



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Diseño de estación de bombeo de agua, alimentada con energía solar
para cultivo de paltas en Huaca Corral, La Libertad

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Solano Avila, Yeferson Brayan (orcid.org/0000-0001-6311-1953)

ASESOR:

Ing. Sanchez Huertas, Carlos Enrique ([orcid.org/ 0000-0002-6754-8017](https://orcid.org/0000-0002-6754-8017))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado especialmente a Dios, por otorgar la posibilidad de que cada una de mis metas se esté cumpliendo y sobre todo por regalarme la vida, y lo más importante que mis padres Claudia y Armando estén en perfectas condiciones.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a la Universidad César Vallejo por darme la coyuntura de formarme profesionalmente. Al docente Ing. Sánchez Huertas, Carlos Enrique por compartir sus conocimientos para poder seguir adelante, ya que sus consejos fueron de gran ayuda para llevar a cabo la investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SANCHEZ HUERTAS CARLOS ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de Estación de Bombeo de Agua, Alimentada con Energía Solar para Cultivo de Paltas en Huaca Corral, La Libertad.", cuyo autor es SOLANO AVILA YEFERSON BRAYAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TRUJILLO, 06 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SANCHEZ HUERTAS CARLOS ENRIQUE DNI: 17857234 ORCID: 0000-0002-6754-8017	Firmado electrónicamente por: CSANCHEZ155 al 06-11-2023 12:45:57

Código documento Trilce: TRI - 0575177

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, SOLANO AVILA YEFERSON BRAYAN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de Estación de Bombeo de Agua, Alimentada con Energía Solar para Cultivo de Paltas en Huaca Corral, La Libertad.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombre y Apellidos	Firma
SOLANO AVILA YEFERSON BRAYAN DNI: 75163443 ORCID: 0000-0001-6311-1953	Firmado electrónicamente por: YBSOLANO el 19-07- 2023 22:27:07

Código documento Trice: INV - 1364143

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	IV
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	46
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	46
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS.....	46
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.5 PROCEDIMIENTOS	47
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	48
3.7 ASPECTOS ÉTICOS.....	48

IV. RESULTADOS.....	49
4.1 RESULTADO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO:.....	49
4.2 RESULTADO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO:	55
4.3 RESULTADO DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO:.....	59
4.4 RESULTADO DEL CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO:.....	65
4.5 RESULTADO DEL QUINTO OBJETIVO ESPECÍFICO:.....	84
V. DISCUSIÓN.....	94
VI. CONCLUSIONES.....	97
VII. RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos.....	47
Tabla 2. Datos meteorológicos de la plataforma Predicción de energía Recursos energéticos mundiales	50
Tabla 3. ETo con el programa CROPWAT.....	51
Tabla 4. Evapotranspiración del cultivo real.....	52
Tabla 5. Características del pozo.	55
Tabla 6. Irradiación de la zona de Huaca Corral	57
Tabla 7. Caudales de operación.....	59
Tabla 8. Perdidas menores	61
Tabla 9. Selección de bomba.....	64
Tabla 10. Cuadro resumen de Horas Sol Pico	66
Tabla 11. Cuadro resumen de la sección del cable.....	75
Tabla 12. Costo de componentes principales de grupo de sistema de bombeo solar	84
Tabla 13. Costo de materiales complementarios de grupo s. bombeo solar	85
Tabla 14. Cuadro resumen de costo de sistema de bombeo solar	86
Tabla 15. Vida útil de los equipos principales del sistema de bombeo solar	87

Tabla 16. Costo de componentes principales de sistema de combustión interna	88
Tabla 17. Costo de materiales complementarios de sistema de combustión interna	88
Tabla 18. Cuadro resumen de costo de sistema de combustión interna	89
Tabla 19. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 5	90
Tabla 20 CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 10	90
Tabla 21. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 15	91
Tabla 22. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 20	91
Tabla 23 VAN Y TIR	92

INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Mes de Junio el caudal del Rio santa en el C. P. Huaca Corral	2
Figura 2.Evapotranspiración del cultivo. Tomada de” Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos” por ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE (9).....	6
Figura 3. Eficiencia de aplicación para cultivos	7
Figura 4. Flujo Radial. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11) ...	11
Figura 5. Flujo Axial. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11).....	12
Figura 6. Flujo Mixto. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11).....	12
Figura 7. Bombas de chorro. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11)	13
Figura 8. Bombas Sumergible. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11).....	14
Figura 9. Altura dinámica total.....	18
Figura 10. Punto de operación y selección de una bomba. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11).....	20
Figura 11. Radiación solar. Tomada de “Instalaciones solares fotovoltaicas” por Moro, Miguel (34)	22

Figura 12. PVGIS	23
Figura 13. Efecto fotovoltaico. Tomado de “Energía Solar Fotovoltaica” por Montoya, Carlos (34).....	25
Figura 14. Tipos de paneles solares.	26
Figura 15. Curva Corriente vs Voltaje con varios datos de irradiación. A una temperatura de célula de 25°C. Tomada de “JA SOLAR”	27
Figura 16. Curva Corriente vs Voltaje con varios datos de temperatura. A una irradiación solar constante. Tomada de “JA SOLAR”	28
Figura 17. Conexión en serie.	32
Figura 18 Conexión en Paralelo	32
Figura 19. Uso directo. Tomado de	36
Figura 20. Conmutación de apoyo Tomado de “Ambientum”	37
Figura 21. Sesión de conductores Tomada de	41
Figura 22. Localización del cultivo de palto del Centro Poblado Huaca Corral	49
Figura 23. Distancia entre surco, y distancia entre planta.....	53
Figura 24. Obtención de la irradiación.....	56
Figura 25. Irradiación en la zona de Huaca Corral.	58

Figura 26. Bomba sumergible Pedrollo Modelo 4SR75G/30.....	65
Figura 27. Panel Solar.....	69
Figura 28. Condiciones de operación.....	76
Figura 29. Electrodo de varilla de cobre.....	79
Figura 30. Bomba sumergible Pedrollo.....	80
Figura 31. Módulo FV.....	81
Figura 32. Batería seleccionada.....	81
Figura 33. Banco de baterías.....	82
Figura 34. Balances y resultados principales.....	83
Figura 35. Producciones normalizadas (por kW instalado).....	83
Figura 36. Flujo de caja del proyecto.....	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó para solucionar el problema de agua del cultivo de palto del Centro Poblado de Huaca Corral, Virú, La Libertad, para lo cual se planteó un diseño de sistema de bombeo solar para suministrar agua a un tanque elevado cubriendo las necesidades de agua del cultivo de palto.

Para ellos tenemos como objetivo general: realizar un diseño de una estación de bombeo de agua, alimentada con energía solar para uso en cultivo de paltas.

Metodológicamente el tipo de investigación que se desarrollará en este proyecto es aplicado y el diseño investigación no experimental. Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación y el análisis documental; para con su respectivo instrumento la guía de observación y la ficha de registró. Para poder desarrollar el proyecto el diseño del sistema de bombeo solar cada uno de estos datos promedios serán registrados en el software Excel, para el diseño de bombeo se aplicaron las ecuaciones necesarias para determinación de la altura dinámica total y caudal mientras para el diseño solar se analiza la irradiación solar utilizando las plataformas digitales que nos demuestra el comportamiento de la irradiación de acuerdo las fechas establecidas y mediante esa base de datos.

Finalmente, se eligió la bomba sumergible modelo 4SR75G/30 de 2.2kW-3 HP, con una altura dinámica total de 22.5 metros, así como también los paneles FV de 405W, el inversor, el sistema de bombeo solar mantendrá una inversión de ahorro de **\$USD 6,035.83** y un tiempo de retorno del **13%**. dando la afirmación que la inversión es rentable.

Palabras Clave: Sistema de bombeo, Paneles solares, Riego por goteo, Cultivo de palto, Energía Renovable.

ABSTRACT

The present research work was carried out to solve the water problem of the avocado crop of the Huaca Corral Population Center, Virú, La Libertad, for which a design of a solar pumping system was proposed to supply water to an elevated tank covering the water needs of the avocado crop.

For them we have as a general objective: to carry out a design of a water pumping station, fed with solar energy for use in cultivating avocados.

Methodologically, the type of research that will be developed in this project is applied and the design is non-experimental research. For data collection, the observation technique and documentary analysis were used; For their respective instrument, the observation guide and the registration form. In order to develop the project, the design of the solar pumping system, each of these average data will be recorded in the Excel software, for the pumping design the necessary equations were applied to determine the total dynamic height and flow while for the solar design, solar irradiation is analyzed using digital platforms that show us the behavior of irradiation according to the established dates and through that database.

Finally, the 2.2kW-3 HP model 4SR75G/30 submersible pump was chosen, with a total dynamic head of 22.5 meters, as well as the 405W PV panels, the inverter, the solar pumping system will maintain a saving investment of \$USD 6,035.83 and a payback time of 13%. giving the affirmation that the investment is profitable.

Keywords: Pumping system, Solar panels, Drip irrigation, Avocado cultivation, Renewable Energy.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática a que se hace mención está ubicada en la zona rural llamada Huaca Corral, distrito de Guadalupe, Provincia de Virú, Departamento de La Libertad. Sus agricultores cultivan: maíz, arroz, camote, palta, ají, frijoles entre otros.

En su proyecto “Optimización de riego mediante el uso de energía Solar” nos señala que al utilizar los sistemas de riego primitivos y obsoletos utilizan pérdidas de agua muy altas, lo que genera problemas para los cultivos, por ejemplo: debido a ellos, la humedad del suelo no es adecuada para la planta durante la cosecha, y las plantas no crecen adecuadamente o simplemente mueren, lo que provoca la disminución de la productividad agrícola. (1)

En su investigación “Diseño integrado de un bombeo de agua de 850 kW con energía solar fotovoltaica en el término municipal de Benifaió (Valencia).” Nos dice que la conciencia internacional sobre el uso de energía renovable está creciendo como resultado de la profundización del efecto invernadero y el subsiguiente calentamiento climático. Por eso, por ejemplo, el Acuerdo de París, un acuerdo global firmado en París el 12 de diciembre de 2015, tiene un plan de acción para limitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 °C en comparación con la época preindustrial. La temperatura sube a 1,5 grados. Por tanto, para lograr este desarrollo sostenible en el marco de la energía, es necesario reducir progresivamente el uso de combustibles fósiles y seguir desarrollando formas de energía renovable y eficiencia energética. (2)

En su tesis “Diseño de un Sistema de Bombeo Solar Directo para Riego por Goteo En El Distrito De Guadalupe – La Libertad” Menciona que la red de canales no llega a unas 100 hectáreas de cultivos de la zona, por lo que los cultivos no se riegan por gravedad, sino que se utiliza riego por goteo y para ello se utilizan motobombas de combustible, de 5, 7 hasta 20 HP entre los casi 20

agricultores que reportan costos excesivos de compra de combustible y están buscando otras opciones, como la electricidad solar. (3)

El Río Santa es una de las principales fuentes de agua de riego para el Centro Poblado Huaca Corral, hace más de una década hasta la actualidad no cuentan con una bocatoma fija; solo cuenta con una bocatoma hecha por los agricultores a base de sacos llenados de piedra y palos para resistir la fuerza de la corriente del río, es por ello que se realiza mantenimiento cada dos semanas debido a la caída de los sacos y rotura de los palos; en los canales de riego no cuenta con un revestimiento de canales generando la reducción del canal debido al agua sucia negra con arena que trae el Río Santa.

Habitualmente es en las etapas de otoño e invierno en que el Río Santa tiene una gran disminución caudal, lo cual no es suficiente para el riego de los cultivos de la comunidad y como consecuencia las plantas mueren por secamiento generando pérdida de cosecha y una gran inquietud en los agricultores.

Figura 1. Mes de Junio el caudal del Río Santa en el C. P. Huaca Corral



Fuente: Elaboración Propia

Formulación del problema de esta investigación: **¿Cuál es la configuración del diseño de un sistema de bombeo con energía solar que permita asegurar el abastecimiento de agua al cultivo de paltas sacando provecho las condiciones climáticas del Centro Poblado de Huaca Corral, La Libertad?**

Esta investigación busca solucionar el problema de asegurar el abastecimiento de agua durante todo el año a los cultivos de palta, dado que el cultivo de la palta tiene un proceso de dos a cuatro años manteniendo una humedad constante. Mayormente el sistema de riego utilizado en la localidad es por inundación desperdiciando agua.

En este estudio se realizó un diseño de bombeo a base de energía solar para poder reducir la contaminación ambiental sacando provecho el agua subterránea, sino que, además se va ahorrar una gran cantidad de consumo de energía beneficiando a los agricultores del centro poblado de Huaca Corral.

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se plantea el siguiente Objetivo General: Diseñar una estación de bombeo de agua, alimentada con energía solar para uso en cultivo de paltas en el Centro Poblado de Huaca Corral, Virú, La Libertad.

Para los objetivos específicos son los siguientes: a) Determinar el requerimiento de agua por hectárea para el cultivo de palta del Centro Poblado de Huaca Corral, La Libertad. b) Registro de datos existentes del pozo de agua y irradiación solar del sector Huaca Corral. c) Diseño del sistema de bombeo. d) Diseño del sistema solar. e) Determinar el costo de la inversión.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

En la tesis de “Diseño de un sistema de bombeo de agua subterránea con energía solar fotovoltaica para riego en la comunidad de Valencia”, ubicada en La Paz, Bolivia. Nos detalla que, al bombear con energía solar, hay que tener en cuenta que la finalidad del sistema es llenar los depósitos hasta una altura determinada, para que posteriormente se pueda abastecer de agua al cultivo mediante riego por gravedad. La tasa de éxito es muy alta porque si hay luz solar el sistema funcionará y si está nublado es muy probable que llueva, por lo que no es necesario utilizar la instalación. Finalmente, los costos de inversión inicial del proyecto disminuirán significativamente con el tiempo, y se convertirá en un proyecto autosostenible que devolverá todas las inversiones realizadas. (4)

En el proyecto para obtener título: “Proyecto de Riego Utilizando Energía Solar para el Cultivo de Limones en la Finca Contador del Municipio de Viani”, Esto nos dice que las características del sistema solar propuesto satisfacen efectivamente las necesidades de riego del cultivo de limón de la finca Contador, por lo que es un sistema solar que se puede considerar replicable en zonas con condiciones similares. subdesarrollados y carentes de recursos. Además, utiliza recursos naturales renovables sin gastos de electricidad, es fácil de usar y mantener y no representa ningún peligro para las personas o el medio ambiente en el punto de uso. (5)

Antecedentes nacionales

En la tesis “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, mediante energía solar fotovoltaica en el centro poblado Ganimedes, distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Región San Martín”. Menciona que el sistema de bombeo a energía solar funciona por sí solo y no requiere mantenimiento constante, por lo que es un sistema ideal para que la comunidad

de Ganimedes brinde agua potable y mejore las condiciones de vida del sitio. La cuota mensual que afrontan las familias cubre los costos de reposición de bombas al final de su vida útil, los costos de mantenimiento y operación de partes del sistema de agua potable que se cobran. (6)

En la tesis: “Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico en el Distrito de Yaurisque – Cusco”. Menciona que el sistema de bomba solar no funciona mejor porque la bomba funciona a una altura mucho más baja de lo óptimo y la mejor opción es el riego por goteo continuo de maíz, trigo y hortalizas en parcelas de $3,400 m^2$, en las condiciones climáticas de la región en tiempo de abril a septiembre, que es la estación seca y de mayor radiación a lo largo del día. Esto nos asegura que el sistema depende en gran medida de la radiación solar. (7)

En la tesis “Diseño de un Sistema de Bombeo Solar Directo para Riego por Goteo En El Distrito De Guadalupito – La Libertad” Nos menciona que irrigación de la siembra de palto en 07 hectáreas en el sector El Incaico, la irradiación fluctúa de 4.72 kWh/m²/día en junio hasta 6.66 kWh/m²/día en marzo para módulos inclinados 15° y en el mes de febrero tiene una irradiación de 5.90 kWh/m²/día. Se estimó la demanda hídrica máxima durante el año en 1029 l/min lo que corresponde a una demanda energética de 29.1 kWh/día y potencia de bomba en 7.5 kW. El sistema fotovoltaico de bombeo de agua consta de un arreglo de 28 paneles de 370 W conectados 14 en serie y 2 strings en paralelo; 1 controlador de carga de 22 A y 540 VCD de entrada del sistema solar y salida 380/400/415/440 VAC; 1 electrobomba sumergible de carga dinámica total 27.5 m y caudal máximo. (3)

TEORÍA

NECESIDADES DE RIEGO

La cantidad de agua necesaria para compensar la pérdida de agua por evapotranspiración, esté indica el requerimiento de agua para un cultivo en

particular. Mientras que los requerimientos de agua se refieren a la cantidad de agua utilizada, la cual puede ser obtenida de la lluvia o provista por un sistema de riego artificial. (8)

Evapotranspiración Del Cultivo

Se conoce como **evapotranspiración (ET)** “La combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.” (9)

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (1)$$

Donde:

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_c : Coeficiente de cultivo (adimensional)

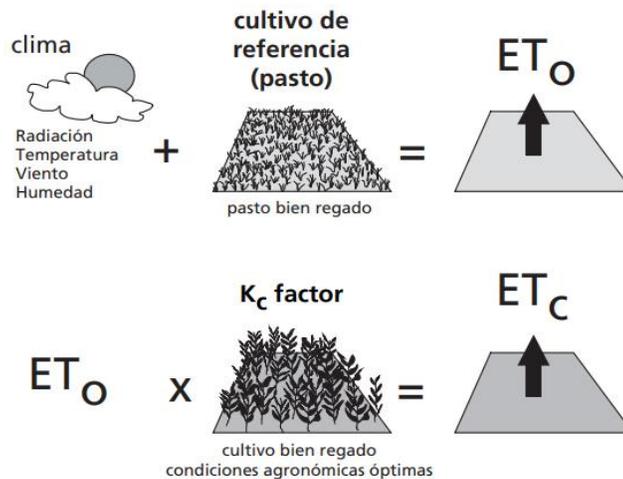


Figura 2. Evapotranspiración del cultivo. Tomada de "Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos" por ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE (9)

Para el cálculo de la **programación de riego** del cultivo de palto se usarán las siguientes formulas:

Eficiencia de aplicación

La eficiencia hídrica de un sistema de riego se define como la relación entre la cantidad de agua almacenada en la zona de las raíces y la cantidad de agua suministrada por el sistema de riego. (10)

Se calcula mediante la siguiente formula: (libro)

$$Ea = \frac{N_n}{N_t} \quad (2)$$

Donde:

N_n : Necesidades netas de riego del cultivo (mm/día)

N_t : Necesidades total de riego (mm/día)

Figura 3. Eficiencia de aplicación para cultivos

Eficiencia de aplicación		
Riego por superficie	50%	70%
Riego por aspersión	65%	85%
Riego por goteo	75%	90%

Fuente: Técnicas de riego (10).

Cantidad de agua que necesita por planta

Esta cantidad de agua está relacionada en el área de sembrado del cultivo de palto y las necesidades totales de riego. (10)

$$N_{tp} = N_t * A_p \quad (3)$$

Donde:

N_t : Necesidad total (mm/día)

A_p : Área de plantación es el producto de distancias entre hilera y surco (m^2).

Dosis de riego total e Intervalo entre riego

Esta es la cantidad de agua utilizada por riego por unidad de superficie y puede aportar agua por hectárea de cultivo de aguacate. Existen dos tipos dosis total y dosis neta, la dosis neta a diferencia de la otra dosis corresponde a la reserva disponible. (10)

La dosis neta se calcula con la siguiente formula:

$$D_n = H * (CC - Pm) * f \quad (4)$$

Donde:

H: Profundidad de las raíces (m)

CC: Capacidad de campo (%)

Pm: punto de marchitamiento (%)

f : Fracción de abastecimiento de agua (adimensional).

Mientras que la **dosis total** se calcula de la siguiente ecuación:

$$D_t = \frac{D_n}{Ea} \quad (5)$$

Donde:

D_t : Dosis de riego total (mm)

D_n : Dosis de riego neta (mm)

Ea: eficiencia de aplicación de riego (%).

Intervalo de riego:

También conocida como frecuencia de riego, se refiere al número de días entre riegos, es decir cada cuántos días hay que regar.

$$F_r = \frac{D_t}{N_t} \quad (6)$$

Donde:

D_t : Dosis total de riego (mm/día)

N_t : Necesidad total de riego (mm).

Para determinar el **caudal** total del requerimiento de agua, se calcula de la siguiente forma:

$$Q = 10 * \frac{S * D_t}{F_r * T} \quad (7)$$

Donde:

D_t : Dosis total de riego (mm)

S: sección de área de terreno (ha)

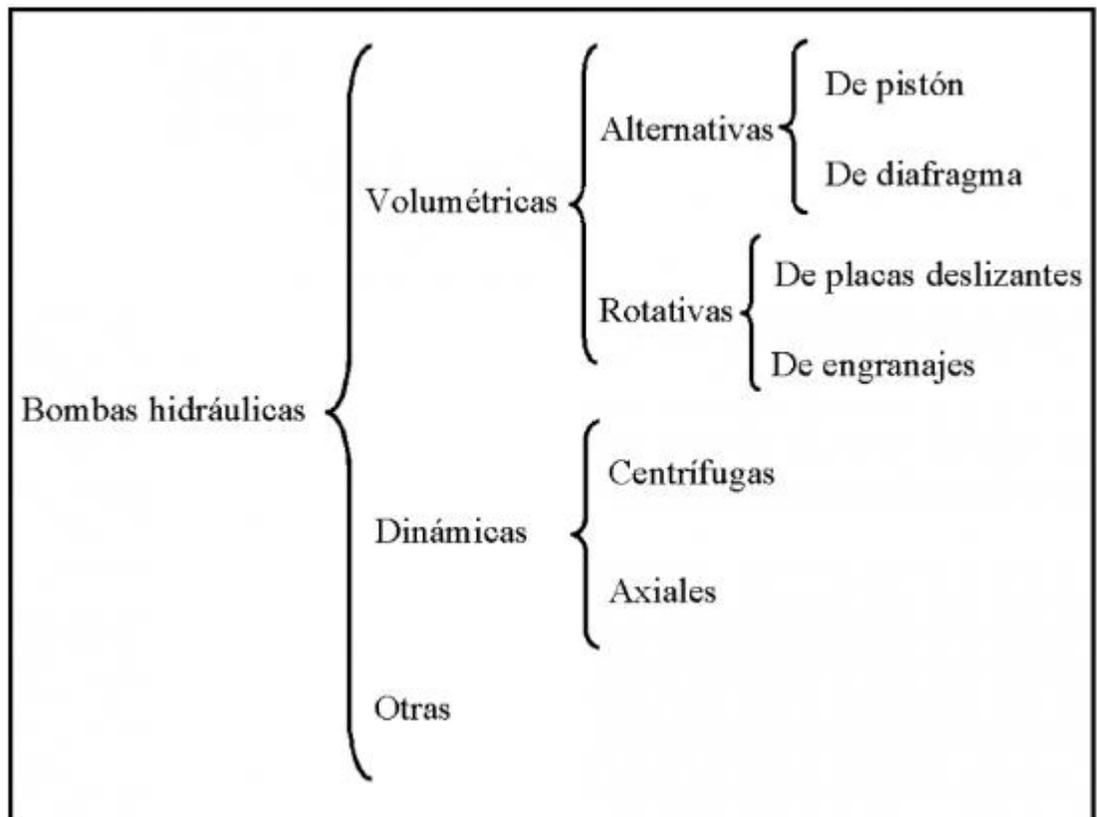
T: tiempo de riego por día (h/día)

F_r : frecuencia de riego (día).

SISTEMA DE BOMBEO

La bomba es un dispositivo mecánico que agrega energía a un fluido. Un motor eléctrico u otra unidad de potencia primaria impulsa el eje giratorio de la bomba. Luego, la bomba toma esta energía cinética y la entrega al fluido, lo que hace que el fluido fluya y aumente su presión. (11)

Clasificación de los tipos de bombas



Las bombas volumétricas también llamadas de desplazamiento positivo se utilizan principalmente para impulsar líquidos de diversas viscosidades. Las bombas de energía cinética aceleran el fluido a través de la acción de un impulsor giratorio, agregando así energía al fluido, este tipo de bomba no transporta fluidos con alta viscosidad.

Tipos de bombas dinámicas

Según su dirección de flujo:

Radial: El fluido pasa por la cabeza y el cuerpo paralelo al eje de rotación. Son bombas altamente eficientes y variables y son el tipo más común de bomba centrífuga. (12)

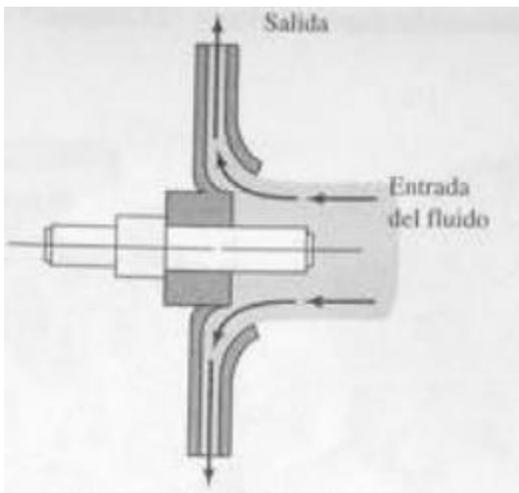


Figura 4. Flujo Radial. Tomada de "Mecánica de fluidos", por Robert L. Mott (11)

Axial: El líquido fluye por el interior de la bomba paralelo al eje de giro. Cuando se trata de bombear grandes caudales, son bombas muy potentes y eficientes, siempre que el caudal no sea demasiado elevado. (12)

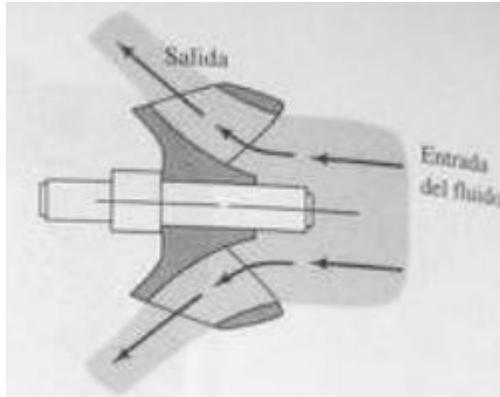


Figura 5. Flujo Axial. Tomada de "Mecánica de fluidos", por Robert L. Mott (11)

Mixto: Es una combinación de una bomba de flujo axial y una bomba de flujo radial. (12)

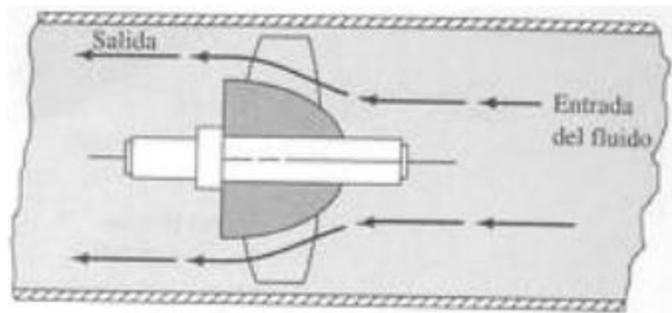


Figura 6. Flujo Mixto. Tomada de "Mecánica de fluidos", por Robert L. Mott (11)

Bombas de chorro

Las bombas de ensayo se utilizan para implementar sistemas de agua potable, consisten en una bomba centrífuga, así como un conjunto de inyecciones. La bomba principal y el motor se encuentran sobre el suelo en la parte superior del

pozo, y en la parte inferior de la inyección se encuentra debajo, cerca del nivel del agua. (11)

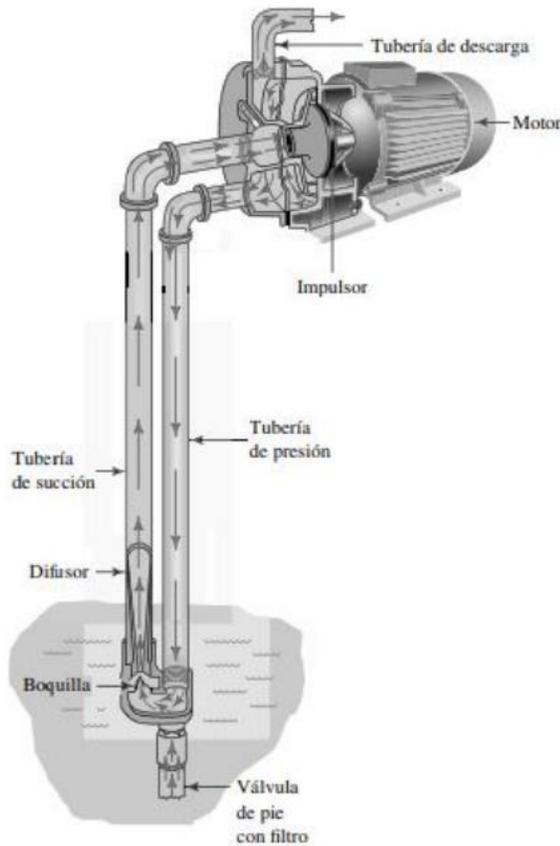


Figura 7. Bombas de chorro. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11)

Bombas sumergibles

Estas bombas están diseñadas de tal manera que el conjunto de la bomba centrífuga, el motor de accionamiento y los dispositivos de absorción y descarga podrían sumergirse en la bomba en la bomba. En lo común, la bomba está soportada por una estructura que permite un flujo de fluido libre en la bomba. La absorción de la bomba ocurre en la parte inferior, donde el agua fluye al ojo del conductor que se adhiere y está especialmente diseñada para procesar sólidos grandes mezclados con agua. (11)



Figura 8. Bombas Sumergible. Tomada de "Mecánica de fluidos", por Robert L. Mott (11)

Dimensionamiento del sistema de bombeo

Para el cálculo sistema de bombeo se usarán las siguientes formulas:

Caudal:

Es la cantidad de fluido que circula en un periodo de tiempo, se puede definir como el caudal volumétrico que recorre un área determinada en una unidad de tiempo. Menos comúnmente, se puede definir como el flujo de masa o masa que pasa a través de la unidad de tiempo. (13)

$$Q = A * V \quad (8)$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

A: Área de tubería (m^2)

V: Velocidad del fluido (m/s).

Teorema de Torricelli

Esta es una aplicación de Bernoulli y estudia el flujo de fluido contenido en un contenedor, a través de un pequeño agujero, bajo la acción de la gravedad. Desde este teorema, se puede calcular el flujo de salida de fluido con un agujero. (13)

$$V = \sqrt{2gH} \quad (9)$$

Donde:

V: Velocidad final (m/s)

G: Gravedad (m/s^2)

H: Altura del tanque elevado (m).

Ecuación de Darcy: Perdidas menores

En la dinámica del fluido, la ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación empírica que conecta la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de la tubería dada a la velocidad promedio del flujo de fluido. (8)

$$H_f = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad (10)$$

Donde:

H_f : Pérdidas por fricción (m)

f : Factor de fricción (adimensional)

L : Longitud de la corriente del flujo (m)

D : Diámetro de la tubería (m)

V : Velocidad promedio del flujo (m/s)

g : Gravedad (m/s²).

Numero de Reynolds

Este es un parámetro dimensional asociado con las características de flujo. En particular, esto representa la relación entre el poder de la inercia del líquido (referido a sus movimientos) y la fuerza de fricción (las consecuencias de la fricción fluida con la pared de la tubería). (8)

$$N_R = \frac{V * D}{\nu} \quad (11)$$

Donde:

D : Diámetro de tubería

V : Velocidad promedio del flujo(m/s)

ν : Viscosidad cinemática (m²/s)

Para $Re < 2000$, el flujo es laminar y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{N_R} \quad (12)$$

Donde:

f : Factor de fricción para flujo laminar

N_R : Numero de Reynolds.

Para $Re > 2000$, el flujo es turbulento y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 * \left(\frac{D}{E} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (13)$$

Donde:

f : Factor de fricción para flujo turbulento

D: Diámetro de la tubería (m)

E: Rugosidad del material del tubo (m)

N_R : Numero de Reynolds.

Altura dinámica total

Mediante la ecuación general de la energía de forma simplificada se obtiene lo siguiente (11):

$$h_A = Z_2 - Z_1 + h_L \quad (14)$$

Donde:

h_A : Carga total sobre la bomba

h_L : Perdidas de energía, por fricción en tubería, o perdidas menores

Z_2 : : Altura impulsión

Z_1 : : Altura succión

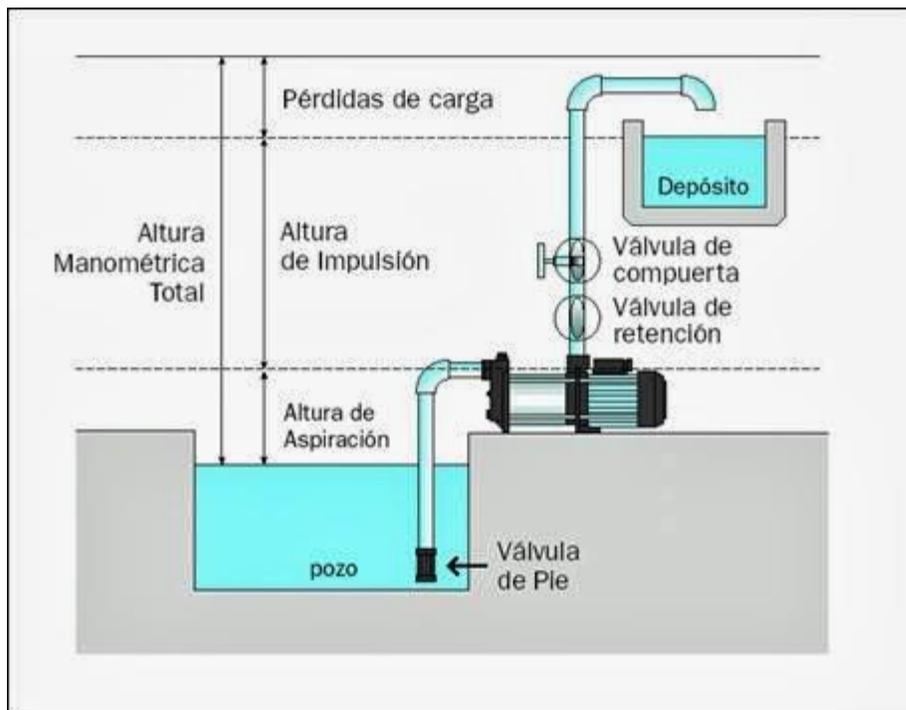


Figura 9. Altura dinámica total.

Eficiencia mecánica de las bombas

El término eficiencia se utiliza para mostrar la relación de potencia proporcionada por la bomba con el líquido en la potencia proporcionada a la bomba. Debido a la pérdida de energía causada por la fricción mecánica en el componente de la bomba, la fricción de fluido en la bomba y la turbulencia excesiva de fluidos en la bomba, no toda la potencia de entrada se suministra al líquido. (11)

Potencia teórica

$$P_T = (\rho * g * HDT) * Q \quad (15)$$

Donde:

P_T : Potencia teorica (W)

ρ : Densidad del liquido

g : gravedad (m/s^2)

HDT: Altura dinamica total (m)

Q : Caudal (m^3/s).

Potencia de la bomba

$$P_b = \frac{P_H}{\eta_b} \quad (16)$$

Donde:

P_b : Potencia bomba (W)

P_H : Potencia hidráulica teorica (W)

η_b : Eficiencia de operación de la bomba.

Curva característica para selección de bomba

Se dice punto de operación cuando el caudal que enviarà cuando se instale en un sistema dado. El punto de operación verdadero de la bomba de este sistema es donde se intersecta la curva de este con la curva de rendimiento de la bomba. (11)

En la siguiente figura observamos la HDT vs Caudal:

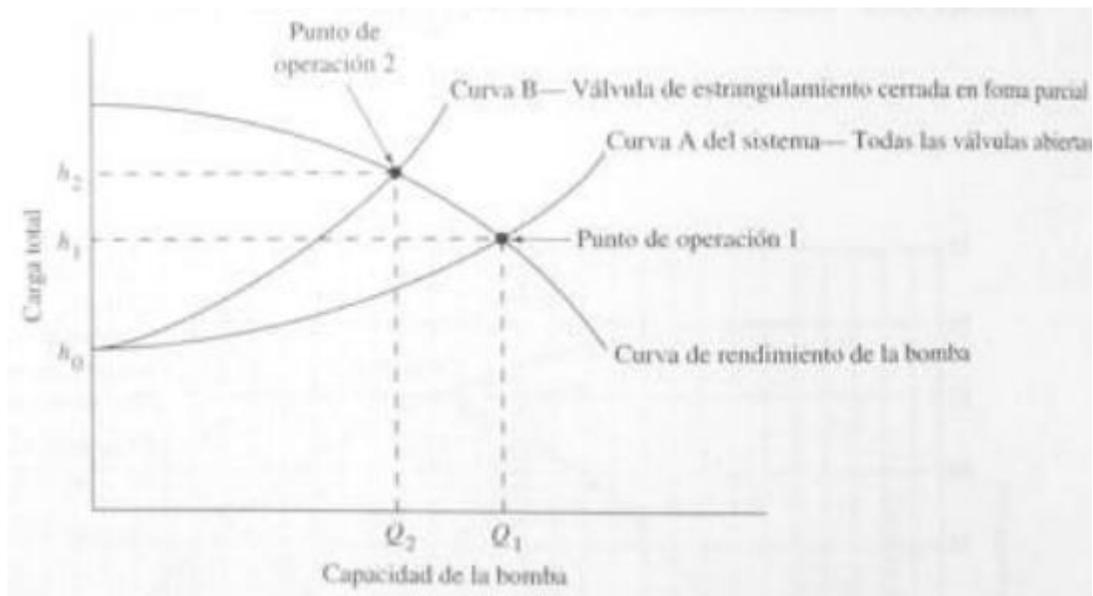


Figura 10. Punto de operación y selección de una bomba. Tomada de “Mecánica de fluidos”, por Robert L. Mott (11)

SISTEMA FOTOVOLTAICO

Energías renovables

Las fuentes de energía renovables son fuentes de suministro respetuosas con el medio ambiente. Esto no quiere decir que no provoquen efectos ambientales negativos, pero son infinitamente menores que los efectos ambientales de las fuentes de energía tradicionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón, energía nuclear, etc.). Entre las fuentes primarias de energía renovable, tenemos la energía solar, que utiliza la radiación solar como fuente de energía; la energía eólica, que aprovecha la fuerza del viento; la energía hidroeléctrica, que utiliza la energía cinética del movimiento del agua; y la energía geotérmica, que utiliza el calor del interior del planeta como fuente de energía. (14)

Energía solar

La fuente de esta energía es el Sol, que la alimenta a través de la radiación solar, que es un fenómeno producido por las reacciones químicas generadas allí, y emite energía que puede transmitirse al vacío en forma de radiación electromagnética. (15)

Radiación solar

La radiación se llama a toda la energía electromagnética emitida, transferida o recibida. La cantidad de energía transportada por la radiación se llama energía de radiación, y el flujo de radiación se convierte en energía radiante en el tiempo, liberada por el suministro, transportada por haz o recibido por la superficie. (16)

Tipos de radiación solar

Radiación directa: Es la radiación que llega directamente desde el sol sin cambiar su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar la sombra clara de un objeto opaco que lo intercepta. (17)

Radiación difusa: Es una parte de radiación que cruza la atmósfera y se refleja en las nubes. La radiación va en todas las direcciones como resultado de la reflexión y la absorción, no solo las nubes, sino también en las montañas, los árboles, los edificios, el suelo en sí. (17)

Radiación reflejada: Se refleja en la superficie de la tierra como muestra el nombre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también conocido como albedo. (17)

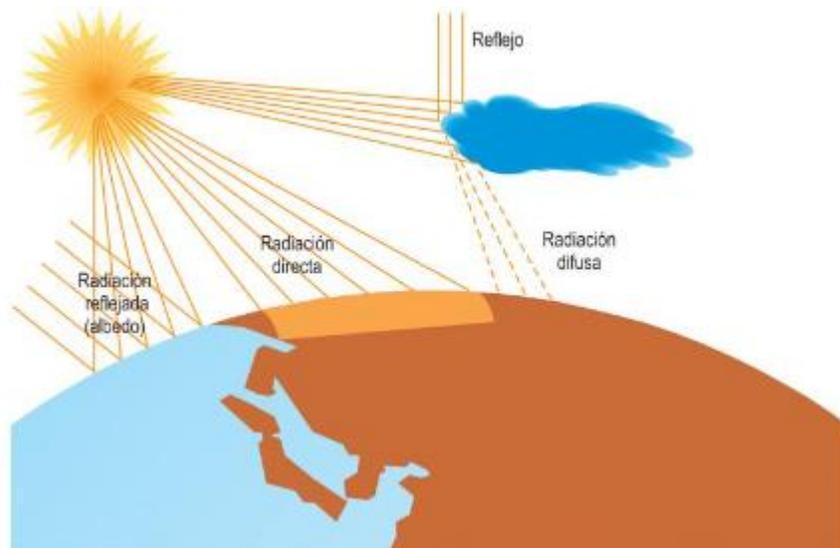


Figura 11. Radiación solar. Tomada de “Instalaciones solares fotovoltaicas” por Moro, Miguel (34)

Obtención de la Irradiación

Estos valores dependen del ángulo de inclinación de los módulos, si el consumo será a lo largo del año las condiciones más desfavorables serán los meses de invierno, en lo que los valores de irradiación serán los más bajos. (18)

Estos datos pueden obtenerse en libros o publicaciones especializadas, pero también en la página web PVGIS, que es de acceso gratuito.

PVGis

El programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGis) es un software de mucha información y nos facilita mediante una data de irradiación diaria o mensual en distintos ángulos de inclinación, ya sea para una estructura fija o con seguimiento solar, también nos sugiere un ángulo óptimo de inclinación de los módulos. (18)

Meteonorm

Este software nos da una data de irradiación, temperatura, viento, entre otros. Estos se recopilan en archivos que se pueden importar a programas informáticos específicos para el diseño de instalaciones fotovoltaicas. (18)

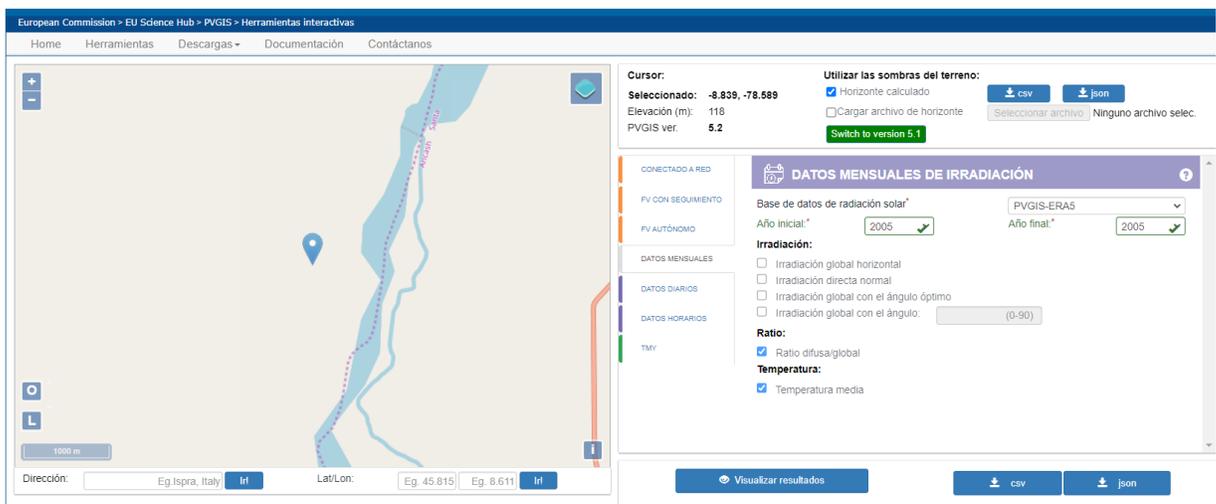


Figura 12. PVGIS

Horas sol pico

Son el promedio del tiempo soleado que se pueden usar en un día para generar suficiente energía para que los paneles solares puedan usar. La radiación media óptima que llega a la Tierra es de 1000 W/m², y el número de horas de sol en el pico corresponde a la cantidad media diaria de sol. (19)

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$HSP_{\beta} = \frac{G_{\beta}}{I_{\beta}} \quad (17)$$

Donde:

HSP: Horas solares pico para una inclinación β (h/día)

G_{β} : Irradiación solar media en Wh/m² para una inclinación β

I_{β} : Potencia de radiación incidente su valor es de 1000 W/m².

Efecto fotovoltaico

El efecto de generación de energía solar se encuentra en la liberación de electrones utilizando materiales cuando se ilumina por radiación electromagnética. La adquisición de electricidad se realiza a través de células solares. La radiación solar alcanza el módulo. El módulo genera electricidad debido a un efecto de generación de energía solar en una DC. (20)

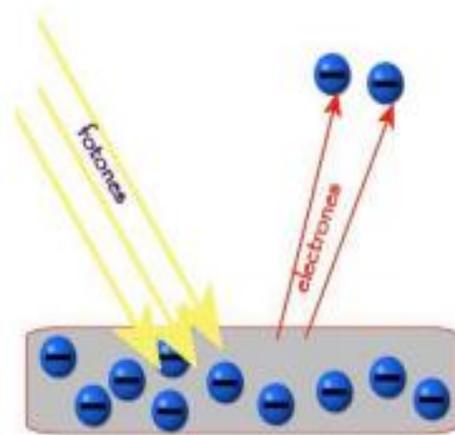


Figura 13. Efecto fotovoltaico.
Tomado de "Energía Solar
Fotovoltaica" por Montoya, Carlos
(34)

Paneles solares

Los paneles de energía solar pueden adquirir energía solar y convertirla en energía eléctrica. Están compuestos de materiales semiconductores y células solares, una placa con cristales de silicio que generalmente están conectados entre sí. El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se debe a procesos químicos generados en las celdas solares en los que se dopa el silicio para crear una carga positiva o negativa mediante la adición de boro y fósforo; En este proceso, se crea un campo eléctrico al reciclar la carga para generar electricidad cuando la celda solar se expone a la radiación solar. (15)

Tipo de paneles solares

Monocristalinos: Las células tienen una estructura perfectamente dispuesta, forma cuadrada y esquinas redondeadas. Esto se debe a que provienen de lingotes cilíndricos rebanados. Su color es azul sólido y la eficiencia varía del 16% a más del 21%. (21)

Policristalinos: También son de color azulado, pero puedes ver diferentes áreas que consisten en diferentes cristales que reducen la

efectividad de los cuadrados por completo. Su efectividad varía del 14% al 16%, llegando en algunos casos al 19,1%. (21)

Silicio amorfo: Un sustrato de vidrio o plástico recubierto con una capa muy delgada de semiconductor que es sensible a la radiación, aunque menos sensible a la temperatura y por lo tanto menos eficiente que el silicio cristalino. Su eficiencia ronda el 10%, aunque en las primeras horas de funcionamiento desciende al 7-9%. (21)



Figura 14. Tipos de paneles solares.

Tomada de "AutoSolar"

Temperatura de la celda

La temperatura de la celda depende de la temperatura ambiente y de la radiación. Una ecuación para estimar la temperatura de la celda basada en la temperatura ambiente y la radiación.es: (22)

$$T_c = T_a + G * \frac{TNOCT - 20}{800} \quad (18)$$

Donde:

T_a : Temperatura de ambiente($^{\circ}\text{C}$)

T_{NOCT} : Temperatura de operación de la célula. Este parámetro se encuentra en la ficha técnica del panel FV. ($^{\circ}\text{C}$)

G : Irradiancia solar (W/m^2)

Influencia de la temperatura en el rendimiento de panel

El funcionamiento de un módulo fotovoltaico viene determinado por el valor de corriente que genera y el voltaje que proporciona en función de la temperatura.

(23)

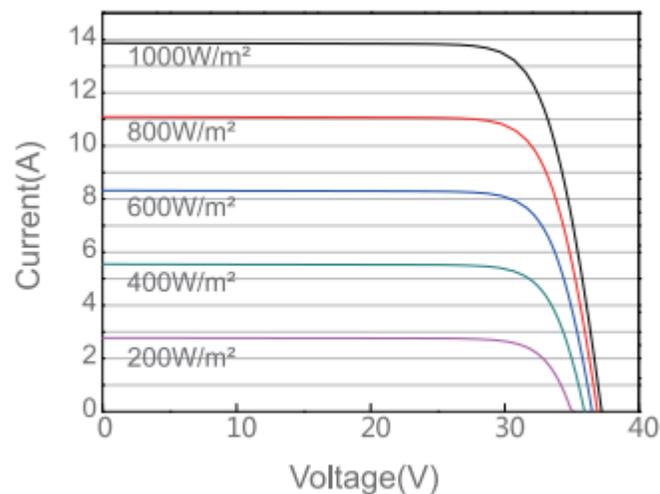


Figura 15. Curva Corriente vs Voltaje con varios datos de irradiación. A una temperatura de célula de 25°C . Tomada de "JA SOLAR"

La tensión va ir disminuyendo cuando la temperatura de ambiente supere a la temperatura del panel fotovoltaico. Como podemos observar la siguiente figura de Corriente vs Voltaje con varios datos de temperatura. A una irradiación solar constante.

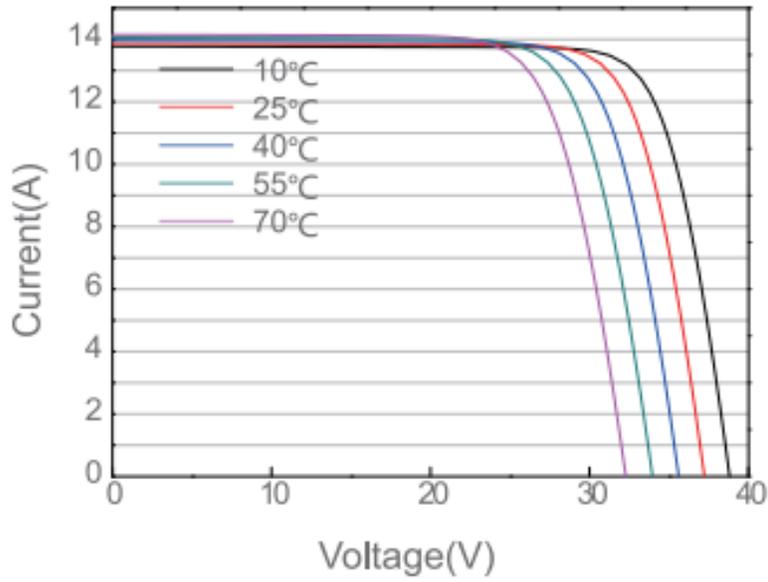


Figura 16. Curva Corriente vs Voltaje con varios datos de temperatura. A una irradiación solar constante. Tomada de “JA SOLAR”

Según los ensayos realizados mediante la corrección de los parámetros (24), menciona que el módulo con mayor rendimiento es modulo monocristalino puesto a que dan una mayor potencia.

Calculo por **calentamiento de temperatura de los paneles** (Potencia, voltaje y corriente):

Variación de potencia máxima

$$P_{var. Potencia} = (T_m - 25)^{\circ}C * \gamma_{pmp} \tag{19}$$

Donde:

$P_{var. Potencia}$: Variación de potencia máxima

T_m : Temperatura del módulo (°C)

γ_{pmp} : Coeficiente de temperatura Potencia máxima (%)

Variación de la corriente cortocircuito:

$$I_{var\ SC} = (T_m - 25)^\circ C * \alpha_{ISC} \quad (20)$$

Donde:

$I_{var\ SC}$: Variación de corriente de cortocircuito

T_m : Temperatura del módulo (°C)

α_{ISC} : Coeficiente de temperatura corriente de cortocircuito (%)

Variación del voltaje circuito abierto:

$$V_{var.\ voc} = (T_m - 25)^\circ C * \beta_{Voc} \quad (21)$$

$V_{var.\ voc}$: Variación del voltaje circuito abierto

T_m : Temperatura del módulo (°C)

β_{Voc} : Coeficiente de temperatura voltaje circuito abierto (%)

Corrección parámetros (Potencia, voltaje y corriente) en condiciones de temperatura (25), ecuación general:

$$P_{PMP\ correg.} = P_{PMP} * (1 + \gamma_{pmp}(T_m - 25)^\circ C) \quad (22)$$

Donde:

$P_{PMP\ correj.}$: Potencia en punto máxima de potencia corregida a una temperatura T_m .

P_{PMP} : Potencia en punto máxima de potencia del panel FV.

γ_{pmp} : Coeficiente de temperatura de P_{pmp} .

T_m : Temperatura del módulo.

Corrección de corriente cortocircuito:

$$I_{sc\ correj.} = I_{sc} * (1 + \alpha_{Isc}(T_m - 25)^\circ C) \quad (23)$$

Donde:

$I_{sc\ correj.}$: Corriente cortocircuito corregida a una temperatura T_m .

I_{sc} : Corriente cortocircuito, te facilita la ficha técnica.

γ_{pmp} : Coeficiente de temperatura de I_{sc} .

T_m : Temperatura del módulo.

Corrección de voltaje a circuito abierto

$$V_{oc.correj.} = V_{vc} * (1 + \beta_{Voc}(T_m - 25)^\circ C) \quad (24)$$

Donde:

$V_{oc.correj.}$: Voltaje a circuito abierto corregida a una temperatura T_m .

V_{oc} : Voltaje a circuito abierto, te facilita la ficha técnica.

γ_{pmp} : Coeficiente de temperatura de V_{oc} .

T_m: Temperatura del módulo.

Angulo de inclinación

Este es el ángulo con el que los rayos del sol inciden en la superficie horizontal varía a lo largo del año, por lo que existirá un determinado ángulo de inclinación en los objetos fotovoltaicos fijos que captarán la máxima energía posible anualmente. Es decir, se debe buscar el ángulo de inclinación de los módulos que maximicen la radiación media anual que reciben. Se calcula con la siguiente formula: (18)

$$\beta = 3,7 + 0,69 * \emptyset \quad (25)$$

Donde:

β : Angulo de inclinación optimo

\emptyset : Latitud.

Tipos de conexiones de paneles

La corriente y el voltaje del módulo fotovoltaico no siempre incluyen las fuentes de corriente y voltaje del sistema. Se deben agrupar varios módulos para obtener los valores correctos. (26)

Conexión de módulos Serie: Al conectar paneles en serie, hacemos la conexión del polo positivo al polo negativo del siguiente módulo. En este caso puede aumentar el voltaje y mantener el valor de la corriente generada. (26)

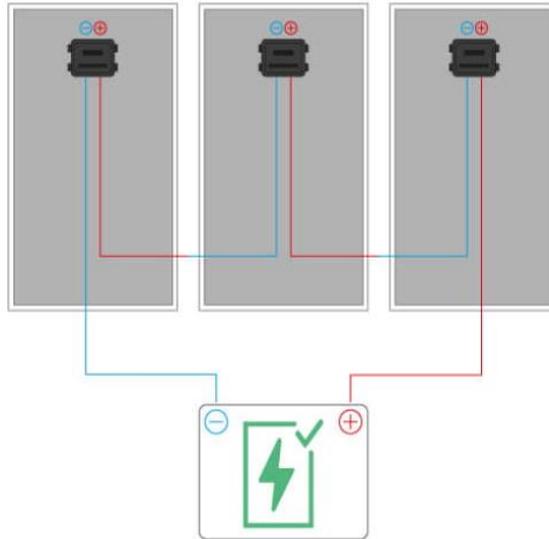


Figura 17. Conexión en serie.

Tomado de "AutoSolar"

Conexión en Paralelo: En este tipo de conexión, conectamos todos los polos positivos y separamos todos los polos negativos. Al mismo tiempo conseguimos aumentar la corriente generada (agregar tensión eléctrica a los tableros) y mantener un voltaje fijo. (26)

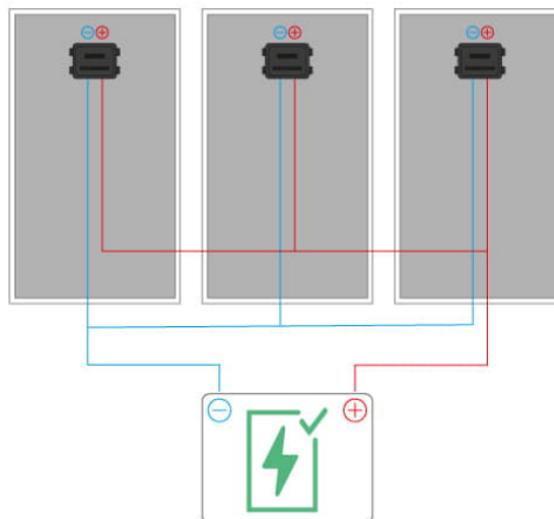


Figura 18 Conexión en Paralelo

Tomado de "AutoSolar"

Demanda de energía

Es la energía diaria consumida por cada uno de los equipos a usar, el resultado es la suma de los consumos de corriente alterna y de los consumos de corriente continua. (18)

$$E_T = E_{CA} + E_{CC} \quad (26)$$

Donde:

E_T : Consumó total (Wh/día)

E_{CA} : Consumo de corriente alterna (Wh/día)

E_{CC} : Consumo de corriente continua (Wh/día)

Determinación de la potencia del generador

Se calcula de la siguiente formula:

$$P_{G-FV} = \frac{E_T}{HSP} \quad (27)$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador fotovoltaico (W/h)

E_T : Consumo total (Wh/día)

HSP: Horas solares pico (h/día).

Cantidad de módulos por el tipo de conexión

Se agrupan varios módulos para alcanzar las condiciones de potencia, tensión e intensidad que se requieren, es decir si se pretende aumentar la tensión del generador deberemos conectar los módulos en serie y si lo que se desea aumentar la corriente tendremos que conectar en paralelo. (18)

Números de paneles en serie se calcula de la siguiente formula:

$$N_{p. \text{ serie}} = \frac{V_g}{V_m} \quad (28)$$

Donde:

V_g : Voltaje del generador

V_m : Voltaje del módulo fotovoltaico

Números de paneles en paralelo se calcula de la siguiente formula:

$$N_{\text{paneles en paralelo}} = \frac{P_{G-FV}}{N_{P. \text{ serie}} * P_{\text{modulo}}} \quad (29)$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador FV (W)

$N_{P. \text{ serie}}$: Numero de paneles en serie

P: Potencia máxima del panel solar (W).

Área de ocupación de paneles

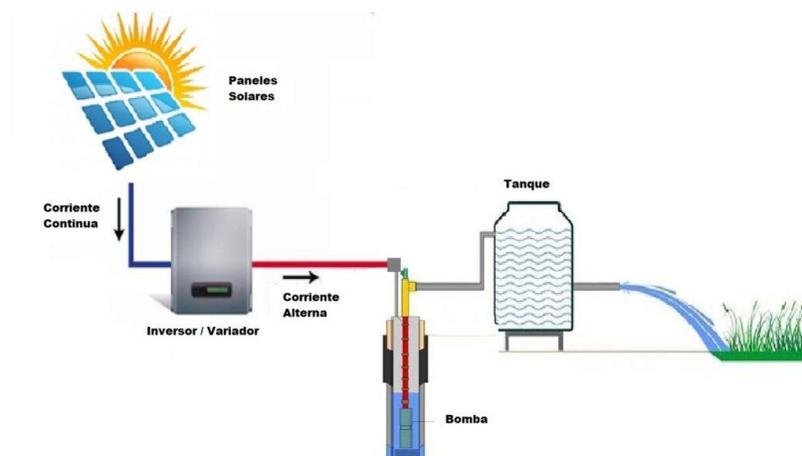
$$A_{panel} = Largo * Ancho * N_{paneles\ totales} \quad (30)$$

Sistema de Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica

Esta aplicación es de particular interés en sistemas aislados, la tecnología utilizada para proporcionar agua potable, típicamente a comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas (riego) y ganaderas. El sistema utiliza un generador fotovoltaico para alimentar un motor que bombea y extrae agua de un pozo, almacena agua en un tanque o la transporta de un lugar a otro. Esta aplicación de la tecnología fotovoltaica tiene dos características que la hacen especialmente atractiva. (22)

En primer lugar, las curvas de producción y consumo están muy bien adaptadas: el periodo de mayor insolación, y por tanto de producción eléctrica, es también el periodo de mayor consumo de agua. (22)

En segundo lugar, no hay necesidad de celdas electroquímicas o baterías de almacenamiento de energía para que el sistema sea autónomo, ya que se almacena energía potencial de forma más barata mediante un depósito elevado, la cual es más barata y eficiente. Después de eso, se habló de un sistema fotovoltaico de bombeo directo. (22)



Tipos de bombeo solar

Uso directo

En este modo, la energía solar es consumida directamente por la bomba, haciéndola funcionar durante las horas de sol, evitando así el uso de baterías. Esto asegura que el sistema se deprecie rápidamente, siendo la opción más simple y rentable; si no es necesario que la bomba funcione por la noche, será la mejor solución en términos de eficiencia y costo. (27)

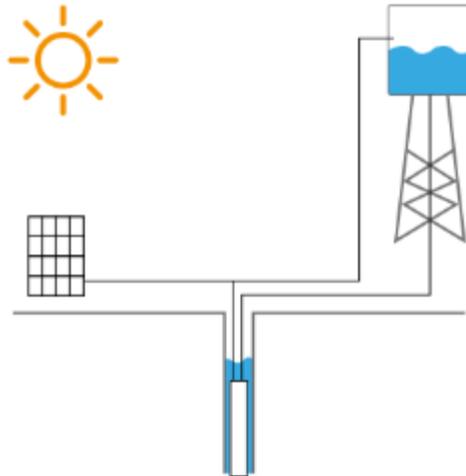


Figura 19. Uso directo. Tomado de
“Ambientum”

Conmutación de apoyo con grupo electrógeno o red

Este tipo de sistema le permite tomar una carga auxiliar de corriente alterna. Esto es posible en modelos de inversores solares o variaciones solares, que tienen entrada para un generador o red. (27)

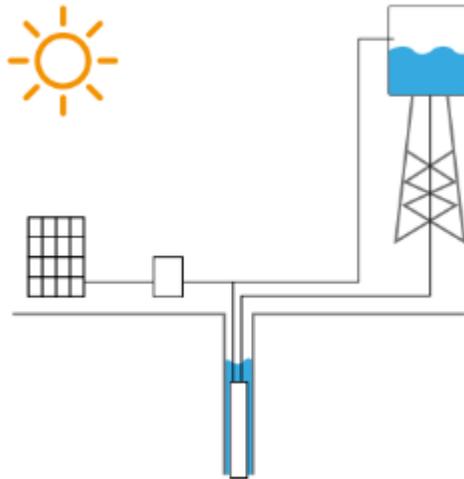


Figura 20. Conmutación de apoyo
Tomado de "Ambientum".

Según el tamaño de la bomba

La diferencia de nombre entre el controlador y el inversor proviene esencialmente del tipo de bomba que accionan ya que ambos tienen la misma función de controlar la bomba: (28)

Tenemos los siguientes:

Las bombas pequeñas (menor 2kW): Estas son alimentadas principalmente por CC y controladas por voltaje. (28)

Las bombas intermedias (menor a 4 kW): Funcionan con CA y controladas por variación de frecuencia. Para que esto sea posible, la corriente CC de los paneles debe ser convertida a CA, es decir un inversor de bombeo. • (28)

Bombas superiores (entre 2000 W y 4000 W): Los proveedores pueden ofrecer bombas de CC, bombas de AC o bombas que admitan ambos tipos de voltaje, dependiendo de la marca que generalmente suministran. (28)

Regulador

La misión del regulador es principal debido a que controla el proceso de descarga y carga de la batería logrando mejorar su vida útil de los acumuladores de energía. (18)

$$I_{reg.} = f.s * I_{max.g} \quad (31)$$

Donde:

$I_{reg.}$: Corriente del regulador (A)

F.s: Factor de seguridad

$I_{max.g}$: Corriente máxima del generador FV

Acumuladores de energía

Las baterías generalmente están diseñadas para alimentar una carga cuando los paneles solares dejan de funcionar por una variedad de razones, tanto predecibles como durante la noche y otras razones más difíciles de predecir cómo un día nublado o sombra temporal. (29)

$$Capacidad (Ah) = \frac{E_T * D_A}{V_{bat} * PD} \quad (32)$$

Donde:

Capacidad: Capacidad de la batería (Ah)

E_T : Consumó total (Wh/día)

D_A : Días de autonomía

V_{bat} : Voltaje de batería

PD: Profundidad de descarga

Números de baterías en serie se calcula de la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ Baterias}_{serie} = \frac{V_{sistema}}{V_{bateria}} \quad (33)$$

Donde:

$V_{sistema}$: Tensión del sistema

$V_{bateria}$: Tensión de la Batería

Números de baterías en paralelo se calcula de la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ Baterias}_{paralelo} = \frac{Capacidad (Ah)}{Capacidad_{bateria}} \quad (34)$$

Donde:

Capacidad (Ah): Capacidad de batería calculada

$Capacidad_{bateria}$: Capacidad de batería, facilita ficha técnica

Inversor de bombeo solar

La velocidad de rotación de la bomba de corriente alterna se controla mediante variaciones de frecuencia (en Hercios) desde el voltaje de CA. Por lo tanto, los inversores solares producirán la frecuencia de variables dependiendo del voltaje de CC que reciban del panel. Por lo general, el inversor de la bomba solar comenzará una bomba a una frecuencia mínima de 25 Hz cuando haya un poco de luz solar. La frecuencia de salida aumentará porque el voltaje de CC del panel aumenta, para eventualmente alcanzar una frecuencia máxima de 50 Hz (o 60 Hz depende de la bomba) cuando la energía solar alcanza un máximo. (28)

$$P_{Inversor} = 1.10 * P_{CA} * f_s \quad (35)$$

Donde:

E_T : Potencia del inversor(W)

P_{CA} : Potencia total de consumo de corriente alterna(W)

f_s : Factor de simultaneidad

Variador de frecuencia

La operación del motor eléctrico puede funcionar a una velocidad constante o variable, dependiendo del tipo de alimento, las características del motor y las demandas del proceso. Para controlar que la velocidad del motor sea óptima, se utiliza un controlador de velocidad llamado variador de frecuencia o velocidad. (30)

Conductores

Permiten que la corriente fluya a través de ellos y conecten los diversos dispositivos que existen en el circuito. Un conductor con una capa aislante se llama cable, la sección del cable se calcula de la siguiente ecuación: (18)

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{\Delta V(\%) * V} \quad (36)$$

Donde:

ρ : Resistividad del conductor

L : Longitud del cable

I : Corriente máxima prevista

V : Tensión nominal

$\Delta V(\%)$: Caída de tensión

**Capacidad de corriente en A de conductores aislados unipolares – Al aire libre
Alternativa para calibres AWG (*)**

Basada en temperatura ambiente del Aire de 30 °C

AWG	Sección [mm ²]	TW, TWF	THW, THHW, THHWF, XHHW	THWN-2, XHHW-2
		Temperatura		
		60 °C	75 °C	90 °C
16	1,31	-	-	24
14	2,08	25	30	35
12	3,31	30	25	40
10	5,26	40	50	55
8	8,37	60	70	80
6	13,30	80	95	105
4	21,15	105	125	140

Figura 21. Sesión de conductores Tomada de

“CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD”

Protecciones

La función principal de un sistema de protección es fundamentalmente la de causar la pronta remoción del servicio cuando algún elemento del sistema de potencia sufre un cortocircuito, o cuando opera de manera anormal. Existe además una función secundaria la cual consiste en proveer indicación de la localización y tipo de fallas. (31)

Se tipos de protecciones:

Contra sobrecargas: Cuando la corriente es demasiado alta debido a una falla de aislamiento, descarga disruptiva o sobrecarga, se generará un calor excesivo en el conductor, lo que provocará una falla prematura, una vida útil reducida y posiblemente un cortocircuito. (32)

Protección contra cortocircuitos: Una conexión incorrecta o un aislamiento defectuoso pueden causar un cortocircuito. Para que la protección sea eficaz, debe coincidir con el hecho de que el tiempo de corte de la corriente de cortocircuito en cualquier punto de la instalación no debe ser superior al tiempo necesario para que los conductores alcancen una temperatura aceptable. (32)

Protección contra sobretensiones: Por lo general, la sobretensión es causada por la caída de un rayo, que se produce en la parte superior de la estructura metálica que soporta los paneles. (32)

Dimensionamiento de protecciones

$$I_b \leq I_n \leq I_{adm} \quad (37)$$

Donde:

I_b : Intensidad de diseño del circuito (A)

I_n : Intensidad nominal del interruptor (A)

I_{adm} : Intensidad máxima admisible (A)

Cálculo de sistema de puesta a tierra

Según (33), nos detalla que para el dimensionamiento de sistema puesta tierra se debe calcular los siguientes parámetros:

$$\rho_{terreno} = \frac{R_T * 2 * \pi * L_{elec.}}{\ln\left(\frac{4 * L_{elec.}}{1.36 * D_{elec.}}\right)} \quad (38)$$

Donde:

$\rho_{terreno}$: Resistividad de terreno en (Ω - m)

R_T : Resistencia del electrodo (Ω)

$L_{elec.}$: Longitud del electrodo (m)

$D_{elec.}$: Diámetro de electrodo de cobre (m)

Electrodos conectados en paralelo

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_t} \rightarrow R_T = 2 * R_t \quad (39)$$

Programas de simulaciones de Sistemas FV

Los siguientes programas informáticos están relacionados con el diseño de instalaciones fotovoltaicos.

Software PVSYST

Este software nos permite importar bases de datos climáticas de sitios web especializados. Mediante simulaciones horarias, calcula la eficiencia energética del sistema, teniendo en cuenta una mayor flexibilidad al tener en cuenta los datos climáticos y las cargas instaladas, también permite un análisis económico y financiero detallado del sistema fotovoltaica.

Además, el análisis mensual de la disponibilidad diaria de energía fotovoltaica y demanda de los consumidores y evaluación anual de producción fotovoltaica en instalaciones. (18)

Homer

Es un programa que nos permite diseñar sistemas fotovoltaicos aislados y conectados a red. Además del modelo de ingeniería que realizó, optimiza la instalación y evalúa su valor económico, teniendo en cuenta las diferentes alternativas y la incertidumbre de costes. (18)

Evaluación económica de proyectos de inversión

Se evaluará con los siguientes métodos:

El método del Valor Actual Neto (VAN) Facilita la interpretación de sus resultados. en términos monetarios. Implica reinvertir todas las ganancias anuales y los criterios de decisión que se utilizan para tomar la decisión son los siguientes: si el VAN es mayor a 0, se acepta el trabajo, si es menor, se deniega el proyecto. (34)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

I_0 : Valor de desembolso inicial de la inversión

Q_t : Flujo de caja en cada año t

n : Número de años que se consideran

k : tasa de descuento o tipo de interés

La Tasa Interna de Retorno (TIR), conocida también como Tasa Interna de Rentabilidad, es generalmente es la tasa que hace que el VAN sea cero. (34)

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

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El tipo de investigación que se desarrollará en este proyecto es aplicada.

Diseño investigación: Es un diseño no experimental.

3.2 Variables y operacionalización

Variables

Variable independiente:

- Radiación solar.
- Demanda de energía eléctrica.

Variable dependiente:

- Diseño de sistema de bombeo de agua para el cultivo de palta.
- Diseño de sistema fotovoltaico.

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población:

- Sistemas de bombeo alimentado con energía solar del Departamento de La Libertad.

Muestra:

- Sistema de bombeo de agua a energía solar fotovoltaica en el caserío del cultivo C.P.H.C.

Muestreo:

- Muestreo no probabilístico, Intencional.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1. Técnicas e instrumentos.

Técnica	Instrumento	Validación
Observación	Guía de observación	Por expertos
Análisis documental	Ficha de registro	Por especialistas

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Procedimientos

En esta investigación se planteó los siguientes pasos:

El **primer paso** para llegar a acabo esta investigación se hizo las mediciones del cultivo del predio de tres espinas como distancias de entre surco, y entre plantas. Se determinó la necesidad total del agua para el cultivo de palto aplicando un riego tecnificado por goteo.

El **segundo paso** se realizó las mediciones correspondientes del pozo artesanal existente como la profundidad actual, nivel estático, nivel dinámico, el diámetro del pozo y también las distancias entre el pozo hasta reservorio.

El **tercer paso** después de a ver medido, se realizó el diseño de sistema de bombeo, calculando la altura del reservorio, el tipo de tuberías, diámetro de tubería de descarga, tipo de válvulas y otros accesorios; luego de ello con el cálculo del caudal y la altura dinámica total se seleccionó la bomba.

El **cuarto paso** se realizó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico mediante el análisis de la potencia de la bomba y las horas de operación.

El **quinto paso** se realizó el diseño del sistema solar mediante los datos de irradiación y la demanda energética, se calculó el tipo de paneles solares a usar, el número de paneles en serie y paralelo, el controlador de la bomba, protecciones de la bomba como los interruptores diferenciales entre otras.

El **sexto paso** teniendo el diseño, la selección de componentes y materiales del sistema se procedió a cotizar los elementos del sistema antes mencionado para hacer la evaluación económica.

3.6 Método de análisis de datos

Para poder desarrollar el proyecto el diseño del sistema de bombeo solar cada uno de estos datos promedios serán registrados en el software Excel, para el diseño de bombeo se aplicaron las ecuaciones necesarias para determinación de la altura dinámica total y caudal, mientras para el diseño solar se analiza la irradiación solar utilizando las plataformas digitales que nos demuestra el comportamiento de la irradiación de acuerdo las fechas establecidas y mediante esa base de datos se usó el software Excel para la el cálculo del número de paneles, protecciones de la bomba entre otras. Y por último la evaluación de costos del proyecto.

3.7 Aspectos éticos

En la presente investigación la información proveniente de otros autores esta referenciada por la norma ISO 690, al igual que la información producto de nuestra autoría, cumpliendo con el código de ética recomendado por la Universidad Cesar Vallejo Mediante ello tengo la bondad de desarrollar mis capacidades aprendidas con la finalidad de beneficiar a los agricultores de la población.

IV. RESULTADOS

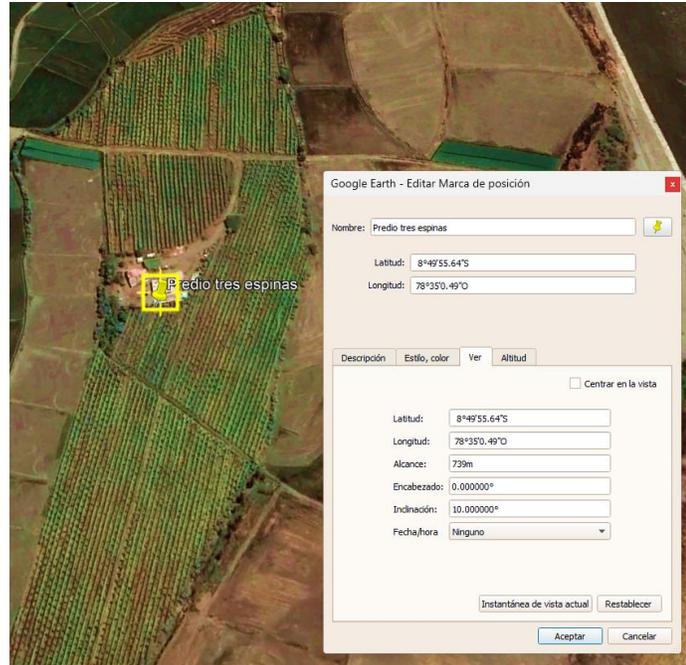
4.1 Resultado del primer objetivo específico:

Determinar el requerimiento de agua por hectárea para el cultivo de palta del Centro Poblado de Huaca Corral, La Libertad.

Datos meteorológicos:

Para determinar la cantidad de agua, se necesita saber la evapotranspiración del cultivo para ello nos apoyaremos la plataforma Predicción de energía Recursos energéticos mundiales con datos de los años del 2000-2021. Usando la referencia de la ubicación del cultivo, el Centro Poblado Huaca Corral, Guadalupito, Provincia de Virú.

Figura 22. Localización del cultivo de palto del Centro Poblado Huaca Corral



Fuente: Google Earth Pro

En la siguiente tabla nos muestra los datos meteorológicos usando la información geográfica del centro poblado.

Tabla 2. Datos meteorológicos de la plataforma Predicción de energía Recursos energéticos mundiales

Mes	Temp. Min °C	Temp. Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas
Enero	19.7	26.2	84	244	5.5
Febrero	21.1	27.7	82	227	5.6
Marzo	20.6	27.6	82	230	4.7
Abril	18.6	25.8	85	257	4.8
Mayo	17.3	23.5	87	297	5.5
Junio	16.6	22.2	88	334	4
Julio	15.8	21.2	88	355	3.8
Agosto	15.3	20.8	88	253	3.4
Setiembre	15.1	20.7	88	341	3.8
Octubre	15.3	21.3	87	299	4.6
Noviembre	16.1	22.8	86	265	5.2
Diciembre	17.8	24.4	85	254	5.6
Promedio	17.4	23.7	86	280	4.7

Fuente: Elaboración Propia

Estos datos se colocaron el Software de CROPWAT 8.0 para el cálculo de la evapotranspiración ET_0 tiendo como resultado el máximo es de 3.93

mm/día y mínimo de 2.26 mm/día y el promedio total es de 3 (Observar Tabla 2). Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 3. ETo con el programa CROPWAT

Mes	ET o mm/día
Enero	3.63
Febrero	3.93
Marzo	3.69
Abril	3.22
Mayo	2.79
Junio	2.32
Julio	2.26
Agosto	2.31
Septiembre	2.53
Octubre	2.84
Noviembre	3.13
Diciembre	3.39

Fuente: Elaboración Propia

- **Necesidades netas por día:**

Una vez obtenido los datos de la evapotranspiración por cada mes, se toma en cuenta para el análisis el mes febrero que tiene un valor máximo de 3.93 mm/día.

Por otro lado, la determinación de las necesidades netas se tiene que tomar en cuenta el coeficiente del cultivo lo cual la guía ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE (Ver **¡Error! No se e**

ncuentra el origen de la referencia.). Se tomó como referencia el máximo valor es $K_c= 0.85$.

Se determino la evapotranspiración del cultivo real ET_C aplicando la ecuación (1), teniendo como resultado: el agua requerida por mes es de 3.34 mm/día es decir $33.40 \frac{m^3}{ha \cdot día}$. Observar la **Tabla 4**.

Tabla 4. Evapotranspiración del cultivo real

Mes	ET_o mm/día	K_c	ET_c mm/día
Enero	3.63	0.85	3.09
Febrero	3.93	0.85	3.34
Marzo	3.69	0.85	3.14
Abril	3.22	0.85	2.74
Mayo	2.79	0.85	2.37
Junio	2.32	0.85	1.97
Julio	2.26	0.85	1.92
Agosto	2.31	0.85	1.96
Septiembre	2.53	0.85	2.15
Octubre	2.84	0.85	2.41
Noviembre	3.13	0.85	2.66
Diciembre	3.39	0.85	2.88
Promedio	3	0.85	2.55
		Vol. Max.	3.34 mm/día

Fuente: Elaboración Propia

- **Necesidades totales**

Para determinación de las necesidades totales, se necesita la eficiencia de aplicación en este caso el sistema de riego será por goteo teniendo 90%. Aplicando la ecuación (2), obteniendo como resultado las necesidades totales de $37.11 \frac{m^3}{ha \cdot día}$.

- **Necesidad neta diaria por planta**

El cultivo de palto tiene como características de plantación:

La distancia entre surco es de 3 metros y de entre planta tiene 4 metros. Para determinación necesidad neta diaria por planta, sabiendo que área de plantación de $12.00 m^2$ y las necesidades totales. Se aplico la ecuación (3), obteniendo como resultado las el requerimiento de agua por planta de $44.54 \frac{litros}{árbol \cdot día}$.

Figura 23. Distancia entre surco, y distancia entre planta.



Fuente: Elaboración Propia

- **Dosis neta de riego**

Para este caso se realizó una entrevista con especialistas para el tipo de suelo ver ANEXO (2). Como el suelo es de tipo franco arenoso la capacidad de campo es de 0.31, el punto de marchitamiento es 0.15, la profundidad de la raíz del aguacate es de 1 metro y la fracción de abastecimiento de agua es de 0.3. La eficiencia de aplicación de riego es del 90% (goteo). Aplicando la ecuación (4), la dosis de riego neto es D_n es 48mm.

- **Dosis Total de riego**

Para determinación de la dosis Total de riego, se necesita la eficiencia de aplicación en este caso el sistema de riego será por goteo teniendo 90%. Aplicando la ecuación (5), obteniendo D_t de 53.33mm.

- **La frecuencia de riego**

Obteniendo la dosis total de riego y la necesidad total se aplicó la ecuación (6). Entonces la frecuencia de riego es $Fr = 14.35 \text{ días} \cong \text{cada } 14 \text{ días}$.

- **Caudal**

Para el Caudal necesario de agua, se toma la cantidad de hectáreas del cultivo de palto son 1 ha, 1 hora a regar por día, dosis total de 53.33mm y la frecuencia de riego de 13 días. Aplicando la ecuación (7), el caudal es de $37.12 \frac{m^3}{h} \cong 0.01031 \frac{m^3}{s}$.

4.2 Resultado del segundo objetivo específico:

Registro de datos existentes del pozo de agua e irradiación solar del sector Huaca Corral:

Determinación de las características híbridas del pozo existente

En la inspección técnica realizada al pozo se obtuvo los siguientes resultados: el diámetro del pozo, el nivel estático y dinámico.

Tabla 5. Características del pozo.

CARACTERÍSTICAS DEL POZO		
DESCRIPCIÓN	LONGITUD	UNIDAD
Diámetro interior	1.95	Metros
Diámetro exterior	2.15	Metros
Profundidad	7.96	Metros
Nivel Estático	2.61	Metros
Nivel Dinámico	4.00	Metros

Fuente: Elaboración Propia

Determinar la irradiación solar

Angulo Optimo de inclinación

Para determinar el diseño del sistema solar calcularemos el Angulo óptimo de inclinación utilizando la ecuación (25), que involucra la latitud de la zona de estudio. El predio tres espigas está ubicado en el centro poblado Huaca Corral, sus coordenadas son: latitud ($-8, 50^{\circ}$) y longitud ($-78, 58^{\circ}$), por lo que quedaría en la siguiente manera:

$$\beta = 3,7 + 0,69 * 8.50^\circ = 9.60^\circ \quad (25)$$

El Angulo óptimo de inclinación se redondea a 10° debido a que la estructura fija es fabricada a función de ángulos enteros.

Datos de irradiación

En función del ángulo óptimo se realiza la búsqueda en la base de datos de la plataforma PVGIS con los 10° de ángulo de inclinación anteriormente calculados, se determina la irradiación aplicada al Centro Poblado Huaca Corral durante el periodo del 2017-2020.

Figura 24. Obtención de la irradiación

CONECTADO A RED

FV CON SEGUIMIENTO

FV AUTÓNOMO

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

DATOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN

Base de datos de radiación solar* PVGIS-ERA5

Año inicial:* 2017 Año final:* 2020

Irradiación:

- Irradiación global horizontal
- Irradiación directa normal
- Irradiación global con el ángulo óptimo
- Irradiación global con el ángulo: 10

Ratio:

- Ratio difusa/global

Temperatura:

- Temperatura media

Fuente: PVGIS

Tabla 6. Irradiación de la zona de Huaca Corral

IRRADIACIÓN (kWh/m^2)						
MES/AÑO	2017	2018	2019	2020	2021	PROMEDIO
Enero	202.91	184.59	193.29	191.14	194.84	193.35
Febrero	180.69	180.25	184.30	179.59	186.54	182.27
Marzo	202.13	182.99	183.92	200.13	205.82	195.00
Abril	186.58	196.96	183.07	192.77	195.12	190.90
Mayo	182.77	185.27	170.16	187.81	185.08	182.22
Junio	164.90	170.96	162.29	173.37	168.18	167.94
Julio	180.50	168.87	169.12	172.81	172.69	172.80
Agosto	186.82	183.98	179.02	185.00	186.11	184.19
Setiembre	186.31	179.83	187.64	183.05	185.48	184.46
Octubre	199.61	192.25	196.00	200.43	193.14	196.29
Noviembre	201.09	190.09	194.16	188.00	196.60	193.99
Diciembre	196.88	192.55	203.80	189.57	181.82	192.92
ANUAL	2271.19	2208.59	2206.77	2243.67	2251.42	2236.33

Fuente: Elaboración Propia

Durante el periodo del 2017-2020 se determinó un promedio de irradiación de cada mes para establecer el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, sobre las condiciones no favorables por la cual se elige la irradiación promedio con las condiciones más bajas. Durante los últimos 5 años la irradiación menos generada es el mes de junio con 167.94 kWh/m^2 , y la más alta es en el mes de octubre de 196.3 kWh/m^2 .

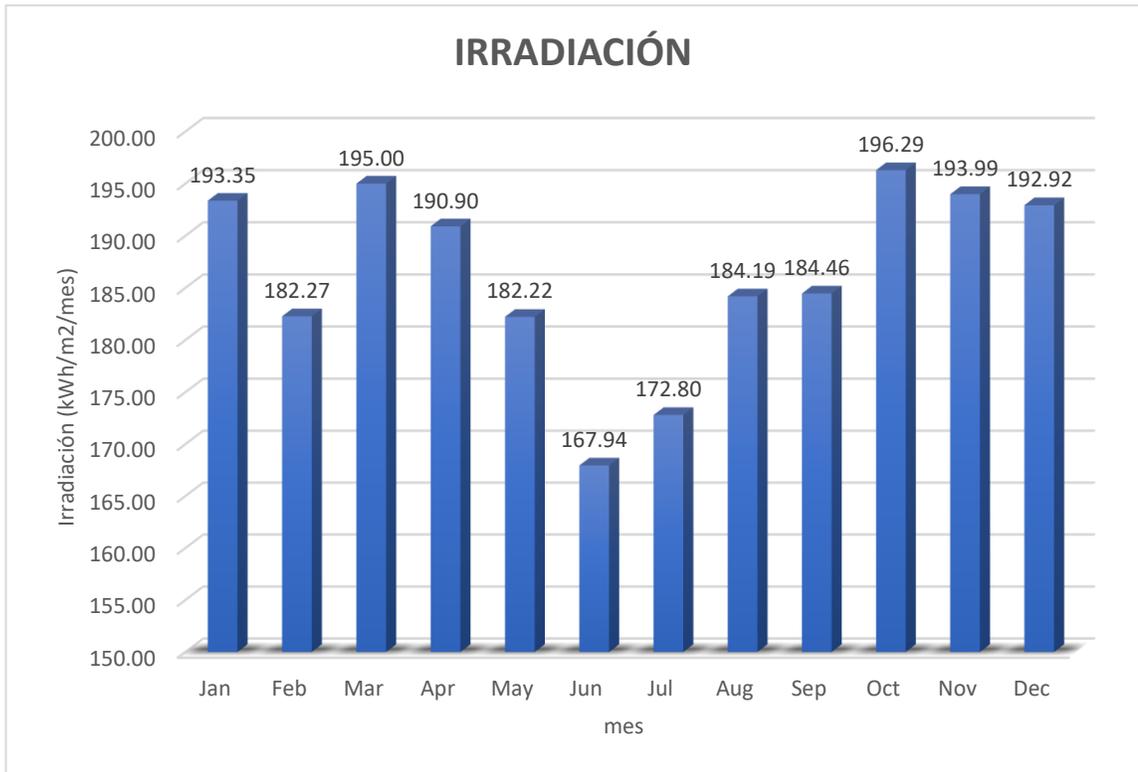


Figura 25. Irradiación en la zona de Huaca Corral.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Resultado del tercer objetivo específico:

Diseño del sistema de bombeo

Determinación del volumen de agua

En el Predio Tres Espinas tienen como área de 5 Hectáreas de palto. Mediante la ecuación (6), la frecuencia de riego será cada 14 días regando por una hectárea diariamente. Para ello se planteó, el riego será programado para abastecer todo el cultivo de palto considerando 2 tanques de reservorio, uno de 25,000 litros y el otro de 15,000 litros para satisfacer las necesidades totales del cultivo aplicado el riego por goteo es decir cubrir los 37,000 litros de agua por hectárea que requiere el cultivo de palto.

Caudales

En el siguiente cuadro se muestra los siguientes caudales de operación que se va realizar para el almacenamiento de agua y para el riego del cultivo. Observar la Tabla 7. Caudales de operación.

Tabla 7. Caudales de operación

Caudales			
Inicio	Caudal	Tiempo	Final
Reservorio	$37.11 \frac{m^3}{h}$; $0.01031 \frac{m^3}{s}$	1 hora	Cultivo
Pozo	$18.02 \frac{m^3}{h}$; $0.0050 \frac{m^3}{s}$	2 horas	Reservorio

Fuente: Elaboración Propia

Reservorio

Altura de reservorio

Para la determinación de la altura considero una velocidad recomendada (11 pág. 164) de 4.50 m/s. Aplicando mediante la ecuación (9):

$$H_R = 1.03m$$

Obteniendo una altura de reservorio de 1.03 metros.

Diámetro de tubería desde el reservorio

Para el diámetro de tubería se tomó en cuenta el caudal de $0.01031 \frac{m^3}{s}$ y la velocidad de 4.50 m/s. Aplicando la ecuación (8)

$$D_r = 0.0489m$$

El diámetro de la tubería desde del reservorio a el cultivo es de 2 pulgadas.

Calculo para carga dinámica total

Diámetro para línea de descarga

Según tablas el rango de velocidades recomendados (11 pág. 164), la línea de descarga es de 2 a 5.50 m/s. se consideró una velocidad de descarga de 2.90 m/s.

Aplicando la ecuación (8):

$$Q = A * V$$

$$D_d = 0.0469m.$$

El diámetro para la línea de descarga es de 2 pulgadas.

Pérdidas menores en la línea de descarga:

Perdidas por accesorios: Los accesorios a utilizar en la línea de descarga son los codos de 90°, las válvulas de globo, Te estándar, válvula Check y la válvula pie tipo bisagra como se observa en la **Tabla 8**. Los valores de longitud equivalente en diámetros de tuberías (Le/D) y el factor de fricción para tubería de 2” se tomaron del libro “Mecánica de Fluidos” (11 pág. 297). El factor de fricción es de 0.019.

Tabla 8. Perdidas menores

Cantidad	Accesorios	Le/D
5.00	Codos de 90°	30
3.00	Válvula Globo	340
1.00	Te estándar	20
1.00	Válvula Check	50
1.00	Válvula de pie- tipo bisagra	75

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10):

$$H_m = f_d * \left(\frac{Le}{D}\right) * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

$$H_m = 0.019 * (30 * 5 + 3 * 340 + 20 + 50 + 75) * \left(\frac{(2.90 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}}\right)$$

$$H_m = 10.721 m$$

Perdidas por fricción:

Se calculará el número de Reynolds:

Con los datos del diámetro de tubería de 2" y velocidad de es $2.90 \frac{m}{s}$ y la viscosidad cinemática de $1.75 * 10^{-6}$. Se aplico la ecuación (11):

$$N_R = \frac{0.0508 m * 2.90 \frac{m}{s}}{1.75 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 84,183$$

Como el resultado supero los 4000 se considera de zona turbulenta, a continuación, hallamos la rugosidad relativa, la rugosidad para tubos comerciales es de $1.5 * 10^{-6}m$.

$$\epsilon = \frac{0.0508 m}{1.5 * 10^{-6}m}$$

$$\epsilon = 33,867$$

Entonces la rugosidad relativa es de 33,867 y el número de Reynolds aplicamos la ecuación para hallar el coeficiente de fricción. Se aplico la ecuación (13).

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 * (33,867)} + \frac{5.74}{78,377^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.01896$$

$$H_f = 0.01896 * \left(\frac{16m}{0.0508m} \right) * \left(\frac{(2.90 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.8 m/s^2} \right)$$

$$H_f = 2.53m$$

Entonces para determinación de la altura dinámica total, aplicando la ecuación (14):

$$HDT = 2.53m + 10.721m + 4m + 5m$$

$$HDT = 22.25m$$

Potencia Teórica

Aplicando la ecuación (15):

$$P_T = (\rho * g * HDT) * Q \quad (15)$$

$$P_T = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 22.25m \right) * 0.00501 \frac{m^3}{s}$$

$$P_H = 1,091 W = 1.5 HP$$

Selección de bomba

Una vez obtenido los resultados de la altura dinámica de 22.25 metros y con el caudal de $18.03 \frac{m^3}{h}$ se procedió a seleccionar, se eligió la bomba sumergible modelo 4SR75G/30 de 2.2kW-3 HP, con una altura dinámica total de 22.5 metros con una conexión de descarga de 2".

La marca de la bomba sumergible es Pedrollo, tiene una garantía de 10 años de vida útil con eficiencia de 50%.

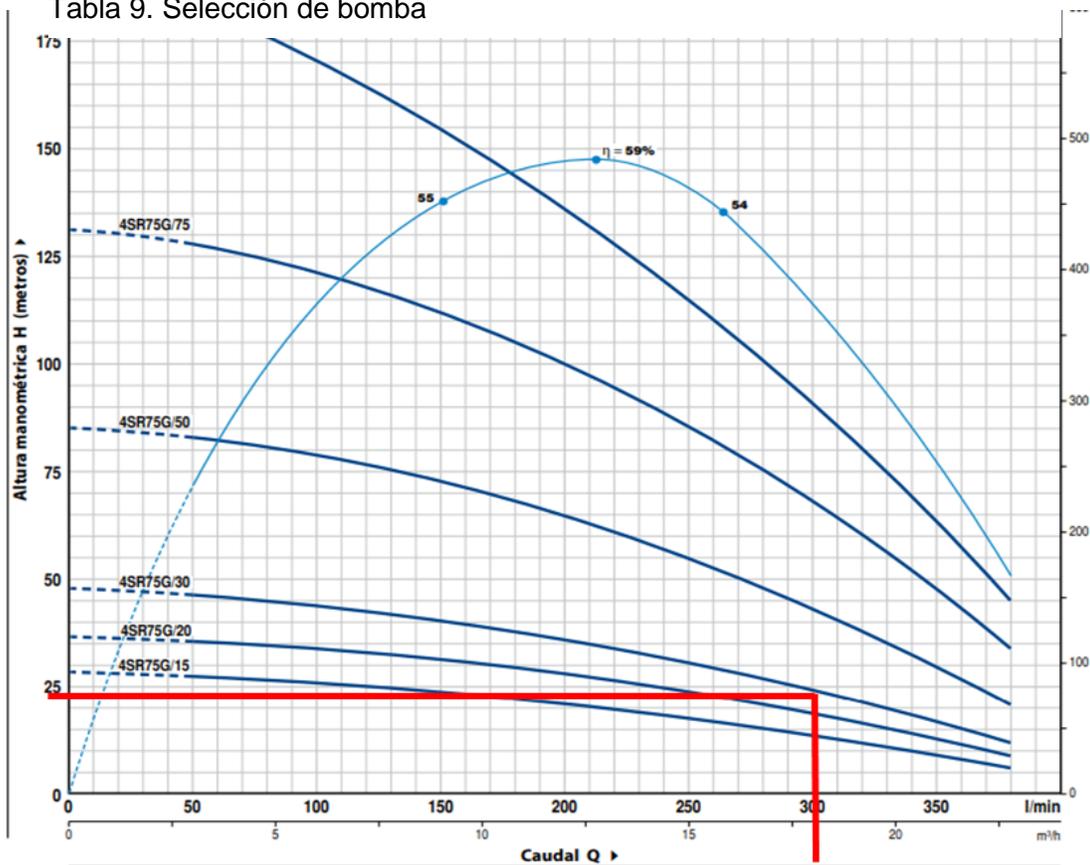
Potencia de la bomba

Como la potencia teórica es de 1,091W y la eficiencia de la bomba sumergible es de 50%. Aplicando la ecuación (16), la potencia de la bomba es de:

$$P_H = 2182W$$

La potencia de la bomba sumergible es de 2.19W aproximadamente es decir 3 HP.

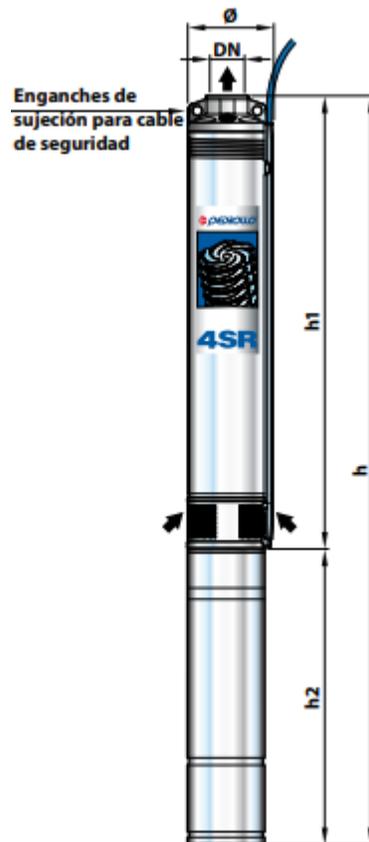
Tabla 9. Selección de bomba



MODELO		POTENCIA		Q	H metros									
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8	
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5	0	28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6	
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2	30	36	36	34	32	28	23	18	12.5	9	
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3	60	47	46	44	40	35	30	22.5	17	12	
-	4SR75G/50	3.7	5	90	85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21	
-	4SR75G/75	5.5	7.5	120	130	127	122	113	102	85	66	46	34	
-	4SR75G/100	7.5	10	150	192	185	173	156	135	112	87	61	46	

Fuente: Catalogo general de bombas Pedrollo

Figura 26. Bomba sumergible Pedrollo Modelo 4SR75G/30



Fuente: Catalogo general de bombas Pedrollo

4.4 Resultado del cuarto objetivo específico:

Diseño del sistema solar

Horas Sol Pico (HPS)

Para determinación de las Horas Sol Pico, mediante la

Tabla 6 se utilizará la irradiación menor de todos los meses, el mes de junio tiene una irradiación de $167.94 \frac{kWh}{m^2 * mes}$; y con la fórmula de la ecuación (17), se obtuvo lo siguiente:

$$HSP_{\beta} = \frac{G_{\beta}}{I_{\beta}} \quad (17)$$

$$HSP = \frac{167.94 \frac{kWh}{m^2 * mes}}{1000 \frac{W}{m^2}} = 167.94 \frac{h}{mes}$$

$$HSP = 167.94 \frac{h}{mes} * \frac{1}{30días} = 5.60 \frac{h}{día}$$

Entonces la hora sol pico del peor mes es de 5.60 h/día.

Tabla 10. Cuadro resumen de Horas Sol Pico

	MES		
	MEJOR	MEDIA	PEOR
Irradiación (kWh/m^2)	196.3	186.4	167.9
HSP(h/mes)	6.54	6.21	5.60

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Del Consumo

Para el consumo energético se tomará la potencia de la bomba sumergible de 2.2kw y las horas de funcionamiento asociado a las horas

solar pico del peor mes 5.6 horas/día. aplicando la ecuación (23), se obtiene:

$$E_T = E_{CA} + E_{CC} \quad (26)$$

$$E_{Total} = 2.2kW * \frac{5.6h}{dia}$$

$$E_{Total} = 12.32 \frac{kWh}{dia}$$

Potencia del generador FV

Esta potencia va aplicada en la relación de la demanda de energía y las horas solar pico ya que es necesario abastecer las necesidades energéticas durante las horas disponibles. La demanda energética es de 12.32kWh/día y las horas sol pico es de 5.60 h/día.

Aplicando la ecuación (24), se obtiene:

$$P_{G-FV} = \frac{E_{Total}}{HSP}$$

$$P_{G-FV} = \frac{12.32 \frac{kWh}{día}}{5.60 \frac{h}{día}} = 2.2kW$$

Calculo por calentamiento de temperatura de los paneles

Primero se obtuvo las temperaturas mínimas y máxima mediante datos meteorológicos de la Tabla 2, obteniendo la temperatura máxima en el

mes de febrero con 27.7°C y la mínima en el mes de septiembre con 15.1°C.

Para hallar **la temperatura de la celda**, tendremos en cuenta a la temperatura de ambiente de 27.7°C, la irradiación mínima de $167.94 \frac{W}{m^2}$ y la *TNOCT* en la ficha técnica del panel fotovoltaico de 45°C. Aplicando la ecuación (18).

$$T_c = 27.7^\circ C + \frac{167.94 \frac{W}{m^2}}{800 \frac{W}{m^2}} * (45 - 20)^\circ C$$

Entonces la temperatura de la celda es de 32.95°C.

La **variación de potencia máxima** se considera la temperatura de celda y el coeficiente de temperatura de potencia máxima que es de -0.35%. Observar **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la ficha técnica del panel solar, aplicando la ecuación (19) se obtiene lo siguiente:

$$P_{var. Potencia} = (32.95 - 25)^\circ C * \left(-0.35 \frac{\%}{^\circ C}\right)$$

El resultado de la variación de la potencia es de -2.783%.

La **variación del voltaje en circuito abierto** se considera la temperatura mínima del Centro Poblado Huaca Corral de 15.10°C y el coeficiente de temperatura de V_{oc} (-0.275%). Observar **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la ficha técnica del panel solar, aplicando la ecuación (21) se obtiene lo siguiente:

$$V_{var. voc} = (15.10 - 25)^\circ C * \left(-0.275 \frac{\%}{^\circ C}\right)$$

El resultado de la variación del voltaje V_{oc} es de 2.72%.

La **variación de la corriente de cortocircuito** se considera la temperatura de la celda de 32.95° y el coeficiente de temperatura de I_{sc} que es de -0.275%. Observar **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la ficha técnica del panel solar, aplicando la ecuación (20) se obtiene lo siguiente:

$$I_{var\ sc} = (32.95 - 25)^{\circ}C * \left(0.045 \frac{\%}{^{\circ}C}\right)$$

El resultado de la variación de la corriente I_{sc} es de 0.36%.

Selección de Paneles Solares

Se selecciono un panel fotovoltaico el módulo monocristalino de la marca JA solar JAM54S31 – 405 MR, con una potencia nominal de 405W. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 27. Panel Solar

FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO	
Pmax	405W
Vpm	31.21V
Ipm	12.98A
Voc	37.23V
Isc	13.87A
TNOCT	45°C
Coef. Temp. Pmax	-0.35%
Coef. Temp. Voc	-0.275%
Coef. Temp. Isc	0.045%

Fuente: Ficha técnica del módulo JA solar JAM54S31

Para la **determinación de potencia máxima corregida**, una vez obtenido la variación de potencia máxima en la ecuación (19) anteriormente calculado, la cual se obtuvo -2.783%. Aplicando la ecuación (22).

$$P_{PMP\ correg.} = 405W * (1 + (-0.0293))$$

El resultado de la potencia máxima corregida es de **393.73W**.

Para la **determinación del voltaje máxima corregida** una vez obtenido la variación de voltaje en circuito abierto en la ecuación (21) anteriormente calculado, la cual se obtuvo 2.72%. Aplicando la ecuación (24).

$$V_{oc\ corregido} = 37.23V * (1 + (0.0272))$$

El resultado del voltaje corregido V_{oc} es de **38.24V**.

Para la **determinación de la corriente máxima corregida** una vez obtenido la variación de corriente cortocircuito en la ecuación (20) anteriormente calculado, la cual se obtuvo 0.36%. Aplicando la ecuación (23).

$$I_{SC\ corregida} = 13.87 * (1 + (0.0036))$$

El resultado de la corriente corregida I_{sc} es de **13.92A**.

Determinación de cantidad de paneles

Para la **cantidad de paneles en serie** se considera el voltaje nominal bomba sumergible y el voltaje del panel fotovoltaico. Aplicando la ecuación (28):

$$N^{\circ} p. serie = \frac{220V}{31.21} = 7.1$$

Dando un resultado de 7.1, lo cual lo aproximaremos al número superior entero entonces se necesitará 8 paneles solares para la conexión en serie.

Entonces **la cantidad de paneles a formar en paralelo** se considera la potencia del generador fotovoltaico es de 2200W, cantidad de paneles solares en serie y la potencia máxima corregida de 393.73W. Aplicando la ecuación (29):

$$N^{\circ} paneles_{paralelo} = \frac{2200W}{8 * 393.73W} = 0.7$$

Dando un resultado de 0.7, lo cual se aproxima al número superior entero entonces será una formación en paralelo. Por lo tanto, mi sistema será formado por una fila de 8 paneles.

Área de ocupación del panel

Actualmente la disponibilidad del lugar para la instalación de los paneles solares es de un área de 30m² por lo tanto se termina **el área de la ocupación del panel** en función a las medidas dadas de largo de 1722mm y ancho 1134mm en la ficha técnica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), Aplicando la ecuación (30):

$$A_{panel} = Largo * Ancho * N_{paneles\ totales}$$

$$A_{panel} = 15.62m^2$$

Dando un resultado una ocupación de área de 15.62m².

Dimensionamiento del Regulador

El dimensionamiento del regulador está en función a la corriente máxima del generador fotovoltaico y el factor de seguridad del 125%, aplicando la ecuación (31), se obtiene lo siguiente:

$$I_R = f \cdot s * I_{max.G}$$

$$I_R = 1.25 * 13.92A = 17.5A$$

Lo cual se seleccionó un regulador de carga solar de 220VDC que soporta hasta una corriente de 80A modelo MPPT-SS19280.

Sistema de almacenamiento de energía

Para ello, se seleccionó una batería de Litio LUNA2000-5-S0 de la marca Huawei con un voltaje nominal de 48V, la capacidad de 100 Ah y la profundidad de descarga tiene que ser menor del 80%.

Como primera instancia se calcula la **capacidad de energía** que nos puede entregar la batería, para ello, se necesita la demanda de energía de 12.32kW, los 2 días de autonomía, profundidad de descarga de 0.6 y la tensión de 220V. Aplicando la ecuación (32), se obtiene:

$$Capacidad (Ah) = \frac{12.32kW * 2}{220V * 0.6} = 144.08Ah$$

Para determinación de **cantidad de baterías en serie** se considera la tensión de la batería seleccionada y la tensión del sistema. Aplicando la ecuación (33), se obtiene:

$$N^{\circ} Baterias_{serie} = \frac{220V}{48V} = 4.58$$

Dando un resultado de 4.58, lo cual lo aproximaremos al número superior entero entonces se necesitará 5 baterías para la conexión en serie.

Para determinación de **cantidad de baterías en paralelo** está relacionada la capacidad de la batería calculada con la capacidad de la batería seleccionada. Aplicando la ecuación (34), se obtiene:

$$N^{\circ} \text{ Baterias}_{\text{paralelo}} = \frac{144.08Ah}{100Ah} = 1.44$$

Dando un resultado de 1.44, lo cual lo aproximaremos al número superior entero entonces se necesitará 2 baterías para la conexión en paralelo. Entonces el banco de baterías será formado por 2 filas de 5 baterías es decir el total de baterías es de 10.

Determinación de la sección del cable.

Tramo N°1: Generador – Regulador

Para el **Tramo N°1**, la distancia desde generador hasta el inversor está a 25 metros, la corriente corregida (13.92A) y el voltaje en máxima potencia (31.21V) por la cantidad de números paneles en serie (8), la resistividad del conductor del cobre de $0,022\Omega mm^2/m$ y la caída de tensión del 3%. Aplicando la ecuación (36), se obtiene:

$$S = \frac{2 * 0,022\Omega mm^2/m * 25m * 13.92A}{3\% * 250V} = 2.4mm^2$$

Dando un resultado sección de $2.4mm^2$, se seleccionó un conductor de sección solar de 14 AWG. Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Tramo N°2: Regulador – Batería

Para el **Tramo N°2**, la distancia desde el regulador de carga hasta las baterías está a 12 metros, la corriente del regulador (17.40A) y el voltaje del banco de baterías(220V), la resistividad del conductor del cobre de

$0,022\Omega mm^2/m$ y la caída de tensión del 1%. Aplicando la ecuación (36), se obtiene:

$$S = \frac{2 * 0,022\Omega mm^2/m * 12m * 17.40A}{1\% * 220V} = 4.10mm^2$$

Dando un resultado sección de $4.10mm^2$, se seleccionó un conductor de sección de 10 AWG.

Tramo N°3: Regular - Inversor

Para el **Tramo N°3**, la distancia desde el regulador hasta el inversor está a 10 metros, la corriente del inversor (14.00A) y el voltaje (220V), la resistividad del conductor del cobre de $0,022\Omega mm^2/m$ y la caída de tensión del 1%. Aplicando la ecuación (36), se obtiene:

$$S = \frac{2 * 0,022\Omega mm^2/m * 10m * 14.00A}{1\% * 220V} = 2.80mm^2$$

Dando un resultado sección de $2.80mm^2$, se seleccionó un conductor de sección de 12 AWG.

Tramo N°4: Inversor - Bomba

Para el **Tramo N°4**, la distancia desde inversor hasta la bomba sumergible está a 20 metros, la corriente de la bomba (14.90A) y el voltaje de operación (220V), la resistividad del conductor del cobre de $0,022\Omega mm^2/m$ y la caída de tensión del 3%. Aplicando la ecuación (36), se obtiene:

$$S = \frac{2 * 0,022\Omega mm^2/m * 20m * 14.90A}{3\% * 220V} = 1.99mm^2$$

Dando un resultado sección de $1.99mm^2$, se seleccionó un conductor de sección comercial INDECO de 14 AWG ya que es la adecuada para

soportar la capacidad de corriente nominal de la bomba sumergible. Ver
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 11. Cuadro resumen de la sección del cable

COMPONENTE 1		Longitud (m)	Máx. caída de tensión admisible	I (A)	V	S (mm²)	AWG
Panel	Regulador	25	3.0%	13.92	250	2.04	14
Regulador	Batería	12	1.0%	17.40	220	4.18	10
Regulador	Inversor	10	1.0%	14.00	220	2.80	12
Inversor	Bomba	20	3.0%	14.90	220	1.99	14

Fuente: Elaboración Propia

Selección del inversor

Mediante la fórmula de la ecuación (35), considerando un $f_s=0.85$ se obtiene lo siguiente:

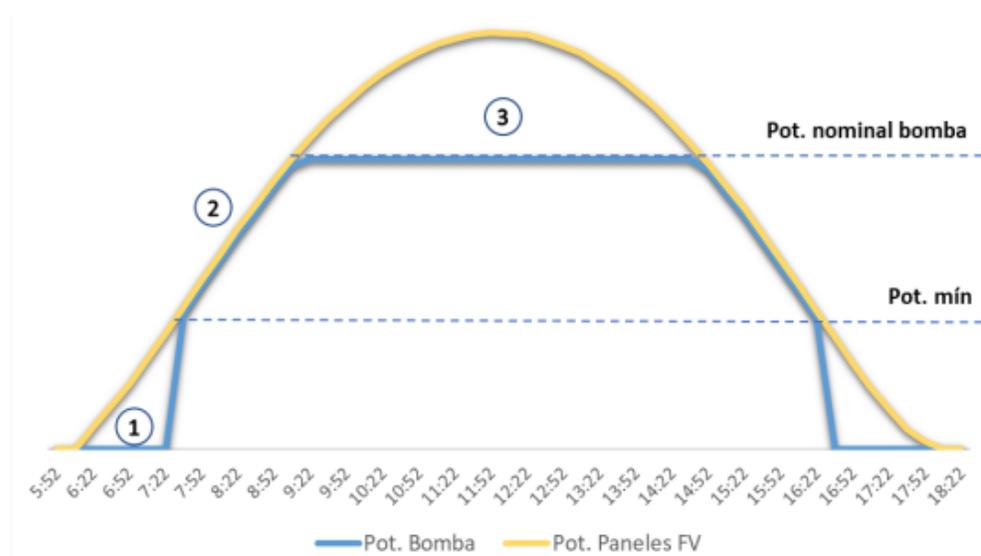
$$P_{inversor} = 1.10 * 2.2k * 0.85 = 2.057$$

Lo cual se seleccionó un inversor de bomba se 2.2kW de la marca QUADRO este inversor opera desde 120-420 VDC y convierte a corriente alterna de 220V. (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)

Condiciones de operación de sistema de bombeo solar

Es necesario entender las condiciones de operación de sistema de bombeo en relación a la irradiación que va generando durante el día por lo que es necesario entender que la bomba necesita la potencia mínima (arranque) para iniciar su operación de tal manera que en la siguiente se brinda el detalle:

Figura 28. Condiciones de operación



Como se puede observar en la figura:

1: A inicio de las horas del día la irradiación es muy baja por lo que no es suficiente para el generar una corriente de arranque y el posterior encendido de la bomba.

2: Conforme las horas del día avanza la irradiación aumenta tal que la bomba llega a superar la potencia necesaria para iniciar su funcionamiento hasta llegar a su potencia nominal.

3: La irradiación es adecuada para que la bomba funcione a su potencia nominal.

4: Al cumplir sus horas de operación conforme el día va anochecer también la irradiación disminuye la potencia de la bomba hasta punto en llegar a apagarse.

Dispositivos de protección

Para los **dispositivos de protección**, se usará en la caja de protección el fusible para ello se trabajará con la corriente corregida del sistema fotovoltaico (13.92A). Obteniéndose la corriente de admisible con el 125% de la corriente corregida, entonces la corriente de diseño es de 17.40A

$$I_b \leq I_n \leq I_{adm}$$

$$13.92A \leq I_n \leq 17.40A$$

Seleccionando el fusible de calibre 16A mediante la tabla de fusibles e interruptores comerciales.

En la bomba sumergible se seleccionará el interruptor diferencial para la protección del equipo contra posibles sobre tensión, se determinará en función a la corriente nominal (14.9A), obteniéndose la corriente de

admisible con el 125% de la corriente nominal, entonces la corriente de diseño es de 18.63A. Aplicando la ecuación (34).

$$I_b \leq I_n \leq I_{adm}$$

$$14.90A \leq I_n \leq 18.63A$$

Seleccionando el interruptor termogénico de calibre 16A mediante la tabla de fusibles e interruptores comerciales.

Cálculo de sistema de puesta a tierra

El predio tres espinas se tendrá en cuenta a los equipos de sistema bombeo solar que se van a instalar como el regulador, los paneles solares, inversor entre otros. El tipo de terreno de predio tres espinas es franco arenoso.

La Norma Técnica Peruana menciona que la resistencia a tierra no debe exceder los 5Ω. El diámetro nominal del electrodo de varilla de cobre no debe ser menor de 12 mm y la longitud no menor de 2 m, según NTP.

Parámetros del cálculo de puesta a tierra:

- Resistencia SPT: 5 Ω
- Longitud del electrodo de varilla de cobre: 2.10 m
- Profundidad del pozo a tierra: 2.15 m
- Resistividad del terreno: 100 Ω – m
- Diámetro del electrodo: 12 mm

Como se necesitarán 2 electrodos conectados en paralelo y como la resistencia a tierra es de 5 Ω. Mediante la aplicación de la ecuación (39), se obtiene lo siguiente:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_t} \rightarrow R_T = 2 * R_t$$

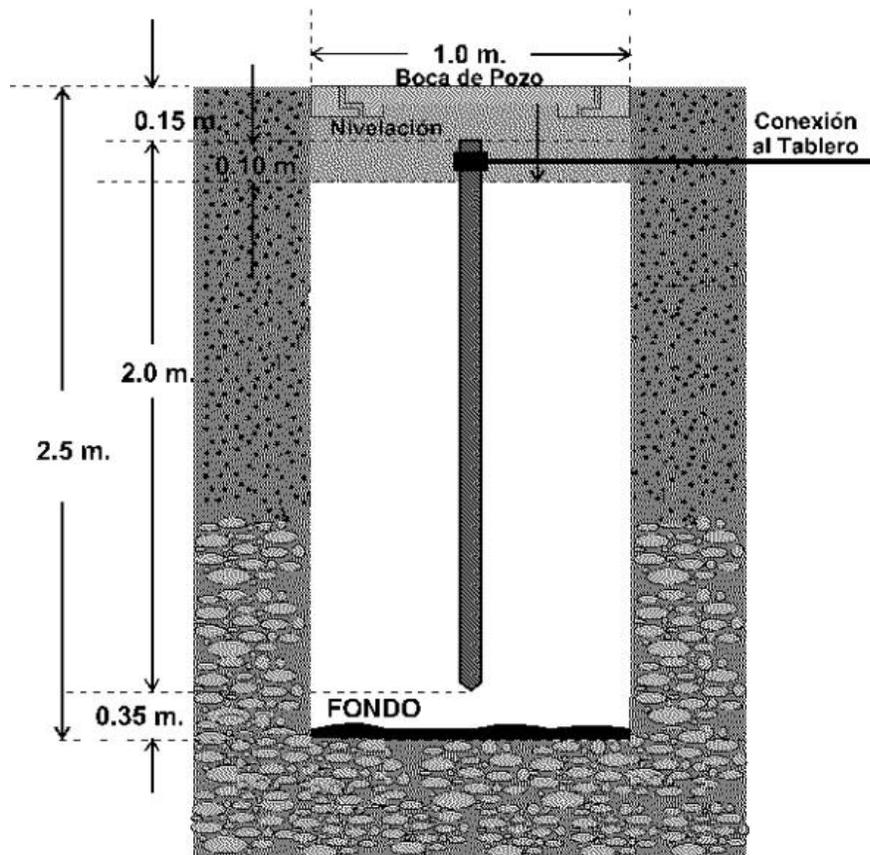
$$R_T = 2 * 5 \Omega = 10 \Omega$$

Mediante la aplicación de la ecuación (38), se obtiene lo siguiente:

$$\rho_{\text{terreno}} = \frac{10\Omega * 2 * 3.14 * 2.10\text{m}}{\text{Ln}\left(\frac{4 * 2.10\text{m}}{1.36 * 0.012\text{m}}\right)} = 21.122 \Omega - \text{m}$$

La cantidad de pozos a tierra son 5: para los paneles solares, el regulador, inversor, las baterías y las protecciones.

Figura 29. Electrodo de varilla de cobre



Fuente: NORMA TÉCNICA PERUANA

Simulación del software PVSYST

Se presenta la siguiente simulación en el software **PVSYST**, para el análisis del desempeño de cada uno de los componentes seleccionados anteriormente, con la finalidad de evidenciar que el sistema sea óptimo para satisfacer la demanda energética durante un año. Se introdujo la información de las necesidades como el agua de abastecimiento por día, la profundidad de pozo, los niveles estáticos, dinámicos entre otros para el análisis en el software de la pestaña de “Circuito hidráulico de bombeo”.

Posteriormente se realiza en la pestaña de “Definición de bomba”, se seleccionó en el software **PVSYST** la bomba sumergible de marca Pedrollo modelo 4SR75Gm/30 con la presión dada en nuestros cálculos anteriormente con 22.5 metros y el caudal de $18.00 \frac{m^3}{s}$, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 30. Bomba sumergible Pedrollo.

Bomba	
Fabricante	Pedrollo
Modelo	4SR75Gm/30
Tecnología de bomba	Centrífuga de varias etapas Bomba sumergida (pozo)
Motor	Motor de CA asíncrono, monofásico
Convertidor asociado o integrado	
Tipo	MPPT
Rango de voltaje	120 - 450 V
Condiciones de operación	

	Presión mín.	Presión nom.	Presión máx.	
	4.2	22.5	48.0	m
Caudal corresp.	22.00	18.01	7.12	m ³ /h
Potencia req.	524	2208	2512	W

Fuente: Software PVSYST

Luego, se seleccionó el módulo fotovoltaico de marca JA Solar de 405W, genero un resultado de una fila de 8 paneles en serie dando una potencia FV total de 3kW, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 31. Módulo FV

Módulo FV	
Fabricante	JA Solar
Modelo	JAM72-S10-405-PR
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	405 Wp
Número de módulos FV	8 unidades
Nominal (STC)	3240 Wp
Módulos	1 Cadena x 8 En series
En cond. de funcionam. (50°C)	
Pmpp	2956 Wp
U mpp	300 V
I mpp	9.8 A
Potencia FV total	
Nominal (STC)	3 kWp
Total	8 módulos

Fuente: Software PVSYST

Por otro lado, en la pestaña de “Almacenamiento” en el software **PVSYST** se seleccionó la batería modelo Luna2000-5-SO de 48V 100Ah de la Marca Huawei, generando un resultado de 2 en paralelo y 5 serie. Como se pueda observar en la siguiente Figura 33 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 32. Batería seleccionada

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por voltaje capacidad fabricante

Huawei 48 V 100 Ah Li LFP Luna2000-5-SO, with ir Desde 2023

Lithium-ion

Fuente: Software PVSYST

Figura 33. Banco de baterías

Batería	
Fabricante	Generic
Modelo	Luna2000-5-SO, with inverter 2.5 kW
Tecnología	Lithium-ion, LFP
Núm. de unidades	2 en paralelo x 5 en series
Descarga mín. SOC	10.0 %
Energía almacenada	43.2 kWh
Características del paquete de baterías	
Voltaje	240 V
Capacidad nominal	200 Ah (C10)
Temperatura	Fijo 20 °C
Control de gestión de la batería	
Comandos de umbral como	Cálculo SOC
Cargando	SOC = 0.96 / 0.80
Descarga	SOC = 0.10 / 0.35

Fuente: Software PVSYST

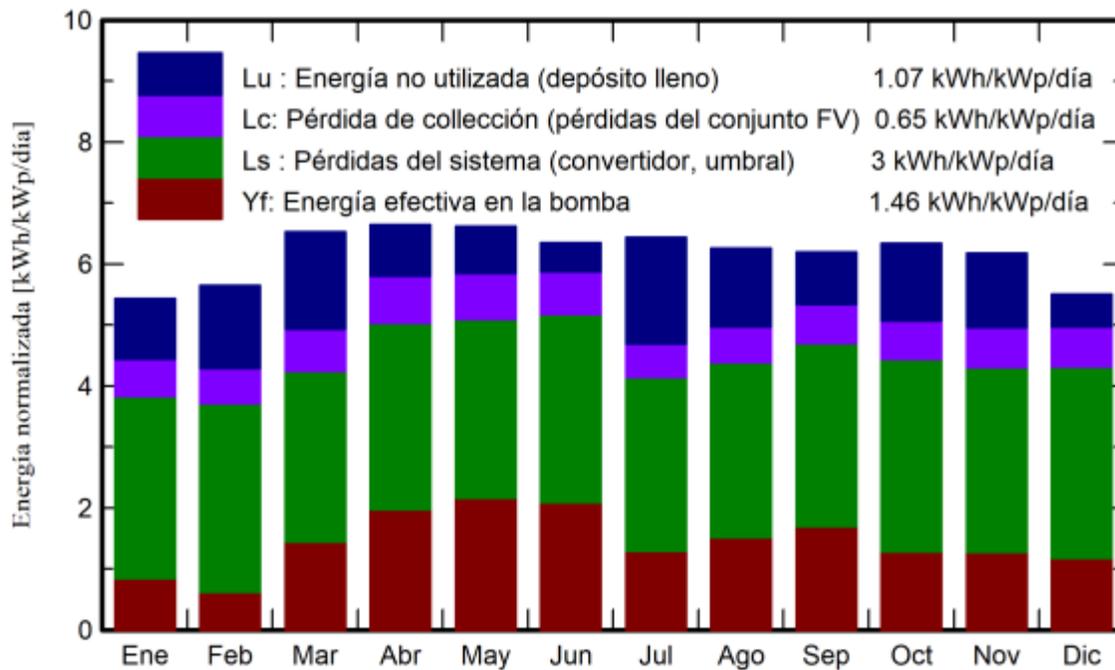
A continuación, se muestra los principales resultados de la producción del sistema de agua como el agua bombeada anualmente como una cantidad de 7314 metros cúbicos, y nuestra necesidad anualmente de 7300 metros cúbicos dando como resultado de agua faltando de -0.2%, lo que nos quiere decir el software PVSYST que cubre nuestras necesidades requeridas para el cultivo de palto.

Figura 34. Balances y resultados principales

	EArrMPP kWh	E_PmpOp kWh	ETkFull kWh	H_Pump medAgua	WPumped m ³	W_Used m ³	W_Miss m ³
Enero	468.3	85.0	75.7	4.518	635.0	620.0	0.000
Febrero	439.9	56.9	93.5	4.592	560.0	560.0	0.000
Marzo	559.8	145.7	121.3	4.473	620.0	620.0	0.000
Abril	558.1	192.4	62.7	4.407	600.0	600.0	0.000
Mayo	577.7	217.5	60.3	4.367	618.7	620.0	0.000
Junio	542.4	203.4	36.3	4.375	601.3	600.0	0.000
Julio	567.7	130.6	139.4	4.491	620.0	620.0	0.000
Agosto	552.0	152.3	101.4	4.456	620.0	620.0	0.000
Septiembre	528.4	165.7	62.4	4.402	600.0	600.0	0.000
Octubre	555.4	129.2	96.7	4.399	620.0	620.0	0.000
Noviembre	520.0	124.1	90.0	4.393	600.0	600.0	0.000
Diciembre	478.6	118.2	41.4	4.413	619.2	620.0	0.000
Año	6348.4	1720.9	981.2	4.428	7314.2	7300.0	0.000

Fuente: Software PVSYST

Figura 35. Producciones normalizadas (por kW instalado)



Fuente: Software PVSYST

4.5 Resultado del quinto objetivo específico:

Determinar el costo de la inversión:

Este análisis de costo se dará tanto como un grupo de sistema fotovoltaico como también para grupo de sistema de combustión interna.

Para el sistema de bombeo solar

Costo de componentes de sistema fotovoltaico

Los componentes principales para el sistema fotovoltaico son el panel solar, bomba sumergible, regulador e inversor. En el siguiente recuento se detalla con la cantidad de precios.

Tabla 12. Costo de componentes principales de grupo de sistema de bombeo solar

COMPONENTES DE GRUPO S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Unidad	TOTAL (S/.)
PANEL SOLAR	572.70	8	4581.60
BOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO 4SR75G 3HP	4972.31	1	4972.31
REGULADOR	1435.67	1	1435.67
Inversor Bombeo Solar 2,2kW 230V QUADRO	1328.02	1	1328.02

Fuente: Elaboración propia

Costo de materiales complementarios de sistema fotovoltaico

Estos componentes son están conformadas por los accesorios de bombeo, sistema de protecciones alterna y continua, mano de obra y las estructuras de soporte de panel y tanque de almacenamiento.

Tabla 13. Costo de materiales complementarios de grupo s. bombeo solar

MATERIALES COMPLEMENTARIOS DE GRUPO S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	UNIDAD	TOTAL (S/.)
Fusibles CC	20.10	2	40.20
Seccionador	437.81	1	437.81
Interruptor termomagnético	34.22	1	34.22
Interruptor diferencial (bomba)	128.62	1	128.62
Sensores de nivel	200.00	1	200.00
Tuberías 2" PVC	95.90	15	1438.50
Reservorio N°1 15m ³	18,335.60	1	18335.60
Reservorio N°2 25m ³	30,469.00	1	30,469.00
Mano de obra	2,000.00	1	2,000.00
Puesta a tierra	1,500.00	1	1,500.00
Batería	5,182.66	10	51,826.60
Estructura hierro galvanizado panel	350.00	8	2,800.00
Estructura de soporte de reservorio	1,000.00	2	2,000.00
Conductor eléctrico panel-regulador	2.18	25	54.50
Conductor eléctrico regulador- batería	2.18	12	26.16
Conductor eléctrico regulador-inversor	2.18	10	21.80
Conductor eléctrico inversor-bomba	7.74	20	154.80
Accesorios de bombeo (Codos de 90°, válvula de globo, te estándar, válvula check y válvula de pie- tipo bisagra)	400.00	1	400.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Cuadro resumen de costo de sistema de bombeo solar

CUADRO RESUMEN DE SISTEMA DE BOMBEO SOLAR	
COSTO DE COMPONENTES PRINCIPALES	S/ 12,317.60
COSTO DE MATERIALES COMPLEMENTARIOS	S/ 111,867.81
TOTAL	S/ 124,185.41
TOTAL	\$USD 33,563.62

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento a los componentes principales del sistema de bombeo solar

Según (18), se recomienda realizar mantenimiento al equipo y que el gasto no sea superior al 5% anualmente del costo de inversión de los equipos principales. En Tabla 12, observamos la lista de precios de cada uno de componentes principales, entonces será igual:

$$Costo_{mant} = S/12,317.60 * 5\% = S/615.88$$

Convirtiendo a dólares

$$Costo_{mant} = \text{\$USD}166.45$$

Entonces el costo anual de mantenimiento de los componentes del sistema de bombeo solar es **\\$USD166.45**.

Vida útil del equipo

Se tendrá en cuenta la vida útil de los siguientes componentes, teniendo en cuenta que el análisis de costo de inversión será durante el periodo de 25 años:

Tabla 15. Vida útil de los equipos principales del sistema de bombeo solar

VIDA ÚTIL DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES		
EQUIPOS	Vida útil	N.º Reparaciones
PANEL SOLAR	25	0
BOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO 4SR75G 3HP	10	2
Inversor Bombeo Solar 2,2kW 230V QUADRO	10	2
Regulador	5	5

Fuente: Elaboración Propia

GRUPO DE SISTEMA DE COMBUSTIÓN INTERNA

Ahora para tener un mejor análisis de costo de inversión se va comparar con un grupo electrógeno, debido a que los agricultores del cultivo de palto de la población Huaca Corral tienen este tipo de grupo electrógeno para lograr abastecer agua a su cultivo.

Tabla 16. Costo de componentes principales de sistema de combustión interna

COMPONENTES DE SISTEMA DE COMBUSTIÓN INTERNA			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL, S/.
MOTOBOMBA	S/ 4,200.00	1	S/ 4,200.00

Fuente: Elaboración propia

Costo de materiales complementarios de sistema de combustión interna

Estos componentes son están conformadas por los accesorios de bombeo, mano de obra y tanque de almacenamiento.

Tabla 17. Costo de materiales complementarios de sistema de combustión interna

MATERIALES COMPLEMENTARIOS DE SISTEMA DE COMBUSTIÓN INTERNA			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL, S/.
Reservorio N°1 15m ³	S/ 18,335.60	1	S/ 18,335.60
Reservorio N°2 25m ³	S/30,469.00	1	S/ 30,469.00
Tuberías 2" PVC 15 metros	S/ 95.90	15	S/ 1,438.50
Mano de obra	S/ 1,200.00	1	S/ 1,200.00
Estructura de soporte de reservorio	S/ 1,000.00	2	S/ 2,000.00
Sensores de nivel	S/ 200.00	1	S/ 200.00
Accesorios de bombeo (Codós de 90°, válvula de globo, te estándar, válvula check y válvula de pie- tipo bisagra)	S/ 400.00	1	S/ 400.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Cuadro resumen de costo de sistema de combustión interna

CUADRO RESUMEN DE SISTEMA DE COMBUSTIÓN INTERNA		
Costo de componentes principales sistema de combustión interna	S/	4,200.00
Costo de materiales complementarios sistema de combustión interna	S/	54,043.10
	TOTAL	S/ 58,243.10
	TOTAL	\$USD 15,741.38

Fuente: Elaboración Propia

Como bien se sabe para usar una motobomba, se requiere combustible para ello se calculará en consumo anual.

Los agricultores consumen 6 l/día, para el llenado de su reservorio de agua, cada litro de Diesel actualmente tiene un valor de Diesel esta 1.157 \$USD/l entonces al día tienen un gasto de 6.94 \$USD/día y anualmente 2533.83 \$USD/año.

El costo de mantenimiento del grupo electrógeno, entonces:

$$Costo_{mant} = (2,533.83) * 8\% = \text{\$USD } 202.71$$

Entonces el costo anual de mantenimiento para la motobomba es de \$USD 202.71.

Para el análisis de comparación del sistema de bombeo solar vs bombeo con sistema de combustión interna tenemos que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Anteriormente se observó en la tabla 16, que la vida útil de los componentes principales es de cada 10 años excepto el regulador que es cada 5 años, lo cual se incrementara en el costo de egreso debido a que los equipos principales del sistema de bombeo se van a reparar o cambiar, es decir la bomba sumergible, el inversor y regulador.

Tabla 19. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 5

AÑO 5: CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Unidad	\$USD
Regulador	1,435.67	1	388.02
		TOTAL	\$USD 388.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 10

AÑO 10: CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Unidad	\$USD
BOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO 4SR75G 3HP	4972.31	1	1343.87
Regulador	1,435.67	1	388.02
Inversor Bombeo Solar 2,2kW 230V QUADRO	1328.02	1	358.92
		TOTAL	\$USD 2090.81

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 15

AÑO 15: CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Unidad	\$USD
Regulador	1,435.67	1	388.02
		TOTAL	\$USD 388.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR AÑO 20

AÑO 20: CAMBIO O REPARACION DE S. BOMBEO SOLAR			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Unidad	\$USD
BOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO 4SR75G 3HP	4972.31	1	1343.87
Regulador	1,435.67	1	388.02
Inversor Bombeo Solar 2,2kW 230V QUADRO	1328.02	1	358.92
		TOTAL	\$USD 2090.81

Fuente: Elaboración Propia

- La tasa de descuento para este análisis recomendada es del 9%.
(18)

Tabla 23 VAN Y TIR

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	GASTOS X MTTO.	FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0	15741	33563.62	0	-17822.25	-17822.25
1	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-15252.16
2	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-12682.08
3	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-10112.00
4	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-7541.92
5	2736.54	388.02	388.02	2348.52	-5193.40
6	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-2623.32
7	2736.54	166.45	166.45	2570.08	-53.23
8	2736.54	166.45	166.45	2570.08	2516.85
9	2736.54	166.45	166.45	2570.08	5086.93
10	2736.54	2090.81	2090.81	645.73	5732.66
11	2736.54	166.45	166.45	2570.08	8302.74
12	2736.54	166.45	166.45	2570.08	10872.82
13	2736.54	166.45	166.45	2570.08	13442.90
14	2736.54	166.45	166.45	2570.08	16012.99
15	2736.54	388.02	388.02	2348.52	18361.50
16	2736.54	166.45	166.45	2570.08	20931.59
17	2736.54	166.45	166.45	2570.08	23501.67
18	2736.54	166.45	166.45	2570.08	26071.75
19	2736.54	166.45	166.45	2570.08	28641.83
20	2736.54	2090.81	2090.81	645.73	29287.56
21	2736.54	166.45	166.45	2570.08	31857.64
22	2736.54	166.45	166.45	2570.08	34427.72
23	2736.54	166.45	166.45	2570.08	36997.80
24	2736.54	166.45	166.45	2570.08	39567.89
25	2736.54	388.02	388.02	2348.52	41916.40
			VAN	\$USD 6,035.83	
			TIR	13%	

Fuente: Elaboración Propia

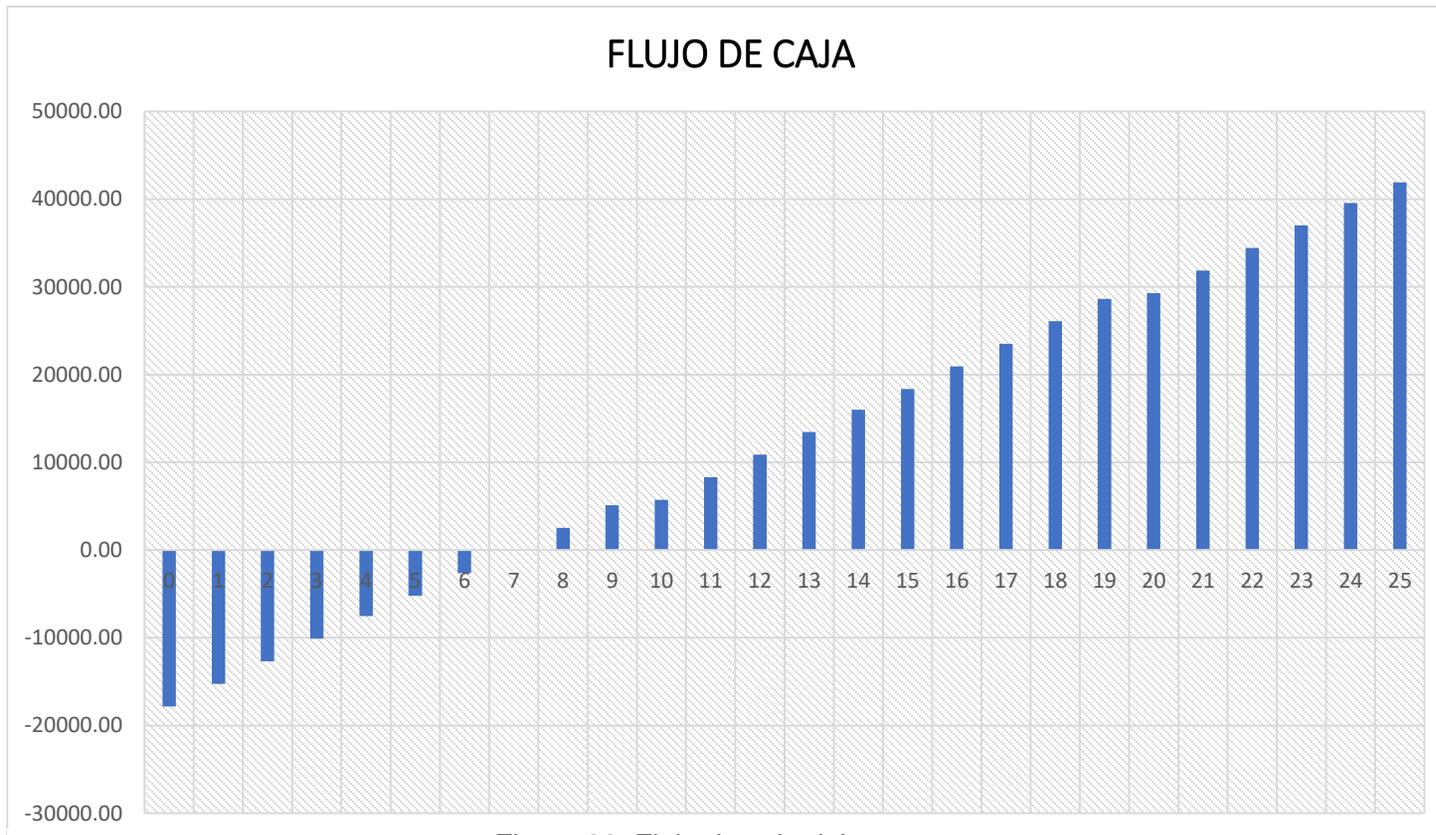


Figura 36. Flujo de caja del proyecto

Como se puede visualizar en la figura 32, el tiempo de recuperación de la inversión se dará en el año 8, y en la Tabla 23 VAN Y TIR anteriormente mostrada nos demuestra que el sistema de bombeo solar mantendrá una inversión de ahorro de **USD 6,035.83** y un tiempo de retorno del **13%**.

V. DISCUSIÓN

Discusión N°1.

En tesis realizada por Alvarado, con el título de “Energía Solar Fotovoltaica para Mejorar el Sistema de Riego del Caserío La Victoria Provincia de Utcubamba “, Nos dice que para calcular la necesidad híbrida tuvo en cuenta la evapotranspiración, las temperaturas máximas y mínimas, ya que son variables que pueden variar el caudal la cual obtuvo $12 \frac{m^3}{h}$ para 3 hectáreas de sembrío de papayas mediante un riego por goteo, la zona estudiada es la región amazonas. (35)

En este trabajo de investigación para la determinación de requerimiento de agua del cultivo se tuvo en cuenta aquellos parámetros mencionados, es por ello que coincido con el trabajo realizado anteriormente por Alvarado por lo que este trabajo de investigación también está enfocado en la parte riego.

Para las necesidades híbridas de riego se tomó en base al cultivo de predio tres espinas ubicadas en Centro Poblado Huaca Corral, la cual tiene 5 hectáreas de cultivos de palto, las distancias de siembra son de 3 metros entre surco, y 4 entre paltos, teniendo en cuenta el lugar se procedió a consultar a la plataforma de la plataforma Predicción de energía Recursos energéticos mundiales obteniendo los datos meteorológicos, y mediante el programa libre CROPWAT se determinó la evapotranspiración.

Esto depende de mucho del tipo de cultivo y la zona para la determinación del caudal necesario, en nuestro caso para el predio tres espinas el caudal necesario es de $37.12 \frac{m^3}{h}$, sistema de riego planificado es de riego por goteo la cual el caudal determinado es de mucha importancia para la determinación de nuestro sistema de bombeo.

Discusión N°2.

En la tesis de De la Cruz y Gonzales Ticle, con el título “Estudio y Diseño de un Sistema Integrado Fotovoltaico para el Sistema de Bombeo de Agua del Fundo las Pampas, Caserío Mucha, Distrito Simbal” indica que, para realizar un diseño de sistema de bombeo, se tiene que calcular las necesidades de riego, la eficiencia de riego, y otros. Mediante las ecuaciones realizadas en su investigación lograron seleccionar una electrobomba de corriente alterna. (36)

En mi trabajo de investigación para el sistema de bombeo, se aplicó las teorías relacionadas como la ecuación de la energía para la determinación de las pérdidas de energía en el sistema de bombeo, la eficiencia de riego siendo aplicado con riego por goteo (0.90), las necesidades de riego por planta y también por hectárea.

Fue de gran utilidad calcular la frecuencia de riego debido a que nuestro requerimiento de agua para el cultivo de palto por hectárea es de $37.11 \frac{m^3}{ha}$, y como son 5 hectáreas, los costos para un sistema de almacenamiento de agua(reservorio) incrementaría y no sería rentable. Y realizando el cálculo del intervalo de riego, se determinó que cada 14 días se realizará el riego por hectárea, el cual al tener una programación de riego se solucionaría logrando beneficiar a los agricultores del Centro Poblado de Huaca Corral.

Para nuestro sistema de bombeo, se analizó la altura de nuestro reservorio logrando tener una altura de 1 metro mediante la ecuación de Torricelli, y con la ecuación general de la energía calcular la altura dinámica total y luego a ello con el caudal seleccionar la bomba necesaria, para la selección se tuvo en cuenta varios parámetros uno de ellos es el tema de cavitación ya que al no tener en cuenta ese parámetro podríamos dañar la bomba, o disminuir su rendimiento de bomba, para este trabajo de investigación de opto por una bomba sumergible debido a no tiene esos tipos de inconvenientes y me ofrece un menor consumo de energía 2.2kW monofásico de Marca Pedrollo.

Discusión N°3.

En la tesis de Hervias Segovia, con el título “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE MAYNAS – PERÚ” indica, que la irradiación en la Población Maynas es buena, con un promedio de $4.2\text{kWh/m}^2/\text{día}$, el cual utilizo para su dimensionamiento de la bomba sin inconvenientes, también determino en no era necesario el uso de baterías para la acumulación de energía lo que incrementaría el costo del proyecto, por lo que uso un reservorio para almacenar como energía hidráulica. (22)

Tomando la referencia, mi trabajo de investigación se analizó los distintos ángulos de inclinación de irradiación considerando un plano fijo, obteniendo un ángulo de inclinación de 10° , luego de ello mediante la plataforma PVGIS se obtuvo las irradiaciones más altas y bajas, lo cual para el dimensionamiento de los paneles solares será mediante las condiciones no favorables es decir la irradiación más baja luego de ello se calculó las horas sol pico siendo la mayor con 6.54h/día y la menor con 5.60 h/día

Por otro lado, coincido con Hervias en cuanto a no usar baterías debido a que la operación bomba sumergible será durante el día y el tiempo de llenado es de 2 horas.

VI. CONCLUSIONES

Para concluir el predio tres espinas está ubicado en la zona rural llamada Huaca Corral, distrito de Guadalupe, Provincia de Virú; lo cual tiene un área de 5 Hectáreas de aguacate; también se determinó la irradiación mediante el software PVGIS con un ángulo de inclinación de 10° , obteniendo la irradiación más crítica que es el mes de junio con 167.94 kWh/m^2 la cual se utilizó para nuestros cálculos de diseño de sistema solar.

Además, se determinó la necesidad de agua por hectárea de $37.12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$, siendo el riego por una hora en el predio tres espinas esta agua será almacenada en los reservorios de agua, también se determinó la altura de reservorio siendo de 1 metro y la de tubería 2 pulgadas desde el reservorio a el cultivo para la caída del líquido mediante gravedad; para nuestro sistema de bombeo se tomará el tiempo de 2 hora en llenado del reservorio obteniendo un caudal de $18.02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ y la altura dinámica total de 22.50 metros, y se analizó el tipo de bomba a seleccionar en este caso la bomba la más adecuada a nuestro sistema de bombeo y por condiciones de operación se seleccionó una bomba sumergible de 3HP de la Marca Pedrollo.

Por otro lado, se realizó los cálculos para el sistema fotovoltaico para cubrir la demanda de energía de la bomba sumergible de la marca Pedrollo monofásico de 2.2kW o 3HP, la cual se requiere una fila de 8 paneles conectados en serie las características del panel solar son de la Marca JA solar de 405W monocristalino, y para cubrir la demanda en caso de días nublados el almacenamiento de energía están conformadas por 10 baterías de 48V 100Ah de la marca Huawei estas están tienen la conexión de 5 en serie y 2 paralelo, regulador de carga solar de 220VDC que soporta hasta una corriente de 80A modelo MPPT-SS19280, el inversor de bomba de 2.2kW de la marca QUADRO que opera desde 120-420 VDC y convierte a corriente alterna 220V; y los conductores eléctricos de 14AWG, 12AWG y 10AWG.

Se realizó el análisis de costo, el tiempo de recuperación de la inversión se dará en el año 8, el sistema de bombeo solar mantendrá una inversión de ahorro de **\$USD 6,035.83** y un tiempo de retorno del **13%**.

VII. RECOMENDACIONES

Esta investigación recomienda que para calcular el requerimiento de agua se realice una investigación del tipo de suelo donde se va a ejecutar y el tipo de cultivo, ya que podría variar considerablemente la cantidad de agua por hectárea.

Se recomienda el análisis del tipo de sistema fotovoltaico ya sea para consumo doméstico y bombeo solar, puesto que existen variedades tipos de configuraciones; para el sistema de bombeo solar una buena selección de bomba de acuerdo a las condiciones de operación y teniendo un buen diseño de sistema fotovoltaico generaría la reducción de costo y el mejor rendimiento de operación.

Por otro lado, si habría la posibilidad de que se ejecutara este proyecto de investigación se recomienda realizar un mantenimiento a las componentes principales para el alargue de la vida útil del equipo, al sistema fotovoltaico limpiar los paneles solares por que la suciedad interrumpiría su rendimiento y entre otros.

Se sugiere para la implementación de este proyecto de investigación.

REFERENCIAS

1. *Optimización de riego mediante el uso de energía solar*. Cruz Sánchez, Zoily Mery. 2017.
2. Martí Vidal , Andrés. *Diseño integrado de un bombeo de agua de 850 kW con energía solar fotovoltaica en el término municipal de Benifaió (Valencia)*. 2018.
3. Jara Toro, Henry James. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR DIRECTO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD*. Pimentel-Perú : s.n., 2021.
4. Vargas Quispe, Bernardo Samuel. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO EN LA COMUNIDAD DE VALENCIA*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS. LA PAZ – BOLIVIA : s.n., 2018.
5. Rincon Castro, David Alejandro. *PROYECTO DE RIEGO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA EL CULTIVO DE LIMONES EN LA FINCA CONTADOR DEL MUNICIPIO DE VIANI*. BOGOTÁ : s.n., 2020.
6. Guevara Macedo, Alberto Yasir. *DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CENTRO POBLADO GANIMEDES, DISTRITO DE MOYOBAMBA, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN*. TARAPOTO – PERU : s.n., 2016.

7. Asmat Cáceres, Cindy Pierine. *Determinación de la Eficiencia de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico en el Distrito de Yaurisque – Cusco*. Lima – Perú : s.n., 2018.
8. Jaimes Carmona, Sergio y Alvarez Esparza, Jhon. *ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, PARA BUCARAMANGA, SANTANDER COLOMBIA* : s.n., 2020.
9. GALLEN, Richard y et al. *Evapotranspiración del cultivo*. 2006.
10. FUENTES YAGÜE, José. *Técnicas de riego*. s.l. : Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2033.
11. MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos aplicada*. s.l. : Pearson Educación, 1996.
12. Soto Zabala, Daniel. *IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA UNA BOMBA CENTRIFUGA UTILIZANDO MACHINE LEARNING*. Bogotá, Colombia : s.n., 2021.
13. *APLICACIÓN DEL TEOREMA DE TORRICELLI*. Lòpez Lòpez , Lenin Alonso y Cevallos Cevallos, Willam Bladimir. s.l. : Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2019.
14. *Generación eléctrica con energías renovables no convencionales:el mecanismo de subastas*. Dammert Lira, Alfredo. 2009, Revista de Derecho Administrativo.

15. GARZÓN SUÁREZ, Diana Alejandra . *Estudio de Factibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica en la Zona de Preescolar del Colegio Agustiniانو Suba*. 2017.
16. *Notas sobre radiación solar*. Grossi Gallegos, Hugo. Buenos Aires : Luján, 2044, Vol. 225.
17. *La radiación solar: efectos en la salud y el medio ambiente*. de la Morena Carretero, Benito y et al. s.l. : Universidad Internacional de Andalucía, 2010.
18. CANTOS SERRANO, JULIÁN. *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. s.l. : SA, 2016.
19. MEJÍA VÁSQUEZ, EDUAR. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL CASERÍO LA GUAYABA, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN – CAJAMARCA*. JAÉN-PERÚ : s.n., 2019.
20. *Energía solar fotovoltaica. Energía solar fotovoltaica*. RASERO, Carlos Montoya. s.l. : situación actual, 2011, Vol. 4.
21. Martín Benito, María. *ESTUDIO DE LA INCLINACIÓN ÓPTIMA DE PANELES SOLARES BIFACIALES MONOCRISTALINOS DE SILICIO*. Valladolid : s.n., 2022.
22. HERVIAS SEGOVIA, ANDREA. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR AGUA*

POTABLE A LA POBLACIÓN DE MAYNAS – PERÚ. CALLAO-PERÚ : s.n., 2018.

23. Lamana Villegas, Montse. *Instalación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable. 2018.*

24. Ruiz Ortega, Roberto. *ANÁLISIS DE LA CORRECCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS I-V DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. 2013.*

25. *Study of Temperature Coefficients for Parameters of Photovoltaic Cells.*
Cotflas, Daniel, Cotfas, Petru y Machidon, Octavian. s.l. : International Journal of Photoenergy, 2018, Vol. 2018.

26. VENTURA CARRILLO, PERCY. *ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE CAJAMARCA. LAMBAYEQUE – PERÚ : s.n., 2018.*

27. Ambientum. [En línea] 3 de Junio de 2021. [Citado el: 11 de Junio de 2023.]
<https://www.ambientum.com/ambientum/energia/bombeo-solar-solucion-eficiente-la-extraccion-de-agua.asp>.

28. Evain, Camille y Lapègue, Jean. *BOMBEO SOLAR. s.l. : Red Internacional de Acción contra el Hambre, 2020.*

29. Wright Medina, Juan Pablo y García Baquerizo, José Luis. *Diseño de un Sistema de Energía Solar para el funcionamiento de un Aerostato. GUAYAQUIL : s.n., 2020.*

30. PESÁNTEZ ERAZO, ADRIANA. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN SISTEMA DE BOMBEO Y DETERMINACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO*. RIOBAMBA-ECUADOR : s.n., 2012.
31. RAMÍREZ CASTAÑO, Samuel. *Protección de sistemas eléctricos*. s.l. : Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, 2003.
32. LLAMANA VILLEGAS, Montse. *Instalación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable*. 2018.
33. Bustamante Ortiz, Edgar y Huingo Villarreal, Carlos. *Análisis de los indicadores de calidad de energía eléctrica de las instalaciones de la empresa ETRAL SAC*. TRUJILLO - PERÚ : s.n., 2022.
34. *VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO COMO PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LAS INVERSIONES*. Fajardo Vaca, Ligia, y otros. 4, s.l. : Investigación Operacional, 2023, Vol. 40.
35. Alvarado Bustamante, Eder. *Energía Solar Fotovoltaica para Mejorar el Sistema de Riego del Caserío La Victoria Provincia de Utcubamba*. CHICLAYP-PERÚ : s.n., 2019.
36. De La Cruz Campos, Edgardo y Gonzales Ticle, Robert. *Estudio y Diseño de un Sistema Integrado Fotovoltaico para el Sistemade Bombeo de Agua del*

Fundo las Pampas, Caserío Mucha, Distrito Simbal. TRUJILLO-PERÚ : s.n., 2021.

37. CHONTO VERA, LARRY. *DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR AGUA EN EL CASERÍO CHILLVACA EN EL DISTRITO DE INCAHUASI-FERREÑAFE - LAMBAYEQUE. LAMBAYEQUE – PERÚ : s.n., 2018.*

38. Jácome Rendón, Byron Fernando. *PROPUESTA DE SISTEMA DE BOMBEO UTILIZANDO PANELES. Guayaquil : s.n., 2017.*

39. Pozo Timana, William Rolando. *GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y SU UTILIZACIÓN EN SISTEMA DE BOMBEO PARA RIEGO TECNIFICADO, APLICANDO LA GUÍA PMBOK. Piura : s.n., 2019.*

40. Peralta Vera, Aixa Anel. *Evaluación técnico-económica de una instalación de bombeo solar fotovoltaico aplicada a la ampliación de la frontera agrícola en zonas aisladas de Arequipa. Arequipa : s.n., 2018.*

41. Perales Huarancca, Jose Arbildo. *DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR MICRO ASPERSIÓN PARA EL FUNDO AMALIA, DISTRITO LAJAS, PROVINCIA CHOTA, REGION CAJAMARCA. Lima-Perú : s.n., 2021.*

42. Contreras Cuadros, Jeferson y Pérez Rafae, Jonatan Felipe. *"Diseño de red de Agua y Alcantarillado empleando Paneles Fotovoltaicos en el distrito de Oronccoy – La Mar – Ayacucho 2020". Lima Este-Perú : s.n., 2020.*

43. ARÉVALO CORTES, Marx Ernesto, CORTEZ BOLAÑOS, Jorge y SERRANO MARTÍNEZ, Nelson. *Factibilidad técnica y económica para el aprovechamiento de la radiación solar mediante tecnología fotovoltaica en las instalaciones del CRINA*. 2019.

44. Moro Vallina, Miguel. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. 2. s.l. : Ediciones Paraninfo, 2018.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO N.º 1: ETo con el software CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\huaca corr...

País Estación

Altitud m. Latitud °S Longitud °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	19.7	26.2	84	244	5.5	18.4	3.63
Febrero	21.1	27.7	82	227	5.6	18.7	3.93
Marzo	20.6	27.6	82	230	4.7	16.8	3.69
Abril	18.6	25.8	85	257	4.8	15.8	3.22
Mayo	17.3	23.5	87	297	5.5	15.4	2.79
Junio	16.6	22.2	88	334	4.0	12.7	2.32
Julio	15.8	21.2	88	355	3.8	12.7	2.26
Agosto	15.3	20.8	88	253	3.4	13.2	2.31
Septiembre	15.1	20.7	88	341	3.8	14.9	2.53
Octubre	15.3	21.3	87	299	4.6	16.8	2.84
Noviembre	16.1	22.8	86	265	5.2	17.9	3.13
Diciembre	17.8	24.4	85	254	5.6	18.4	3.39
Promedio	17.4	23.7	86	280	4.7	16.0	3.00

ANEXO N.º 2: Coeficiente de cultivo para palto FAO

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	$K_c \text{ in}^1$	$K_{c \text{ med}}$	$K_{c \text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras ¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas ^{18, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo ²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas ²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas ²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Nogal ¹⁹	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

ANEXO N.º 3. DOSIS NETA (a): profundidad efectiva del sistema radial (en m)

Aguacate	0.9 - 1.0
Alfalfa	0.9 - 1.2
Algodón	0.8 - 1.2
Almendro	0.9 - 1.2
Berenjena	0.5 - 0.6
Cacahuete	0.9 - 1.0

ANEXO N.º 4. DOSIS NETA (b) fraccion del abastecimiento del agua

<i>Cultivo</i>	<i>f</i>	<i>Cultivo</i>	<i>f</i>
Alfalfa	0.60	Limonero	0.25
Aguacate	0.30	Maíz grano	0.40
Apio	0.15	Melón cantaloup	0.20
Brécol	0.30	Naranja	0.35
Caña de azúcar	0.60	Papa	0.30
Cebolla	0.30	Platanera	0.30
Cebolla maduración	0.40	Prados	0.35
Coliflor	0.45	Remolacha	0.50
Fresa	0.10	Repollo	0.35
Frutales hoja caduca	0.40	Tabaco	0.25
Chícharo verde	0.25	Tomate	0.45
Frijol (judía)	0.50	Viñedo	0.55
Lechuga	0.35	Zanahoria	0.40

ANEXO N.º 5. DOSIS NETA (c) Propiedades físicas del suelo

<i>Textura</i>	<i>Porosidad %</i>	<i>Densidad aparente t/m³</i>	<i>Capacidad de campo % en peso</i>	<i>Punto de marchitamiento % en peso</i>	<i>Humedad disponible</i>		
					<i>% en peso</i>	<i>% en volumen</i>	<i>cm/m</i>
Arenoso	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco-arenoso	43 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	47 (43-49)	1.40 (1.35-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco-arcilloso	49 (47-51)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo-arenoso	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcilloso	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

ANEXO N.º 6 Ficha de registro

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
FICHA DE REGISTRO	
DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADA CON ENERGÍA SOLAR PARA CULTIVO DE PALTAS EN HUACA CORRAL, LA LIBERTAD	
Objetivo: Registrar la información necesaria como (irradiación, requerimiento de agua, sistema de bombeo, sistemas fotovoltaicos), esta información coleccionada es de fuentes confiables como tesis, artículos, manuales y especificaciones técnicas.	

<u>FICHA DE REGISTRO DE DATOS</u>	
Titulo:	
Autor:	
Año de publicación:	
País:	
Editorial:	
Edición:	

ANEXO N.º 7: Mediciones del pozo artesanal

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
GUÍA DE OBSERVACIÓN	
DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADA CON ENERGÍA SOLAR PARA CULTIVO DE PALTAS EN HUACA CORRAL, LA LIBERTAD	
Objetivo: Determinar las mediciones del pozo artesanal para nuestro diseño de bombeo	

N.º	Descripción	Medida(m)	Fecha
1	Nivel estático	2.65	30-May-23
2		2.60	30-May-23
3		2.55	30-May-23
4		2.64	30-May-23
5	Nivel dinámico	4.00	30-May-23
6	Profundidad	7.96	30-May-23



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

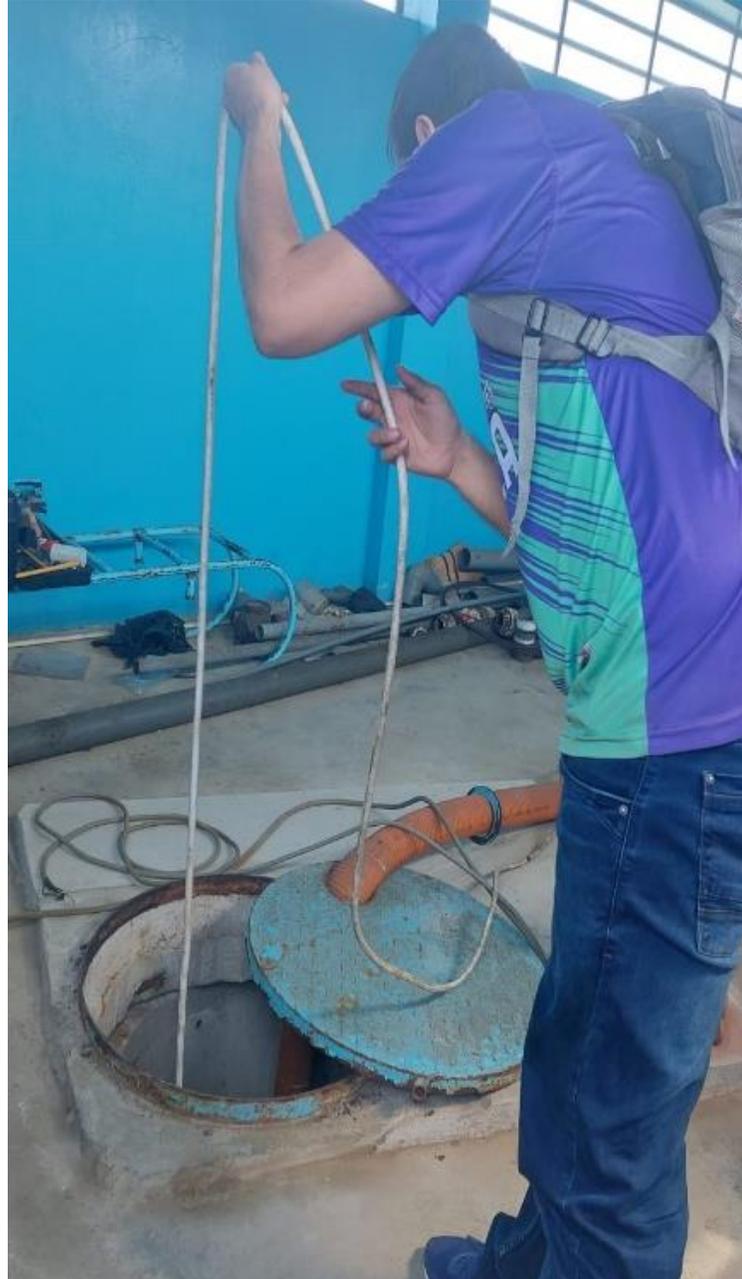
REGISTRO DE DATOS DEL POZO ARTESANAL

DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADA CON ENERGÍA SOLAR PARA CULTIVO DE PALTAS EN HUACA CORRAL, LA LIBERTAD

Objetivo: Determinar las mediciones del pozo artesanal para nuestro diseño de bombeo

CARACTERÍSTICAS DEL POZO		
DESCRIPCIÓN	LONGITUD	UNIDAD
Diámetro interior	1.95	Metros
Diámetro exterior	2.15	Metros
Profundidad	7.96	Metros
Nivel Estático	2.61	Metros
Nivel Dinámico	4.00	Metros

ANEXO N.º 7: Mediciones del pozo artesanal

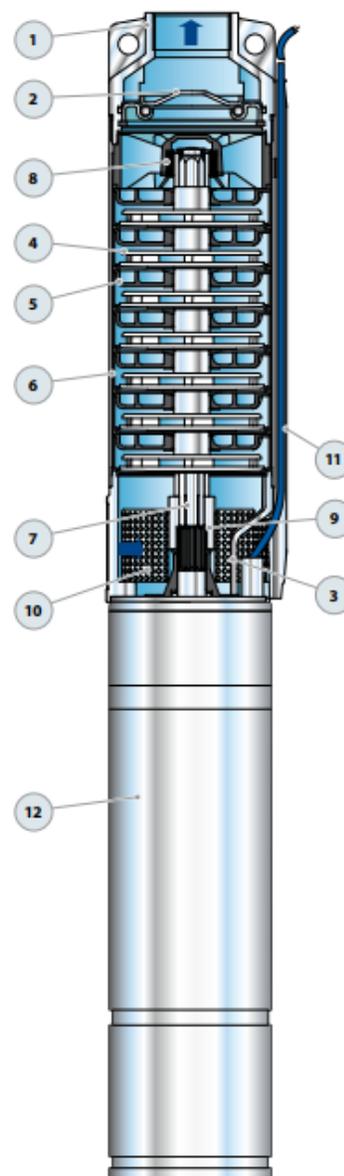


ANEXO N.º 8: Bomba sumergible Marca Pedrollo

4SR



POS. COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS
1 CUERPO DE IMPULSION	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
2 VALVULA DE RETENCION	Acero inoxidable AISI 304
3 SOPORTE	Acero inoxidable AISI 304, con dimensiones según norma NEMA
4 RODETE	Lexan 141-R
5 DIFUSOR	Noryl GFN2V
6 CAJA PORTA DIFUSOR	Acero inoxidable AISI 304
7 EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304
8 RODAMIENTOS BOMBA	Parte fija en tecnopolímero especial y parte rotatoria en acero inoxidable AISI 316 revestida de óxido de cromo para resistir a la arena
9 CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 316L hasta 2.2 kW; Acero inoxidable AISI 304 para potencias superiores
10 FILTRO	Acero inoxidable AISI 304
11 PROTECTOR DE CABLE	Acero inoxidable AISI 304
12 MOTOR 4"	4PD = "PEDROLLO"



ANEXO N.º 9: Características técnicas de la Bomba sumergible Marca Pedrollo

DATOS DE PRESTACION

Versión monofásica

MODELO	Potencia nominal		Carga axial	Rev.	Corriente arranque corriente nominal	Rendimiento	Factor de potencia	Par nominal	Par Arranque par Nominal	Condensador (Vc=450v)	h	Peso
	kW	HP										
220 V / 60 Hz			N	1/min		η	cos φ	Nm		μ F	mm	kg
4SR75G/15	1.1	1.5	2500	3440	3.9	65	0.96	3.05	0.77	40	434	11.4
4SR75G/20	1.5	2		3420	3.9	67	0.99	4.2	0.81	50	467	12.8
4SR75G/30	2.2	3		3440	4.5	70	0.98	6.1	0.74	75	565	17.4

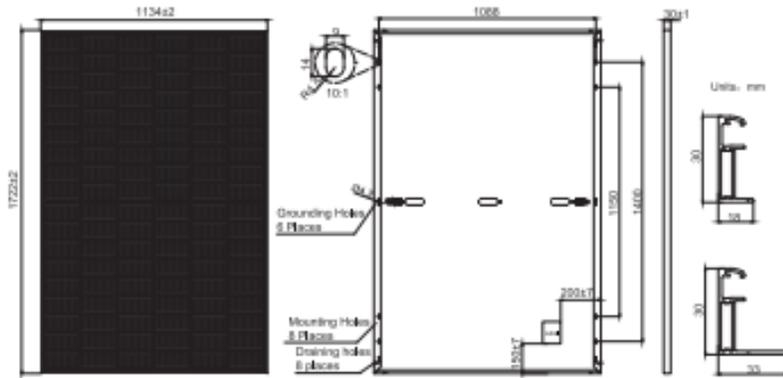
MODELO	Service Factor	TENSION (monofásica)	
		220 V	
Monofásica		Corriente nominal	Corriente en el Service Factor
4SR75G/15	1.3	8.1 A	9.7 A
4SR75G/20	1.25	10.5 A	12.5 A
4SR75G/30	1.15	14.9 A	16.5 A

ANEXO N.º 10: Ficha técnica del panel solar de la Marca JA SOLAR



JAM54S31 380-405/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	21.5kg±3%
Dimensions	1722±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	108(6x18)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4(1000V) MC4-EVO2(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM54S31 -380/MR	JAM54S31 -385/MR	JAM54S31 -390/MR	JAM54S31 -395/MR	JAM54S31 -400/MR	JAM54S31 -405/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	380	385	390	395	400	405
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	36.58	36.71	36.85	36.98	37.07	37.23
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	30.28	30.46	30.64	30.84	31.01	31.21
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.44	13.52	13.61	13.70	13.79	13.87
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.55	12.64	12.73	12.81	12.90	12.98
Module Efficiency [%]	19.5	19.7	20.0	20.2	20.5	20.7
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM54S31 -380/MR	JAM54S31 -385/MR	JAM54S31 -390/MR	JAM54S31 -395/MR	JAM54S31 -400/MR	JAM54S31 -405/MR	OPERATING CONDITIONS	
Rated Max Power(Pmax) [W]	286	290	294	298	302	306	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	34.36	34.49	34.62	34.75	34.88	35.12	Operating Temperature	-40 C--+85 C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	28.51	28.68	28.87	29.08	29.26	29.47	Maximum Series Fuse Rating	25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.75	10.82	10.89	10.96	11.03	11.10	Maximum Static Load_Front*	5400Pa(112lb/ft ²)
Max Power Current(Imp) [A]	10.03	10.11	10.18	10.25	10.32	10.38	Maximum Static Load_Back*	2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						NOCT	45±2 C
							Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

ANEXO N.º 11: INVERSOR DE LA MARCA QUADRO DE 2.2KW MONOFASICO

Water Pump Inverter

Water Pump Solar Inverter Selection Guide

MODEL	2.2 KW LS		2.2 KW	7.5 KW	11 KW
RATED OUTPUT POWER	2200 W(3HP) (supports 0.75~3HP water pump)		2200 W(3HP) (supports 0.75~3HP water pump)	7500 W(10HP) (supports 3~10HP water pump)	11000 W(15HP) (supports 10~15HP water pump)
PV INPUT (DC)					
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	320 VDC / 450 VDC		540 VDC / 800 VDC		
Start-up Voltage	120 VDC		250 VDC		
MPPT Voltage Range	120 VDC ~ 420 VDC		250 VDC ~ 780VDC		
Number of MPP Trackers	1				
AC INPUT					
Input Voltage	220/230/240 VAC (-15% ~ +10%)		N/A		
Input Frequency	47 Hz ~ 63 Hz				
OUTPUT					
Nominal Voltage	220/230/240 VAC		3 x 380/400/415/440 VAC		
Efficiency	> 97%		> 97%		
Nominal Output Current	14 A	10 A	5.0 A	15 A	22 A
Motor Type	Single-phase motor	Three-phase asynchronous motor	Three-phase asynchronous motor		
Frequency Precision	±0.2%				
PROTECTION					
Full Protection	Phase lost, dry pumping, motor locked, weak sunlight, over-voltage, under-voltage, over-current, surge, over-temperature and short circuit protection				
PHYSICAL					
Dimension, D X W X H (mm)	110 x 230 x 342				
Net Weight (kgs)	5	5.5	6	6.5	
IP Protection	IP20				
INTERACE					
Communication Port	RS-232/RS-485				
ENVIRONMENT					
Humidity	< 95% RH (Non-condensing)				
Operating Temperature	-20°C~45°C at 100% full load, 46°C~60°C power derating				

Product specifications are subject to change without further notice.

ANEXO N.º 12 Conductor para el tramo Nº1 Generador-Inversor

FOTOVOLT N2X 1 kV; mm2 RC

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Para la interconexión de sistemas de energía fotovoltaicos.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

Para la interconexión de sistemas de energía fotovoltaicos. Temperatura máxima de operación 90°C, en ambientes secos o húmedos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre blando comprimido, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE antillama.

Principales características:

Resistente a la abrasión, humedad y calor, alta resistencia de aislamiento. Resistencia a los rayos solares. Resistente a la propagación vertical de la llama FT1 y VW-1. Resistente a la propagación horizontal de la llama FT2. Se utiliza para el cableado de interconexión de un sistema de energía fotovoltaica con toma de tierra y sin conexión a tierra descrito en la sección 690.31(A) y otras partes aplicables del Código eléctrico nacional (NEC), NFPA 70. El cable está construido de acuerdo con el último estándar para cable fotovoltaico, UL 4703.

Sección:

Desde 2,5 mm² hasta 6 mm².

Marcación:

E501952(UL)INDECO S.A. (Sección) FOTOVOLT N2X PV WIRE 90° DRY AND WET 1000 V SUN RES - VW 1- Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

Negro.

Normas nacionales

NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

Normas internacionales

IEC 60228: Conductores para cables aislados.



NORMAS

Internacional IEC 60228;
UL 4703

Nacional NTP-IEC 60228;
UL 2556



Tensión de operación
1 kV



Flexibilidad del cable
Clase 2 IEC 60228



Resist. Radiación UV
UL 2556 - Resistencia a los
rayos solares



No propagación de la
llama
UL 1581 VW1



Temperatura máxima
operación
90 °C



No propagador del
incendio
FT2, VW-1, UL1581

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Generado 11/07/23 www.nexans.pe Página 1 / 4

FOTOVOLT N2X 1 kV; mm2 RC

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

DATOS ELÉCTRICOS

Sección [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Rigidez dieléctrica a [kV]	Tiempo Rigidez Dieléctrica Vca al aislamiento [min.]	Capac. Corriente enterrado 20°C [A]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
2.5	7.41	6.0	1	45	37	123.0
4	4.61	6.0	1	59	50	142.0
6	3.08	7.5	1	74	65	152.0

LISTA DE PRODUCTOS

Ref. Nexans	Ref. de País	Nombre	Sección del conductor [mm ²]	Diámetro del conductor [mm]	Mínimo espesor de aislamiento [mm]
☎ P00021312-2	-	FOTOVOLT N2X 1 kV 2,5 mm2	2.5	1.9	1.9
☎ P00021317-2	-	FOTOVOLT N2X 1 kV 4 mm2	4	2.4	1.9
☎ P00021318-2	-	FOTOVOLT N2X 1 kV 6 mm2	6	3.0	2.15

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock,

RADIO DE CURVATURA UNA VEZ INSTALADO EN B.T.

R=Dxf

R: Radio de curvatura una vez instalado (mm)

D: Diámetro sobre cubierta externa o sobre aislamiento (cuando no tiene cubierta externa) (mm)

f: Factor multiplicativo; dado en la siguiente tabla:



Tensión de operación
1 kV



Flexibilidad del cable
Clase 2 IEC 60228



Resist. Radiación UV
UL 2556 - Resistencia a los
rayos solares



No propagación de la
llama
UL 1581 VW1



Temperatura máxima
operación
90 °C



No propagador del
incendio
FT2, VW-1, UL1581

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Generado 11/07/23 www.nexans.pe Página 3 / 4

ANEXO N.º 13. Conductor para el tramo N°2 Inversor-Bomba

TTRF-70 (NLT) 300/500 V

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Cable multipolar de cobre flexible con aislamiento de PVC y cubierta externa de PVC. Este cable es altamente flexible y cumple con la prueba de inmersión AD8. En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de equipos móviles.

Construcción:

1. Conductor: Cobre blando flexible, clase 5.
2. Aislamiento: Compuesto de PVC flexible.
3. Relleno: Compuesto de PVC flexible.
4. Cubierta externa: Compuesto de PVC flexible.

Principales características:

Gran flexibilidad, terminación compacta, resistencia a la abrasión y humedad. No propaga la llama.

Calibre:

Desde 18 AWG hasta 14 AWG.

Marcación:

PERU INDECO S.A. TTRF-70(NLT) - (Nro Fases x Calibre) - 300/500 V - Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

Rollos de 100 metros.

Color:

Aislamiento: Ver identificación de fases.

Cubierta externa: Gris.

Normas nacionales



NORMAS

Internacional IEC 60227-1;
IEC 60227-2; IEC 60227-5;
IEC 60332-1-2; IEC 60811-401;
IEC 60811-409; IEC 60811-504;
IEC 60811-505; IEC 60811-506;
IEC 60811-508; IEC 60811-509

Nacional NTP 370.250;
NTP 370.252; UL 2556



Flexibilidad del conductor
Flexible Clase 5



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)
300 / 500 V



Flexibilidad del cable
Excelente



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



Sumergido en agua
AD8 según UNE-EN
50525-2-21



Temperatura máxima operación
70 °C

TTRF-70 (NLT) 300/500 V

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Características eléctricas

Tensión nominal de servicio U ₀ /U (Um)	300 / 500 V
Rigidez dieléctrica	2.0 kV
Tiempo Rigidez Dieléctrica Vca al aislamiento	5 min.

Características mecánicas

Flexibilidad del cable	Excelente
------------------------	-----------

Características de uso

No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
Sumergido en agua	AD8 según UNE-EN 50525-2-21
Temperatura máxima operación	70 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	100 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	160 °C

DATOS DIMENSIONALES

ITEM	Nro.Fases	Calibre (AWG/ KCMIL)	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
01	2	18 AWG	1.2	0.6	0.8	6.9	69
02	2	16 AWG	1.4	0.7	0.8	7.9	92
03	2	14 AWG	1.8	0.8	0.9	9.3	133
04	3	18 AWG	1.2	0.6	0.8	7.3	81
05	3	16 AWG	1.4	0.7	0.9	8.6	113
06	3	14 AWG	1.8	0.8	1.1	10.3	168
07	4	18 AWG	1.1	0.6	0.8	7.9	93
08	4	16 AWG	1.4	0.7	1.0	9.5	136
09	4	14 AWG	1.8	0.8	1.1	11.2	197

DATOS ELÉCTRICOS

ITEM	Nro.Fases	Calibre (AWG/ KCMIL)	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
01	2	18 AWG	23	10	570.0
02	2	16 AWG	14.4	15	610.0
03	2	14 AWG	9.05	20	668.0
04	3	18 AWG	23	7	570.0
05	3	16 AWG	14.4	10	610.0



Flexibilidad del conductor
Flexible Clase 5



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio U₀/U (Um)
300 / 500 V



Flexibilidad del cable
Excelente



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



Sumergido en agua
AD8 según UNE-EN 50525-2-21



Temperatura máxima operación
70 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no están contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.
Versión 2.2 Generado 11/07/23 www.nexans.pe Página 3 / 5

TTRF-70 (NLT) 300/500 V

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

ITEM	Nro.Fases	Calibre (AWG/ KCMIL)	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
06	3	14 AWG	9.05	15	668.0
07	4	18 AWG	23	7	570.0
08	4	16 AWG	14.4	10	610.0
09	4	14 AWG	9.05	15	668.0

LISTA DE PRODUCTOS

Ref. Nexans	Ref. de País	Nombre	Diámetro del conductor [mm]	Diámetro sobre cubierta [mm]	Peso aproximado [kg/km]
☎ P00030116-1	-	TTRF-70 (NLT) 3x18 AWG CARRETE	1.2	7.3	81
☎ P00010350-5	-	TTRF-70 (NLT) 2x14 AWG C300	1.8	9.3	133
☎ P00035672-1	-	TTRF-70 (NLT) 4x16 AWG	1.4	9.5	136
☎ P00035041-3	-	TTRF-70 (NLT) 3x14 AWG C100	1.8	10.3	168
☎ P00010499-5	-	TTRF-70 (NLT) 2x18 AWG	1.2	6.9	69
☎ P00026725-2	-	TTRF-70 (NLT) 3x16 AWG	1.4	8.6	113
☎ P00010356-5	-	TTRF-70 (NLT) 2x16 AWG C400	1.4	7.9	92
☎ P00010346-7	-	TTRF-70 (NLT) 2x14 AWG R100	1.8	9.3	133
☎ P00010530-4	-	TTRF-70 (NLT) 3x18 AWG R100	1.2	7.3	81
☎ P00008031-5	-	TTRF-70 (NLT) 3x16 AWG	1.4	8.6	113
☎ P00008284-6	-	TTRF-70 (NLT) 3x14 AWG C250	1.8	10.3	168
☎ P00020286-1	-	TTRF-70 (NLT) 4x18 AWG	1.1	7.9	93
☎ P00034855-0	-	TTRF-70 (NLT) 4x14 AWG	1.8	11.2	197
☎ P00010355-3	-	TTRF-70 (NLT) 2x16 AWG R100	1.4	7.9	92
☎ P00001093-7	-	TTRF-70 (NLT) 3x14 AWG R100	1.8	10.3	168

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock



Flexibilidad del conductor
Flexible Clase 5



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)
300 / 500 V



Flexibilidad del cable
Excelente



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



Sumergido en agua
AD8 según UNE-EN 50525-2-21



Temperatura máxima operación
70 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Versión 2.2 Generado 11/07/23 www.nexans.pe Página 4 / 5

INDECO
by Nexans

MPPT Solar Controller 192/220/240VDC Battery 80A



CE FC



Support all types of battery

ANEXO N.º 14 Bateria de Litio LUNA2000-5-S0 48V 100Ah



Tanques de Almacenamiento

Especificaciones técnicas

- Material: polietileno de alta densidad.
- Color: blanco y negro.
- Tapa: 18"
- Estándar o de acuerdo a necesidades del cliente.
- Tanque de acuerdo a densidad almacenada:
 - Estándar 1.00 - 1.20 kg / cm².
 - Reforzado 1.21 - 1.50 kg / cm².
 - Doble reforzado 1.51 - 1.90 kg / cm².



Cuadro de capacidades

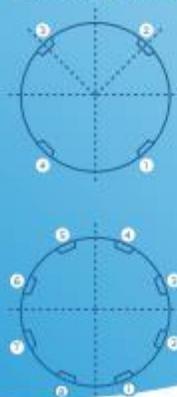
Descripción (L)	Altura "A" (m)	Diámetro "B" (m)	Placa "D" (m)	Ø Tapa "C" (m)	Peso (kg)
TAN - 2 500	1.76	1.55	0.20	0.45	50
TAN - 5 000	1.77	2.20	0.20	0.45	85
TAN - 5 001	2.34	1.83	0.20	0.45	85
TAN - 10 000	3.10	2.20	0.20	0.45	200
TAN - 10 000L	2.70	2.40	0.20	0.45	180
TAN - 15 000	3.90	2.40	0.20	0.45	400
TAN - 22 000	3.52	3.00	0.20	0.45	400
TAN - 25 000	3.90	3.00	0.20	0.45	500

~ Válida su venta en todas las Plantas excepto Planta Monterrey, N.L.
 ~ Válida su venta en Planta Monterrey, N.L.

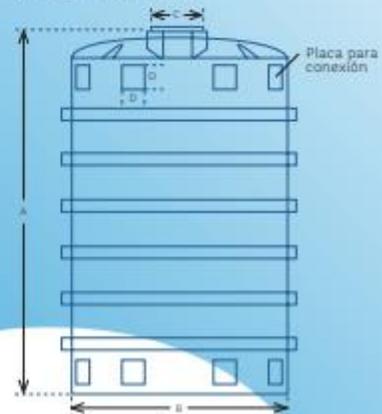
Vistas superiores



Vistas inferiores



Vista frontal



Cualquier modificación física al diseño del producto o uso diferente al especificado invalida el respaldo de la garantía brindada por Rotoplas.

1.- Descripción

Fabricado con Polietileno de alta densidad 100% virgen, que cumple con la norma de la F.D.A (Food and Drug Administration de los EE.UU.), lo que garantiza su uso para el almacenamiento de productos para el consumo humano o animal. Posee gran resistencia a sustancias químicas por lo que es utilizado como solución de almacenamiento para las industrias Minera, Metalúrgica, Agrícola, Alimentaria, Pesquera, Química, Cervecera, Vitivinícola, Textil, entre otras.

2.- Registro de Productos Industriales Nacionales (RPIN)
N° 150107390099C

3.- Material

Polietileno

4.- Color

Blanco y Negro

5.- Densidad del líquido a almacenar

Tipo de Tanque	Densidad del químico a almacenar (Kg/l)
Estandar	de 1.00 a 1.20
Reforzado	de 1.21 a 1.50
Doble reforzado	de 1.51 a 1.90

Tanque Rotoplas de 25,000 Litros para sustancias industriales



6.- Accesorios*



Conexión hexagonal con doble empaque EPDM Barjo - USA



Niple con contra-tuerca hexagonal Barjo - USA



Conexión hexagonal con empaque EPDM Barjo - USA



Válvula Full Port Barjo - USA

*Los accesorios no vienen incluidos con el tanque. Consultar por los accesorios teniendo en cuenta la aplicación de almacenamiento.

7.- Ventajas

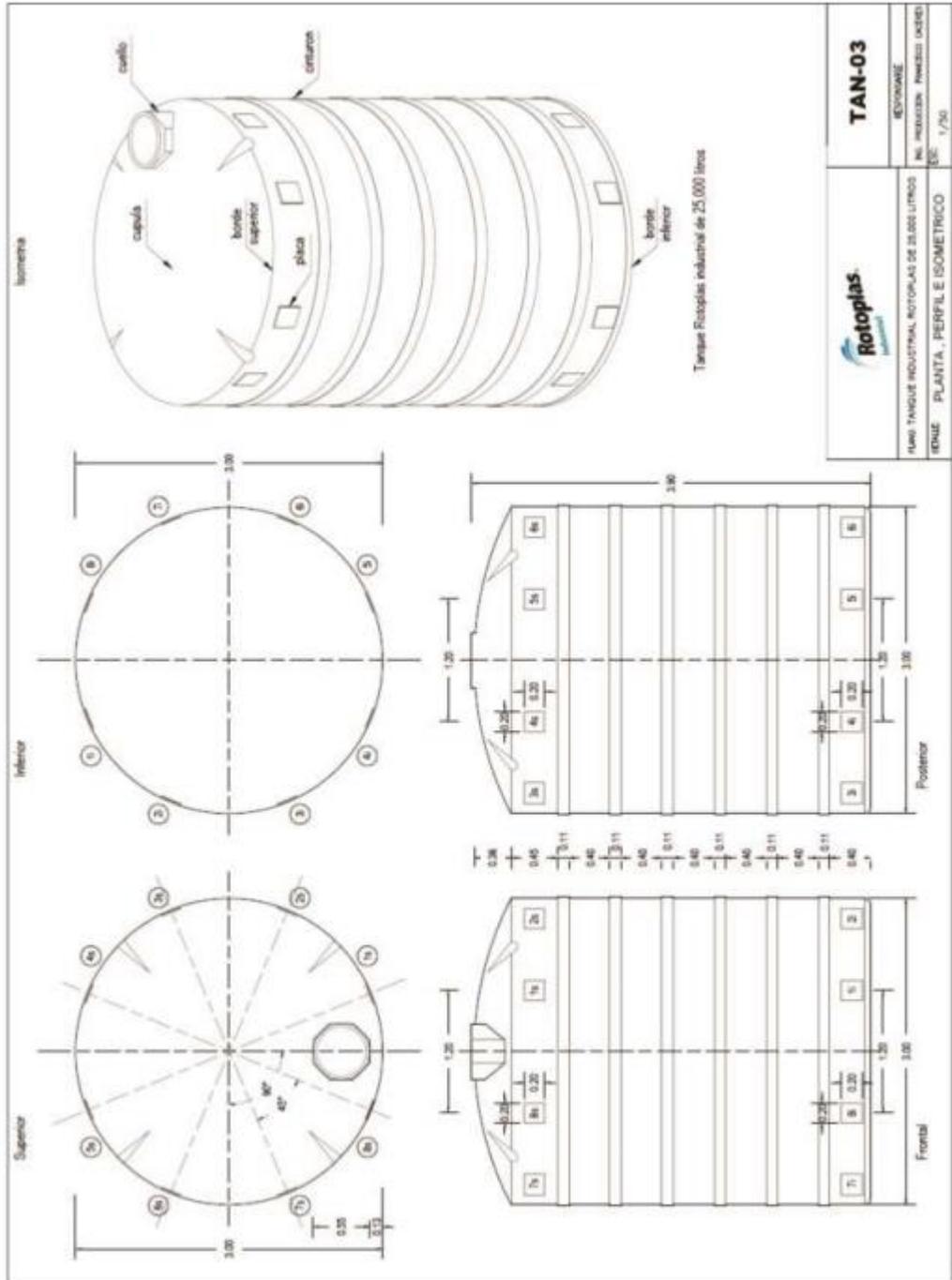
- Ideal para almacenar más de 300 sustancias químicas. Consultar guía de resistencia química de los Tanques Rotoplas.
- Mantiene las características físicas y químicas de los productos y no transfiere color, olor ni sabor al producto almacenado.
- No se agrieta, no se oxida, ni se corroe, evitando fugas y contaminaciones al producto almacenado.
- Fabricado en una sola pieza. Fácil de transportar, instalar y desmontar.
- Tiene 6 años de resistencia que le permite mayor estabilidad.
- Fácil limpieza y mantenimiento.
- Tiene un sistema de sujeción (anclaje) y corta vientos.
- Cuenta con 16 cuadrantes ubicados simétricamente cada 45° (8 en la parte superior y 8 en la parte inferior), lo que facilita la colocación de conexiones de hasta 3".
- Indicador de medidas en galones y litros.
- Asesoría técnica especializada.



Soluciones para almacenamiento de agua
y sustancias industriales



8. Medidas



	TAN-03
	REVISIONES
NOMBRE: TANQUE INDUSTRIAL ROTOPLAS DE 25.000 LITROS FECHA: PLANTA, PERFIL E ISOMETRICO	NO. INDICACION: PMS0003-00003 ESC: 1/30



**PVsyst V7.2.4**

VC2, Fecha de simulación:
25/06/23 03:07
con v7.2.4

Proyecto: tesis

Variante: tesis

Resumen del proyecto**Sitio geográfico**

Huaca Corral
Peru

Situación

Latitud -8.84 °S
Longitud -78.59 °W
Altitud 107 m
Zona horaria UTC-5

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Huaca Corral
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema**Sistema de bombeo FV****Orientación campo FV**

Plano fijo

Pozo a depósito**Necesidades de agua**

Constante anual 20.00 m³/día

Información del sistema**Conjunto FV**

Núm. de módulos 8 unidades
Pnom total 3240 Wp

Resumen de resultados**Agua**

Agua bombeada 7314 m³
Específico 4848 m³/kWp/bar
Necesidades de agua 7300 m³
Agua faltante -0.2 %

Energía

Energía en la bomba 1481 kWh
Específico 0.20 kWh/m³
Sin usar (tanque lleno)
Energía FV no utilizada 2023 kWh
Fracción no utilizada 31.9 %

Eficiencias

Eficiencia del sistema 23.3 %
Eficiencia de la bomba 6.6 %

ANEXO N.º 15. Sistema de bombeo solar con baterías



PVsyst V7.4.0

VC6, Fecha de simulación:
22/07/23 13:08
con v7.4.0

Proyecto: Tesis-Solano Avila

Variante: Sistema de bombeo solar con baterías

Parámetros generales

Sistema independiente		Sistema independiente con baterías	
Orientación campo FV		Configuración de cobertizos	
Orientación		Modelos usados	
Plano fijo		Transposición	
Inclinación/Azimut		Difuso	
10 / 0 °		Circunsolar	
		Perez	
		Perez, Meteonom	
		separado	
Necesidades del usuario			
Perfil diario			
modulación semanal			
Promedio			
53 kWh/Día			

Características del generador FV

Módulo FV		Batería	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	JAM72-S10-405-PR	Modelo	Luna2000-5-SO, with inverter 2.5 kW
(Base de datos PVsyst original)		Tecnología	Lithium-ion, LFP
Unidad Nom. Potencia	405 Wp	Núm. de unidades	2 en paralelo x 5 en series
Número de módulos FV	8 unidades	Descarga mín. SOC	10.0 %
Nominal (STC)	3240 Wp	Energía almacenada	43.2 kWh
Módulos	1 Cadena x 8 En series	Características del paquete de baterías	
En cond. de funcionam. (50°C)		Voltaje	240 V
Pmpp	2956 Wp	Capacidad nominal	200 Ah (C10)
U mpp	300 V	Temperatura	Fijo 20 °C
I mpp	9.8 A		
Controlador		Control de gestión de la batería	
Controlador universal		Comandos de umbral como	Cálculo SOC
Tecnología	Convertidor MPPT	Cargando	SOC = 0.96 / 0.80
Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.	Descarga	SOC = 0.10 / 0.35
Convertidor			
Eficiencias máx y EURO	97.0 / 95.0 %		
Potencia FV total			
Nominal (STC)	3.24 kWp		
Total	8 módulos		
Área del módulo	16.1 m²		

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida diodos serie				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	506 mΩ	Caída de tensión	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC	Frac. de pérdida	0.2 % en STC			
Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s							
Pérdida de calidad módulo		Pérdidas de desajuste de módulo						
Frac. de pérdida	-0.8 %	Frac. de pérdida	2.0 % en MPP					
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Vidrio liso Fresnel, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.882	0.776	0.636	0.403	0.000

ANEXO N.º 16. Sistema de bombeo solar con baterías



Proyecto: Tesis-Solano Avila

Variante: Sistema de bombeo solar con baterías

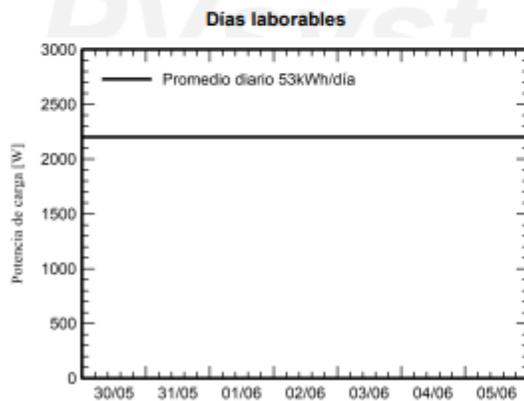
PVsyst V7.4.0

VC6, Fecha de simulación:
22/07/23 13:08
con v7.4.0

Necesidades detalladas del usuario

Perfil diario, modulación semanal, promedio = 53 kWh/día

Días laborables	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Fin de semana	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20



ANEXO N.º 17. Sistema de bombeo solar con baterías



Proyecto: Tesis-Solano Avila
 Variante: Sistema de bombeo solar con baterías

PVsyst V7.4.0

VC6, Fecha de simulación:
 22/07/23 13:08
 con v7.4.0

Resultados principales

Producción del sistema

Energía solar utilizable 5957.52 kWh/año
 Energía solar disponible 6169.33 kWh/año
 Exceso (sin usar) 0.06 kWh/año

Proporción rend. PR 80.30 %
 Fracción solar (SF) 30.91 %

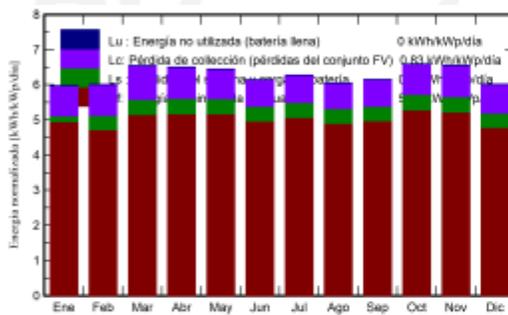
Pérdida de carga

Fracción de tiempo 69.1 %
 Energía faltante 13314.48 kWh/año

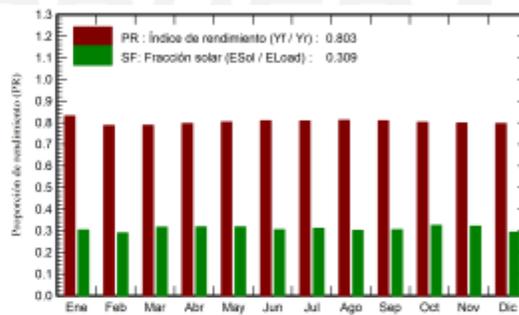
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW 98.1 %
 SOW estático 90.0 %
 Duración de vida de batería 10.0 años

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SoIFrac proporción
Enero	195.4	179.1	492.7	0.028	1139	498.1	1637	0.304
Febrero	172.9	163.4	445.9	0.014	1050	428.9	1478	0.290
Marzo	201.0	197.7	537.9	0.000	1119	518.3	1637	0.317
Abril	185.7	190.2	523.4	0.000	1081	503.3	1584	0.318
Mayo	183.0	195.4	540.8	0.000	1117	519.8	1637	0.318
Junio	165.9	180.0	503.5	0.000	1101	483.2	1584	0.305
Julio	178.1	189.5	530.4	0.000	1128	509.1	1637	0.311
Agosto	176.4	182.8	513.5	0.000	1144	492.9	1637	0.301
Septiembre	180.1	179.8	502.1	0.015	1100	483.8	1584	0.305
Octubre	207.4	198.5	551.2	0.000	1106	530.9	1637	0.324
Noviembre	206.9	190.4	527.3	0.000	1076	508.4	1584	0.321
Diciembre	198.7	180.0	500.4	0.000	1156	481.0	1637	0.294
Año	2249.5	2226.9	6169.3	0.056	13314	5957.5	19272	0.309

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 E_Avail Energía solar disponible
 EUnused Energía no utilizada (batería llena)
 E_Miss Energía faltante
 E_User Energía suministrada al usuario
 E_Load Necesidad energética del usuario (Carga)
 SoIFrac Fracción solar (EUtilizada / ECarga)

ANEXO N.º 18. Sistema de bombeo solar con baterías



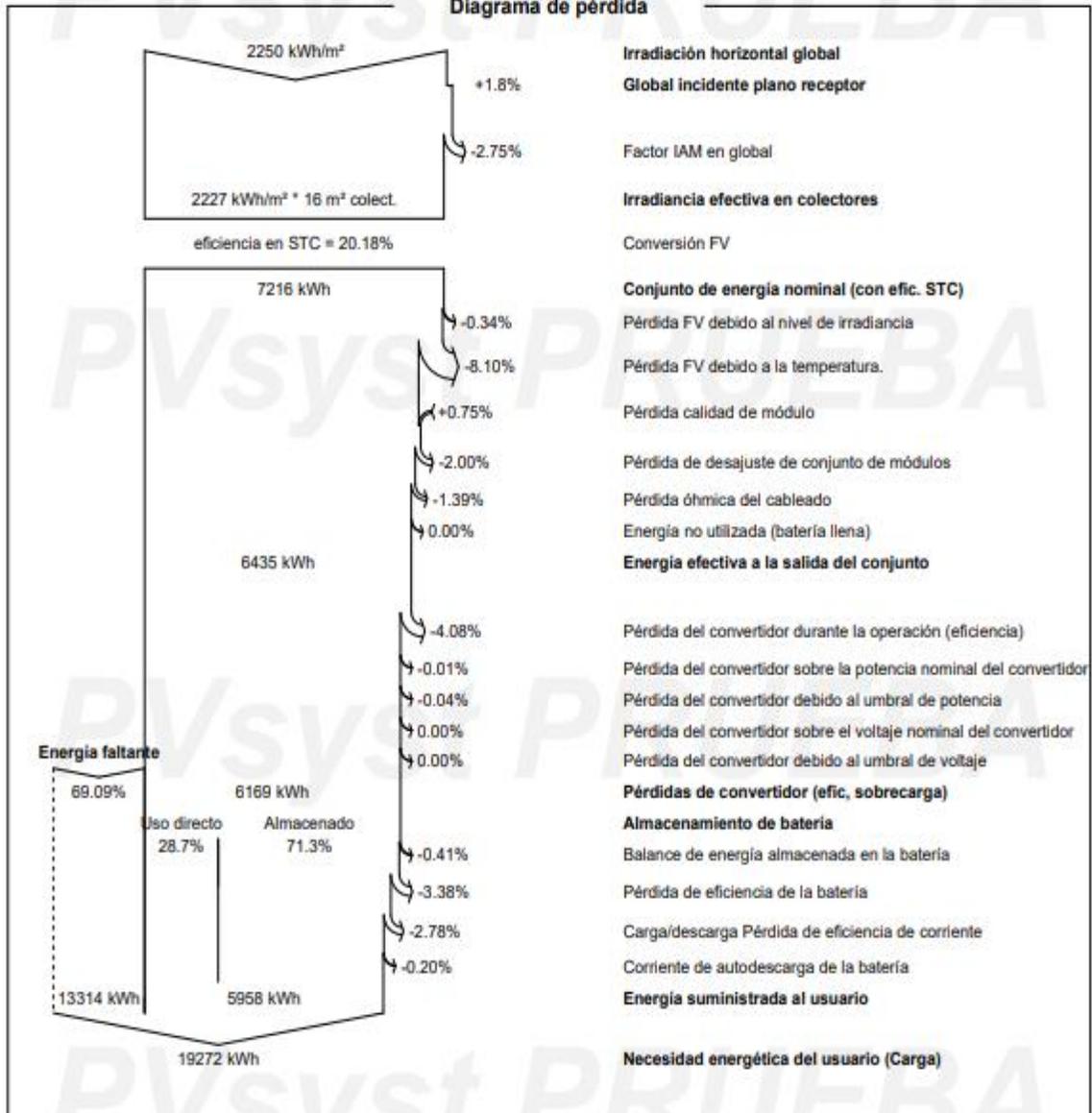
PVsyst V7.4.0

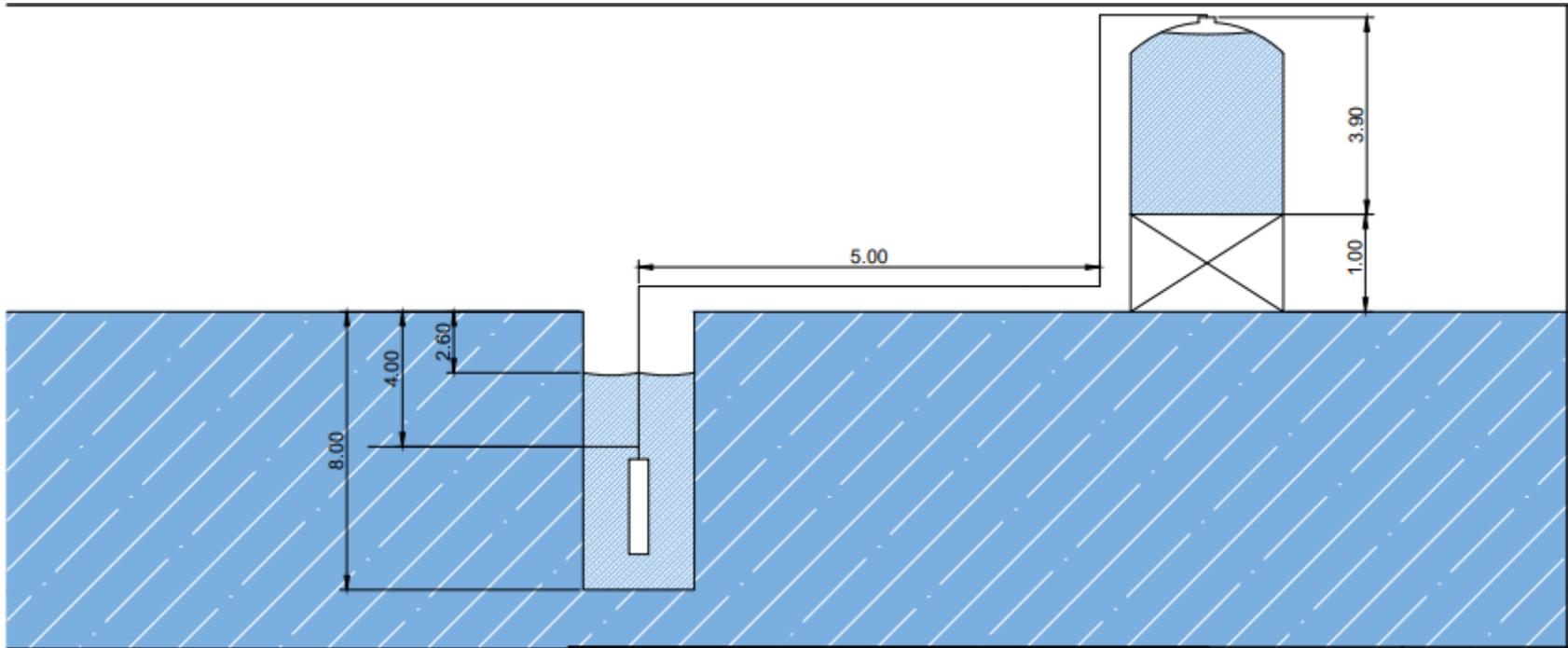
VCB, Fecha de simulación:
22/07/23 13:08
con v7.4.0

Proyecto: Tesis-Solano Avila

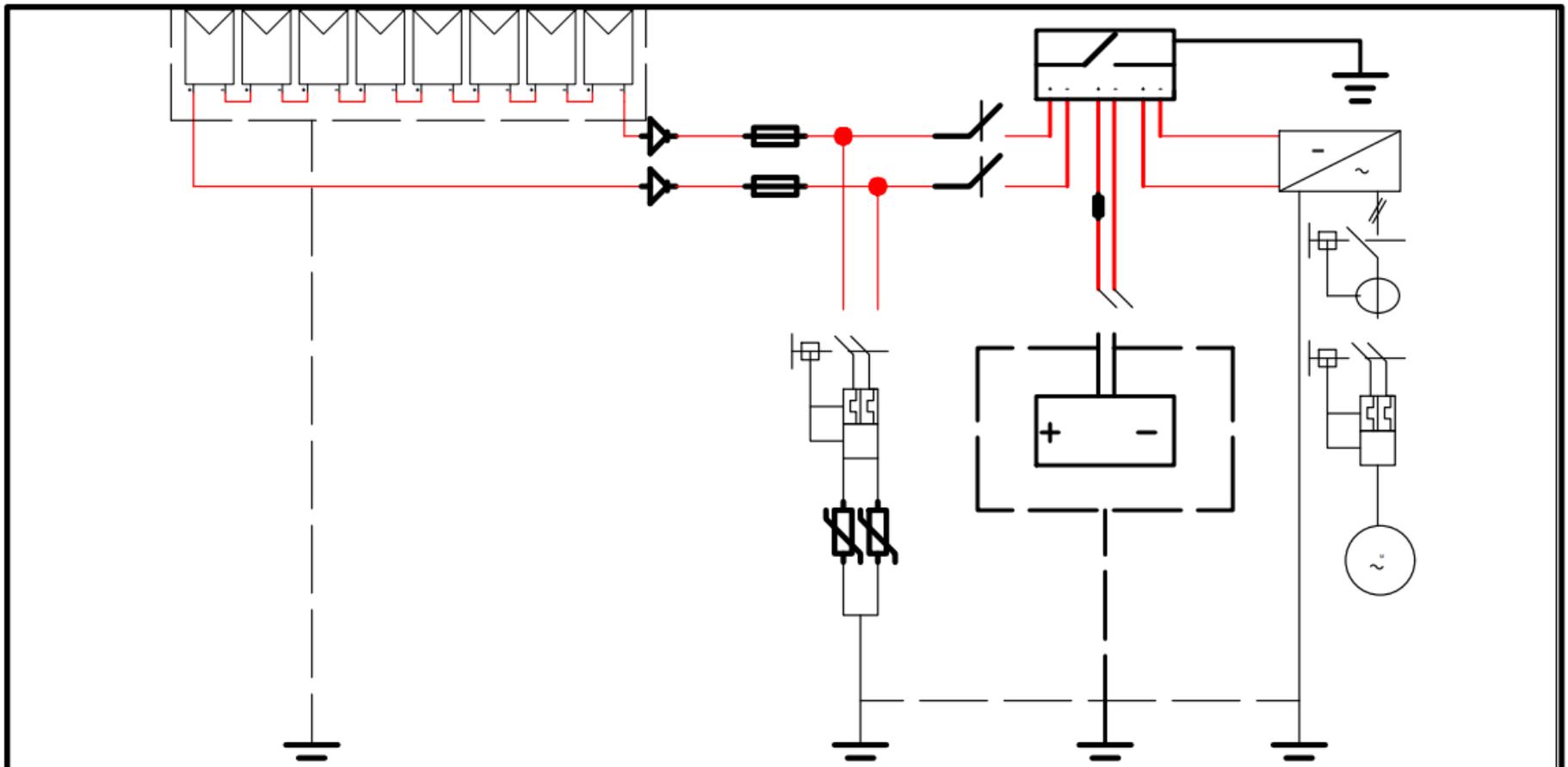
Variante: Sistema de bombeo solar con baterías

Diagrama de pérdida





UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		FECHA:
		11/07/23
FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA		
DISEÑADO POR:	SISTEMA DE BOMBEO	
SOLANO AVILA Y.		



LEYENDA	
	Panel Fotovoltaico
	Puesta a tierra
	Fusible
	Inversor CC/CA
	Diodo
	Bombeo en corriente alterna

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	
DISEÑADO POR:	DIAGRAMA UNIFILAR DEL PROYECTO
Solano Avila Y.	

FECHA:
03/07/23


VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA	
VARIABLES INDEPENDIENTES	Radiación solar	El término radiación se usa para un cuerpo que radia, mientras que el término irradiación se usa para un objeto expuesto a la radiación. (17)	Cantidad de irradiación	Wh/m^2	Intervalo
	Demanda energética	La demanda energética es la cantidad de energía que se necesita para cubrir las necesidades de una población o sector en particular. Esta energía puede provenir de diferentes fuentes, como la electricidad, el gas natural, el petróleo, la energía solar, entre otras. (38)	Bomba sumergible	Potencia eléctrica de la bomba	Razón
	Diseño de sistema de bombeo.	El proceso de bombeo de agua implica elevar un determinado volumen de agua desde un nivel por debajo de la superficie hasta la boca del pozo. (37)	Selección y especificación del equipo.	Caudal Carga dinámica total	Razón
VARIABLES DEPENDIENTES	Diseño de sistema fotovoltaico	Es un conjunto de módulos solares integrados que aprovechan la energía solar por medio de celdas. (36)	Configuración del sistema	Potencia del panel Paneles en serie Paneles en paralelo Eficiencia del panel	Razón