiempos de riego según el mes y etapa de desarrollo del espárrago

TIEMPOS DE RIEGO DEL ESPARRAGO (minutos)			
Meses	Etapas del Espárrago		
	Etapa inicial	Etapa media	Etapa final
Enero	61	113	78
Febrero	60	112	77
Marzo	57	106	73
Abril	55	102	70
Mayo	49	91	62
Junio	42	79	54
Julio	41	76	53
Agosto	44	81	56
Setiembre	50	93	64
Octubre	53	99	68
Noviembre	57	107	74
Diciembre	60	112	77

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03

Determinación de la ETo para el requerimiento de agua en Chapén

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	Precipit.	Prec. efec
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m ² /día	mm/día	mm	mm
Enero	19.4	30.1	72	2.9	5.5	18.3	4.56	9.4	9.3
Febrero	20.4	31.1	72	2.6	4.9	17.5	4.52	7.4	7.3
Marzo	20.5	30.8	74	1.9	5.5	18.1	4.28	17.7	17.2
Abril	19	29.6	75	2.2	6	17.7	4.1	2.9	2.9
Mayo	17.6	27.8	77	2.3	6.4	16.9	3.66	1	1
Junio	16.3	26.3	78	2.3	5.4	14.7	3.18	1.7	1.7
Julio	14.6	25	78	2.1	5.6	15.3	3.08	0.9	0.9
Agosto	14.4	24.6	78	2.2	5.8	16.8	3.28	1.4	1.4
Septiembre	14.6	25.2	77	2.7	6.2	18.7	3.74	1.5	1.5
Octubre	14.9	25.5	75	2.8	6.2	19.3	3.99	1.5	1.5
Noviembre	15.5	26.5	73	3.1	6.6	19.9	4.31	1.6	1.6
Diciembre	17.3	28.6	73	3.1	6.5	19.6	4.53	4.2	4.2
Promedio	17	27.6	75	2.5	5.9	17.7	3.94	51.1	50.3

Fuente: Huella hídrica del cultivo de espárrago

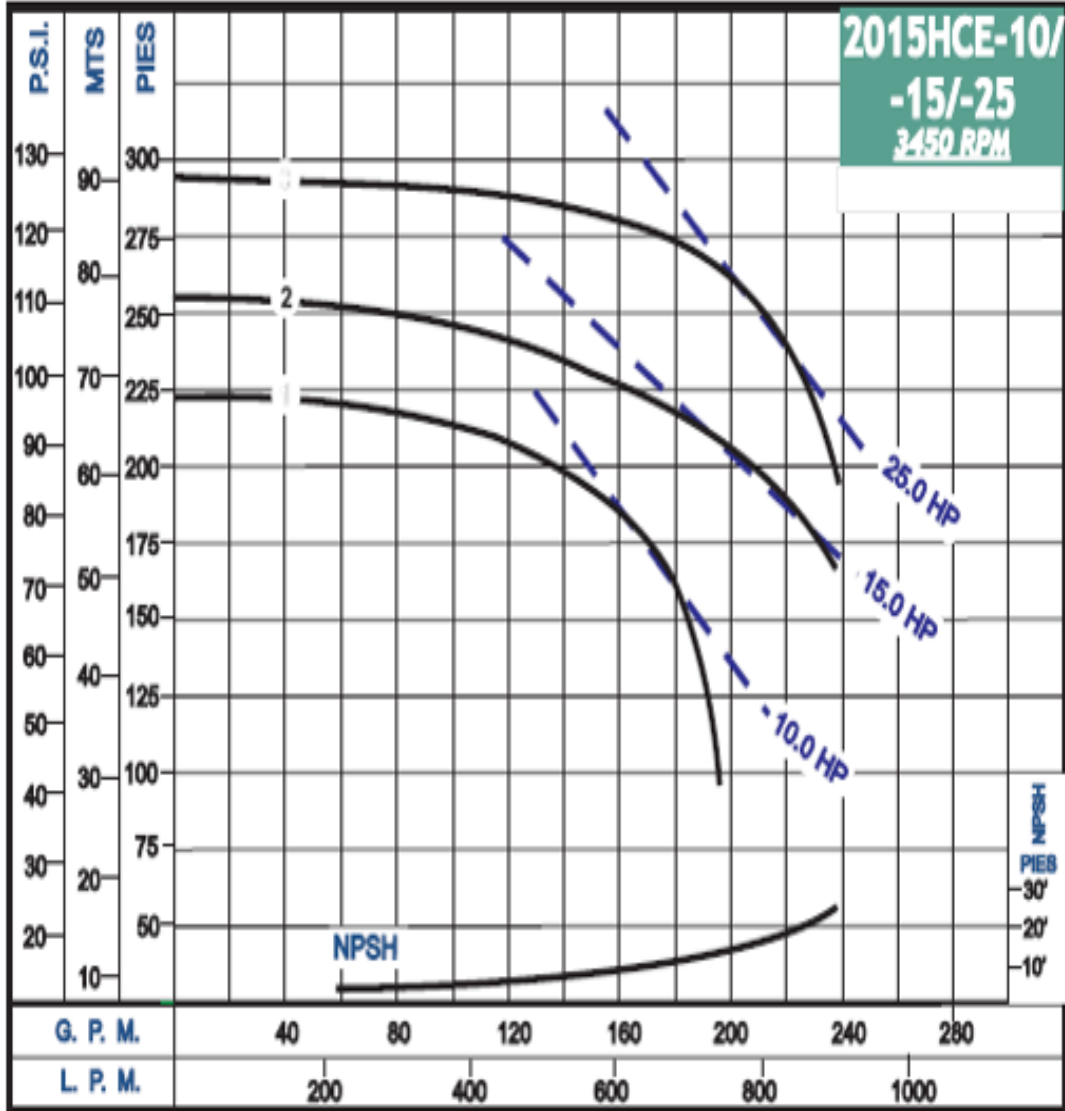
ANEXO 04

Longitudes equivalentes para los distintos tipos de accesorios

Friction Loss in Pipe Fittings in Terms of Equivalent Length Straight Pipe												
ITEM	SIZE											
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
BEND, 45 miter	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.63	3.09	3.84	5.13	6.44	7.75	9.98
BEND, 90 miter	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10.34	12.35	15.34	20.13	25.24	30.33	39.91
BEND, 90 weld r/d=1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.45	4.12	5.11	6.71	8.41	10.11	12.35
BEND, 90 weld r/d=2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.09	2.51	3.12	3.95	4.99	6.07	8.08
BEND, close return	2.59	3.43	4.37	5.75	6.71	8.61	10.29	12.78	16.78	21.03	25.27	33.25
ELBOW, LR 90	0.83	1.10	1.41	1.83	2.17	2.72	3.31	4.12	5.33	6.70	8.09	10.45
ELBOW, std. 45	0.83	1.10	1.41	1.83	2.17	2.72	3.31	4.12	5.33	6.70	8.09	7.60
ELBOW, std. 90	1.56	2.06	2.62	3.45	4.03	5.17	6.17	7.67	10.07	12.62	15.16	19.95
TEE, std. branch	3.11	4.12	5.25	6.90	8.05	10.34	12.35	15.34	20.13	25.24	30.33	39.91
TEE, std. thru	1.04	1.37	1.75	2.30	2.68	3.45	4.12	5.11	6.71	8.41	10.11	13.30
VALVE, angle	7.78	10.30	13.11	17.25	20.13	25.84	30.86	38.35	50.33	63.09	75.81	99.76
VALVE, ball	0.15	0.22	0.27	0.37	0.38	0.54	0.57	0.71	0.99	1.31	1.68	1.90
VALVE, butterfly	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	9.26	11.51	15.20	18.93	22.91	29.93
VALVE, foot hinged	3.84	5.22	6.46	8.89	10.86	12.69	16.00	19.89	25.66	31.54	37.06	52.26
VALVE, foot poppet	21.69	28.84	36.87	48.61	56.22	72.53	86.87	107.95	140.12	176.12	212.28	280.29
VALVE, gate	0.42	0.55	0.68	0.94	0.96	1.36	1.60	1.99	2.76	3.15	4.04	5.23
VALVE, globe	17.66	23.35	29.65	39.20	45.36	58.93	69.73	86.64	114.46	143.00	171.84	228.03
VALVE, plug 3-way branch	4.67	6.18	7.87	10.35	12.08	15.50	18.52	23.01	30.20	37.85	45.49	59.86
VALVE, plug 3-way thru	1.56	2.06	2.62	3.45	4.03	5.17	6.17	7.67	10.07	13.80	15.16	19.95
VALVE, plug std. straight	0.94	1.24	1.56	2.09	2.43	3.08	3.66	4.55	6.12	7.62	9.10	11.88
VALVE, swing check	5.18	6.87	8.74	11.50	13.42	17.23	20.58	25.57	33.55	42.06	50.54	66.51

ANEXO 05

Curvas de caudal, altura manométrica y NSPH de la bomba seleccionada



No.	MODELO	HP	VOLT.	AMP.	FASES	DIA. IMP.	Ø SUC.	Ø DESC.
1	2015HCE-10	10.0		31.7/15.85		7.200"		
2	2015HCE-15	15.0	220/440	46.1/23.05	3	7.500"	2"	2"
3	2015HCE-25	25.0		73.1/36.55		8.200"		

ANEXO 06

Medidor de Energia Solar TM-206 MCA TENMARS



Especificaciones:

Pantalla: 3 - 1/2 dígitos LCD con lectura máxima 1999

Rango: 1.999 W / m², 634 BTU / (ft² * h)

Resolución: 0,1 W / m², 0.1 BTU / (m² * h)

Precisión:

Normalmente dentro de $A \pm 10$ W / m² [$A \pm 3$ BTU / (ft² * h)] o $A \pm 5\%$ lo que sea mayor a la luz solar

Temperatura adicional incluida error $A \pm 0,38$ W / m² / A° C [$A \pm 0,12$ BTU / (ft² * h)] / A° C] de 25 A° C

Sobrecarga: LCD mostrara "OL"

Tiempo de muestreo: aprox. 0,25 segundos

Con el indicador de batería baja

Batería: 1 x pila de 9V (incluida)

Duración de la batería: aprox. 100 horas

Temperatura de funcionamiento: 5 ~ 40 A° C (41 ~ 104 A° F)

Humedad de funcionamiento: <80% RH

Temperatura de almacenamiento: -10 ~ 60 A° C (14 ~ 140 A° F)

Humedad de almacenamiento: <70% RH

Dimensiones: aprox. 132 (L) x 60 (W) x 38 (H) mm (5.19 x 2.36 x 1.49 pulgadas)

Peso: aprox. 150 g (5,3 oz)

Fabricado con norma ISO9001-2000 Estándares

MEDICIONES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL FUNDO INCA VERDE

	Radiación solar en Mayo (w/m^2)														
	2-May	4-May	6-May	8-May	10-May	12-May	14-May	16-May	18-May	20-May	22-May	24-May	26-May	28-May	30-May
06:00 a.m	38	24	59	49	61	77	62	65	86	98	45	62	74	18	87
07:00 a.m	150	83	174	222	162	220	200	194	188	158	259	256	232	198	284
08:00 a.m	279	163	385	472	295	480	386	392	482	450	430	450	327	253	333
09:00 a.m	420	246	488	608	693	695	553	320	512	589	595	521	467	355	551
10:00 a.m	625	547	797	653	752	655	888	434	534	621	700	644	553	546	721
11:00a.m	746	808	743	868	757	754	762	673	746	633	753	766	558	762	762
12:00 p.m	810	914	845	871	925	840	835	868	741	635	759	790	864	774	912
01:00 p.m	821	901	845	850	850	849	814	924	728	633	787	822	844	787	811
02:00 p.m	774	837	840	844	848	839	721	844	706	602	646	811	787	751	744
03:00 p.m	535	723	425	512	548	532	554	621	693	600	587	645	524	648	602
04:00 p.m	369	620	274	423	196	214	437	441	486	431	554	435	456	491	513
05:00 p.m	225	312	207	211	115	146	259	182	278	220	252	221	386	220	284
06:00 p.m	36	60	32	37	21	29	36	68	89	29	40	58	69	42	66

	Radiación solar en Junio (w/m^2)														
	1-Jun	3-Jun	5-Jun	7-Jun	9-Jun	11-Jun	13-Jun	15-Jun	17-Jun	19-Jun	21-Jun	23-Jun	25-Jun	27-Jun	29-Jun
06:00 a.m	40	32	39	63	45	65	25	32	51	35	41	32	56	65	22
07:00 a.m	156	120	120	112	154	203	118	160	213	116	132	111	160	150	213
08:00 a.m	325	223	265	421	323	269	298	362	223	235	352	333	230	320	302
09:00 a.m	412	354	362	552	471	321	462	451	359	268	498	389	426	321	411
10:00 a.m	630	498	598	658	562	426	638	564	459	584	514	421	521	524	536
11:00a.m	835	745	652	745	740	656	669	744	650	723	625	712	752	704	725
12:00 p.m	912	923	869	940	921	844	750	836	854	875	736	922	874	954	862
01:00 p.m	787	904	851	935	932	748	630	921	899	572	826	897	945	848	914
02:00 p.m	521	701	609	725	812	523	626	814	733	544	719	793	713	820	801
03:00 p.m	345	623	400	354	558	458	492	670	475	317	522	572	611	489	574
04:00 p.m	204	256	250	236	331	250	354	328	250	310	325	190	312	300	321
05:00 p.m	130	218	156	113	166	232	150	152	192	266	146	111	200	188	211
06:00 p.m	78	65	95	62	76	89	64	61	68	73	55	81	65	54	52

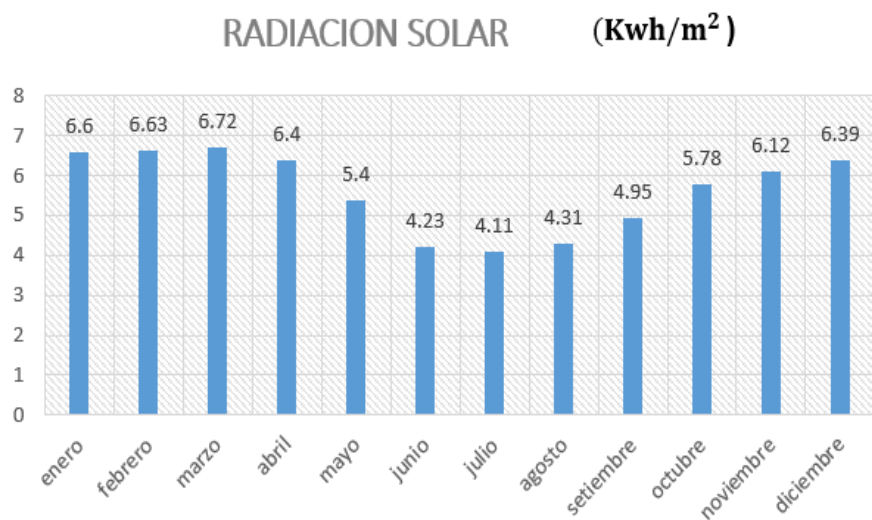
Radiación solar en Julio (w/m^2)																
	1-Jul	3-Jul	5-Jul	7-Jul	9-Jul	11-Jul	13-Jul	15-Jul	17-Jul	19-Jul	21-Jul	23-Jul	25-Jul	27-Jul	29-Jul	31-Jul
06:00 a.m	35	45	57	62	23	45	62	34	74	73	38	35	44	62	25	55
07:00 a.m	129	222	98	119	106	181	165	109	165	162	115	102	201	132	89	123
08:00 a.m	154	249	186	272	165	274	286	189	299	285	121	162	262	212	156	189
09:00 a.m	363	463	336	374	269	424	343	295	451	376	222	278	462	359	297	303
10:00 a.m	613	604	491	612	474	763	545	547	676	598	488	526	623	616	440	502
11:00a.m	720	714	634	782	743	798	662	644	752	763	621	734	765	758	678	725
12:00 p.m	800	832	782	794	903	921	830	851	952	873	813	925	867	840	863	850
01:00 p.m	703	789	523	536	692	850	695	759	874	705	799	687	561	775	709	863
02:00 p.m	682	704	398	426	552	641	446	613	712	674	777	545	401	663	613	774
03:00 p.m	469	550	240	305	478	491	358	360	426	546	633	374	317	489	545	565
04:00 p.m	331	264	224	296	266	242	298	239	355	286	330	279	252	246	321	395
05:00 p.m	123	221	180	185	175	153	98	124	125	211	163	251	102	230	162	196
06:00 p.m	20	65	43	22	62	65	36	68	52	77	35	54	62	29	37	85

Radiación solar en Agosto (w/m^2)															
	2-Ago	4-Ago	6-Ago	8-Ago	10-Ago	12-Ago	14-Ago	16-Ago	18-Ago	20-Ago	22-Ago	24-Ago	26-Ago	28-Ago	30-Ago
06:00 a.m	63	29	39	41	62	55	54	46	60	57	44	62	37	54	54
07:00 a.m	150	111	125	99	205	166	130	144	170	214	130	152	136	213	166
08:00 a.m	286	210	345	212	446	272	366	354	260	319	356	324	298	338	272
09:00 a.m	392	463	558	484	495	317	576	414	317	356	462	509	441	542	525
10:00 a.m	521	514	683	532	649	513	646	689	523	585	698	622	555	640	598
11:00a.m	744	628	794	757	821	654	744	725	603	769	835	748	689	768	725
12:00 p.m	948	746	921	858	854	842	856	863	789	840	898	870	896	923	896
01:00 p.m	750	837	822	754	766	656	762	854	732	912	914	770	851	878	781
02:00 p.m	650	726	638	523	635	530	655	745	594	703	854	512	652	691	650
03:00 p.m	427	522	400	416	531	395	427	601	490	511	623	443	546	481	522
04:00 p.m	318	345	228	206	311	302	240	360	323	325	422	316	355	228	336
05:00 p.m	129	128	140	100	227	199	122	230	234	299	159	203	138	126	190
06:00 p.m	58	66	34	45	85	62	60	75	54	38	46	65	55	46	58

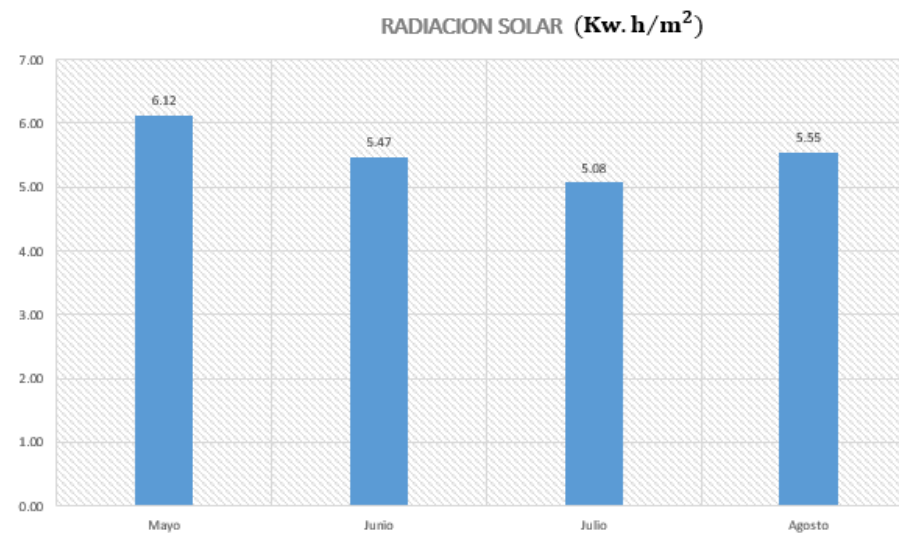
RADIACION SOLAR MENSUAL CON SOLARIMETRO

	PROMEDIO (WATT/METRO CUADRADO) EN LAS DISTITAS HORAS DEL DIA												(w. h/m ²) MENSUAL	(Kw. h/m ²) MENSUAL
	07:00 a.m	08:00 a.m	09:00 a.m	10:00 a.m	11:00a.m	12:00 p.m	01:00 p.m	02:00 p.m	03:00 p.m	04:00 p.m	05:00 p.m			
Mayo	199	372	508	645	739	826	818	773	583	423	235	6121	6.12	
Junio	149	299	404	542	712	871	841	697	497	281	175	5468		
Julio	139	216	351	570	718	856	720	601	447	289	169	5076		
Agosto	154	311	457	598	734	867	803	651	489	308	175	5547		

DATOS DE ATLAS SOLAR 2003



DATOS DE SOLARIMETRO 2016



ANEXO 07

Características eléctricas de modulo solar

TWxxxP660 (xxx=230-260)

Características eléctricas							
Potencia máxima (Pmax)	230	235	240	245	250	255	260
Potencia máxima Voltaje (Vmp)	29.5	30	30	30	30.5	30.5	31
Potencia máxima corriente (Imp)	7.8	7.83	8	8.17	8.2	8.36	8.39
Voltaje de circuito abierto (Voc)	36.6	37.2	37.2	37.5	37.7	37.8	38.2
Corriente corto circuito (Isc)	8.40	8.52	8.64	8.72	8.84	8.92	8.95
Eficiencia de las celdas encapsuladas (%)	16.9	16.3	16.6	16.9	17.3	17.6	18
Eficiencia el modulo (%)	14.1	14.44	14.75	15.1	15.4	15.67	16
Tolerancia de potencia (W)				0~5			
Máximas series sin protección (A)				15			
Máximo voltaje del sistema (TUV)				DC 1000V			
Temperatura de operación normal (°C)				45±3			

Características eléctricas testeadas a Estándar Test Conditions (STC) definido como: Radiación: 1000w/m2, espectro AM1.5 y temperatura a 25°C.

Especificaciones mecánicas	
Dimensiones	1640×992×40mm
Peso	19.5kg
Max. Carga estática, frente (nieve y viento)	5400Pa
Max. Carga estática, espalda (viento)	2400Pa
Max. Impacto de granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

Materiales de construcción	
Cubierta (material, tipo, espesor)	Alta transmisión, bajo nivel de hierro, vidrio templado 3.2mm
Celda (Cantidad, material, tipo, dimensiones)	60 piezas (6*10) / Polycristalino/156mm x 156mm
Marco (material/color/anodización, color)	aleación de aluminio anodizado/ plata/claro
Caja de conexión (grado de protección)	IP67
Cable (largo/ sección transversal de área)	1000mm (800,900,1100mm)/ 4mm ²

Dimensiones



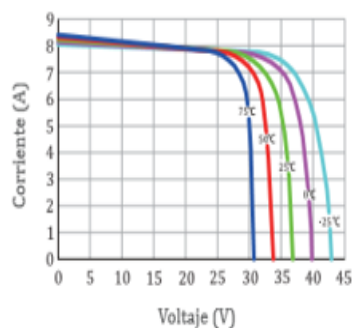
Características de temperatura

Coefficiente de temperatura de Isc (TK Isc)	0.02%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc (TK Voc)	-0.32%/°C
Coefficiente de temperatura de Pmax (TK Pmax)	-0.43%/°C
Temperatura de operación (°C)	-40°C to +85°C
Temperatura de almacenamiento (°C)	-20°C to +40°C

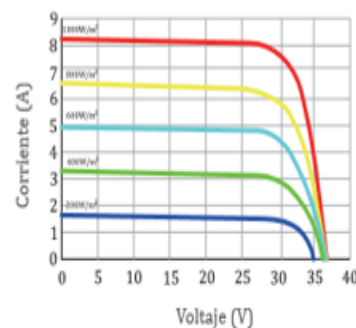
Embalaje

Modulos/palle	26 piezas
Pallets/container	28 pallets
Modulos/container	728 piezas

Variación de temperatura



Variación de radiación





Montaje para suelo rústico

Componentes

Guía K2-Solid LS

Garantía

12 años

Material

Aluminio 6063 T66

Medidas disponibles: Según necesidad

Peso: 2,95 Kg/m

Pórtico

Garantía

12 años

Material

Aluminio 6063 T66

Medidas disponibles: Según necesidad

Peso: Según modelo

Tornillo de cimentación (opcional)

Garantía

12 años

Material

Acero galvanizado

Medidas disponibles: Aprox. 1500mm

Peso: Según modelo



K2 Systems

Creada en 2004, K2 Systems, con sede en la ciudad alemana de Leonberg, es una de las compañías líderes en la producción de sistemas de montaje en aluminio para instalaciones fotovoltaicas. Desde su constitución, el fabricante cuenta con un crecimiento continuo por lo que ha abierto tres oficinas, una en Italia y dos en Francia.

Las estructuras K2 Systems están fabricadas en aleación de aluminio 6063 T66 AlMgSi 05 F22. Esta combinación ha demostrado ser especialmente resistente al agua del mar y también en ambientes salubres, por lo que, además, está recomendada para instalaciones en lugares costeros.

Este sistema incorpora un estudio personalizado y a medida del cliente, que incluye análisis de la zona de carga de viento y nieve, con ángulos de inclinación a petición del cliente dependiendo de sus necesidades. Tiene una garantía de 12 años y está disponible de inmediato. A pesar de que más del 90% del sistema está fabricado en aluminio 6063 (excepto tornillería y piezas de agarre que están fabricadas en acero inoxidable), el precio del sistema encaja perfectamente en el mercado español.

ANEXO 08

Especificaciones de acumulador

PRODUCT SPECIFICATIONS

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes		CRANKING Performance		CAPACITY ^B Amp-Hours (AH)				ENERGY (kWh)	TERMINAL Type ^G	DIMENSIONS ^C Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		@25 Amps	@60°F	C.C.A. ^D @0°F	C.A. ^E @32°F	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			100-Hr Rate	Length	Width	
12 VOLT DUAL PURPOSE AGM BATTERY															
8D	8D-AGM	460	1450	1850	179	210	230	254	3.05	6	20.47 (520)	10.64 (270)	9.08 (231)	161 (73)	


- A.** The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75V/cell. Capacities are based on peak performance.
- B.** The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour rate and 86°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
- C.** Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries to be mounted with .5 inches (12.7 mm) spacing minimum.
- D.** C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F at a voltage above 1.2 V/cell.
- E.** C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M.C.A. @ 32°F.
- F.** Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
- G.** Terminal images are representative only. Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	14.1 – 14.7	28.2 – 29.4	42.3 – 44.1	56.4 – 58.8
Float	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

TERMINAL CONFIGURATIONS

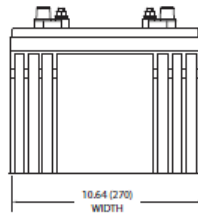
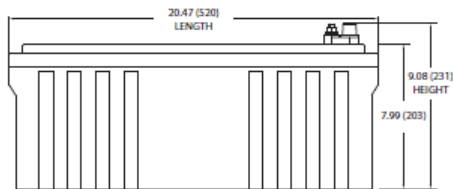
6	DT	Automotive Post & Stud Terminal
	Terminal Height Inches (mm)	.79 (20)
	Torque Values in-lb (Nm)	Stud: 95 – 105 (11 – 12) AP: 50 – 70 (6 – 8)
	Bolt Size	5/16"

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

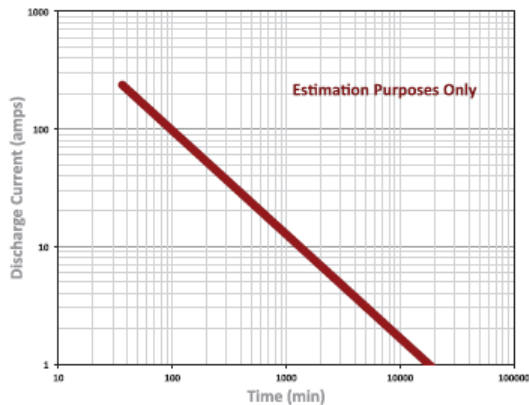
0.28 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C)
add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F

OPERATIONAL DATA

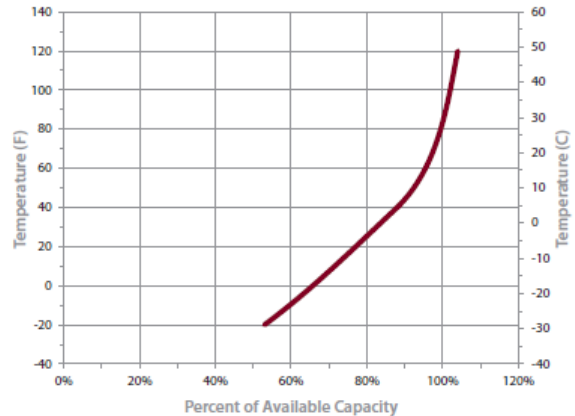
Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 131°F (-20°C to +55°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.



TROJAN 8D-AGM PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



ANEXO 09

Características de controlador solar

Vervolg specificaties

BlueSolar -laadcontroller	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Accuspanning	12/24/48V Auto Select (36 V: handmatig)	
Maximale accustroom	85 A	100A
Maximale PV-stroom, 12V 1a,b)	1200 W	1450W
Maximale PV-stroom, 24V 1a,b)	2400 W	2900W
Maximale PV-stroom, 36V 1a,b)	3600W	4350W
Maximale PV-stroom, 48V 1a,b)	4900W	5800W
Maximale PV-nullastspanning	150V	
Piefficiëntie	98%	
Eigen verbruik	Minder dan 35mA @ 12V / 20mA @ 48V	
Laadspanning 'absorptielading'	Standaardinstelling: 14,4V / 28,8V / 43,2V / 57,6V (regelbaar)	
Laadspanning 'egalisatie'	Fabrieksinstelling: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regelbaar)	
Laadspanning 'druppellading'	Standaardinstelling: 13,8V / 27,6V / 41,4V / 55,2V (regelbaar)	
Laad algoritme	meertraps adaptief (acht voorgeprogrammeerde algoritmes)	
Temperatuurcompensatie	-16mV/°C / -32mV/°C / -48mV/°C / -64mV/°C	
Beveiliging	Omgekeerde polariteit accu (zekering, niet toegankelijk voor gebruiker) Kortsluiting uitgang / Overtemperatuur	
Bedrijfstemperatuur	-30 tot +60°C (volledig nominaal vermogen tot 40°C)	
Vocht	95%, niet condenserend	
Maximale hoogte	2000m	
Omgevingsomstandigheden	Binnen, natuurlijk	
Verontreinigingsgraad	PD3	
Datacommunicatiepoort en aan/uit op afstand	VE.Direct Zie het witboek over datacommunicatie op onze website	
Parallele werking	Ja, maar niet gesynchroniseerd	
BEHUIZING		
Kleur	Blauw (RAL 5012)	
PV-aansluitingen 2)	35mm ² / AWG2 (Tr-modellen), of dubbele MC4-stekkers (MC4-modellen)	
Accu-aansluitingen	35mm ² / AWG2	
Beschermingsklasse	IP43 (elektronische componenten) IP 22 (aansluitingsgebied)	
Gewicht	4,5 kg	
Afmetingen (h x b x d)	Tr-modellen: 216 x 295 x 103 mm MC4-modellen: 246 x 295 x 103 mm	
NORMEN		
Veiligheid	NEN-EN-IEC 62109	
1a) Als meer PV-stroom wordt aangesloten, beperkt de controller het ingangsvermogen tot het maximale vermogen.		
1b) De controller start pas als de PV-spanning $V_{accu} + 5V$ overschrijdt. Daarna bedraagt de minimale PV-spanning $V_{accu} + 1V$.		
2) MC4-modellen: er zijn meerdere splitterparen nodig om de aders van de zonnepanelen parallel te laten lopen		

ANEXO 10

Selección de inversor según corriente de la carga

Product Specification

Bestsun

Solar Power System

Technical Parameters

MODEL	BPS-1000M	BPS-2000M	BPS-3000M	BPS-4000M	BPS-5000M	
Default Battery System Voltage	24VDC			48VDC		
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1000VA/ 800W	2000VA/ 1600W	3000VA/ 2400W	4000VA/ 3200W	5000VA/ 4000W
	Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA	8000VA	10000VA
	Waveform	Pure sine wave				
	AC Voltage Regulation (Batt.Mode)	230VAC±5%				
	Inverter Efficiency (Peak)	90%	93%			
	Transfer Time	10ms(For Personal Computers)				
		20ms(For Home Appliances)				
AC INPUT	Voltage	230VAC				
	Selectable Voltage Range	170~280VAC(For Personal Computers)				
		90~280VAC(For Home Appliances)				
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)					
BATTERY	Nominal voltage	24VDC			48VDC	
	Floating Charge Voltage	27VDC			54VDC	
	Overcharge Protection	31VDC			60VDC	
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	75VDC			145VDC	
	PV Array MPPT Voltage Range	30~66VDC			60~115VDC	
	Standby Power Consumption	2W				
	Rated Power	600W			3000W	
	Maximum Solar Charge Current	30A			60A	
	Maximum Efficiency	98%				
	Maximum AC Charge Current	10A or 20A	20A or 30A		60A	
	Maximum Charge Current	25A	30A		120A	
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Dimension,W*H*D(mm)	272*372*131			295*528*141	
	Net Weight(kg)	7.4	7.6	8	12.5	13.5
OTHER	Humidity	5% to 95% Relativ Humidity (Non-condensing)				
	Operating Temperature	0°C -55 °C				
	Storage Temperature	-15 °C -60 °C				

ANEXO 11

Tabla de conductores eléctricos

CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE EN AMPERES

Temperatura ambiente: 30 °C

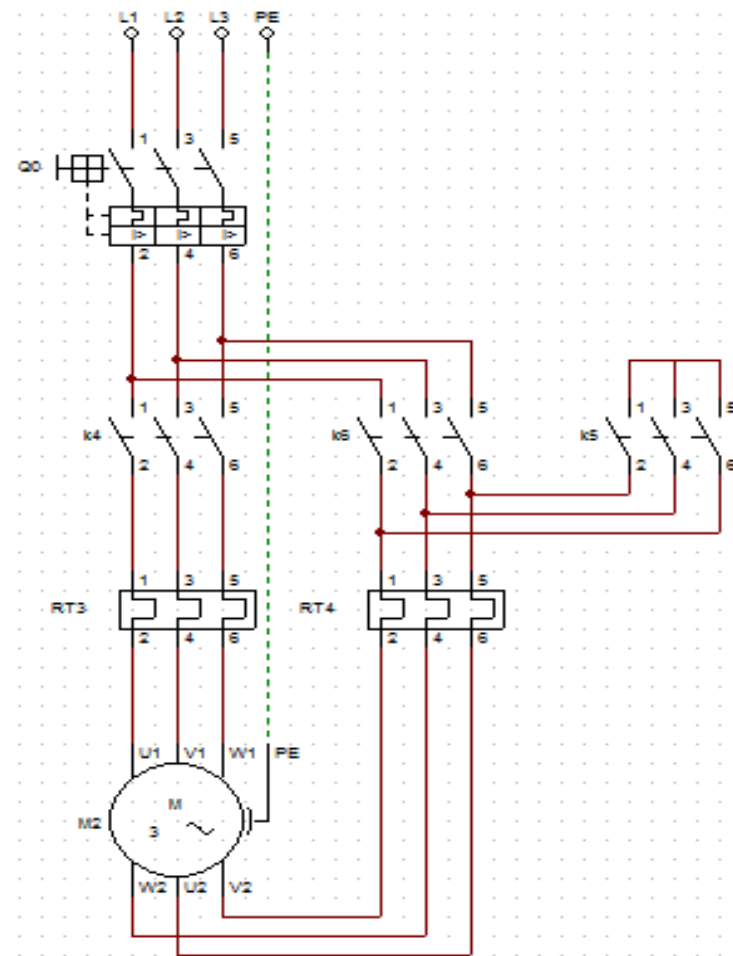
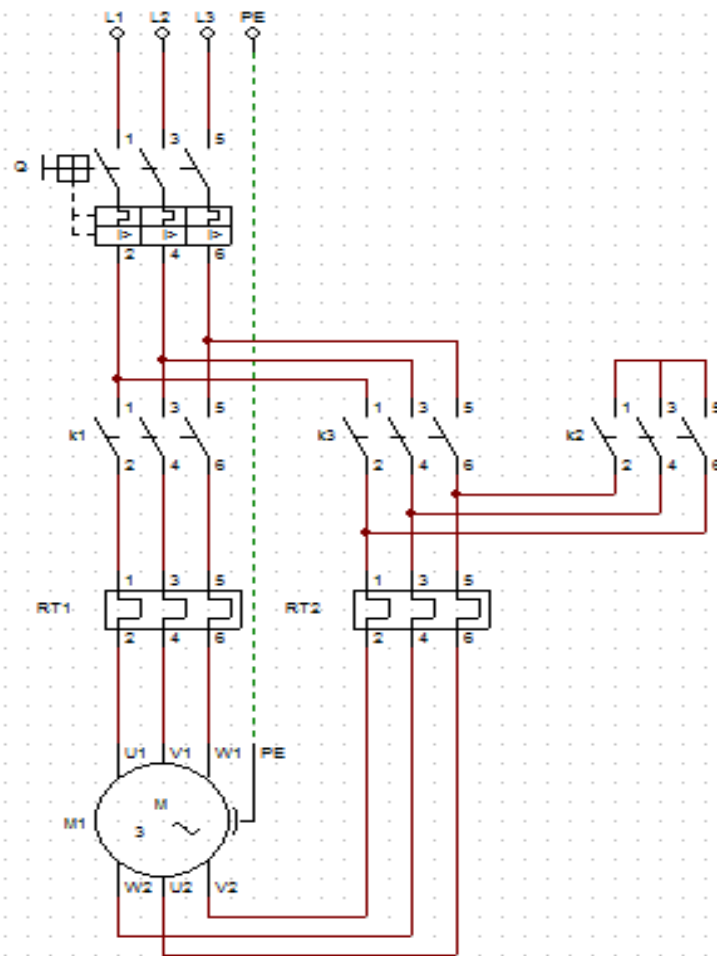
Temperatura admisible en el conductor: 70 °C (TW-70; TWF-70; TWT-70)

Temperatura admisible en el conductor: 90 °C (THW-90; THWF-90; XHHW-90; CAI; CAI-S)

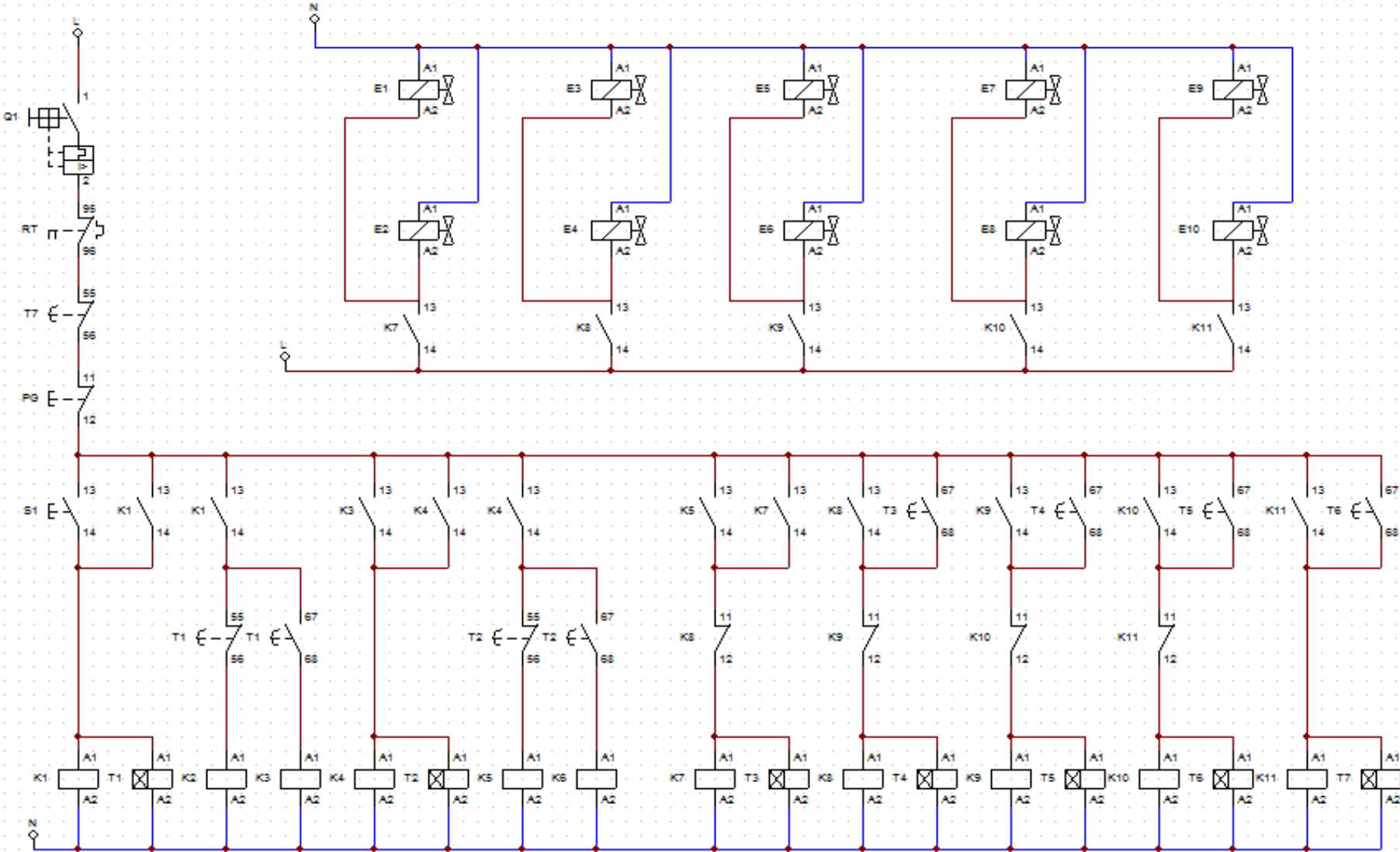
CONDUCTOR		CAPACIDAD DE CORRIENTE Ampere			
Calibre AWG-MCM	Sección mm ²	Instalaciones en Tubo Máximo Tres Conductores		Instalaciones al Aire Libre	
		TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR			
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
18	0,821	9	14	13	18
	1,0	11	16	16	24
16	1,31	13	18	19	24
	1,5	15	22	23	27
14	2,08	20	25	28	35
	2,5	20	27	28	35
12	3,31	25	30	33	40
	4	26	34	35	46
10	5,26	34	40	48	55
	6	36	42	50	60
8	8,37	47	55	66	80
	10	47	60	74	83
6	13,3	62	75	90	105
	16	71	78	100	115
4	21,15	81	95	120	140
	25	90	100	133	150
2	33,63	110	130	160	190
	35	114	130	165	190
1	42,41	124	150	185	220
	50	138	150	210	230
1/0	53,51	143	170	220	260
2/0	67,44	166	195	250	300
	70	171	195	255	300
3/0	85,02	190	225	295	350
	95	204	225	315	355
4/0	107,2	219	260	340	405
	120	233	260	360	405
250	126,7	242	290	385	455
	150	271	300	420	480
300	152,0	271	320	420	505
350	177,4	295	350	480	570
	185	304	350	490	570
400	202,7	318	380	520	615
	240	357	400	565	635
500	253,4	361	430	590	700
	300	400	455	655	740
600	304,0	400	475	655	780
750	380,0	450	535	745	855
	400	465	535	775	880
	500	518	595	890	1 000
1000	506,7	518	615	890	1 055

ANEXO 12

ESQUEMA DE ARRANQUE DE BOMBAS EN SIMULADOR CAdE_SIMU (FUERZA)



ESQUEMA DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE SOLENOIDE EN SIMULADOR CADe_SIMU (MANDO)



PLANOS