



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y
DESALINIZACIÓN DE AGUA POR OSMOSIS
INVERSA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA
UNA CAPACIDAD DE 4 M3 POR HORA**

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

Autor:

Bach. Yrigoin Quiroz, Witber Roni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1057-5265>

Asesor:

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio ambiente

Pimentel – Perú

2022

**DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y DESALINIZACIÓN DE AGUA
POR OSMOSIS INVERSA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA UNA
CAPACIDAD DE 4 M3 POR HORA**

APROBACIÓN DE DEL JURADO

Dra. Silvia Yvone Gastiaburú Morales

Presidente del jurado de tesis

Mtro. Juan Carlos Vives Garnique

Secretario del jurado de tesis

MSc. Ángel Marcelo Rojas Coronel

Vocal del jurado de tesis


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y DESALINIZACIÓN DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA UNA CAPACIDAD DE 4 M3 POR HORA

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

YRIGOIN QUIROZ WITBER RONI	DNI: 73215104	
-----------------------------------	----------------------	---

Pimentel, 02 de febrero de 2023.

DEDICATORIAS

Dedico este gran logro a mis padres que día a día trabajaron para darme una buena educación, también dedico a mis familiares que estuvieron allí conmigo brindándome buenos consejos para así poder salir adelante, agradeceré siempre por este gran logro que ellos me dieron con cada cosa que aportaron por mí y devolveré cada esfuerzo que hicieron para yo terminar mi carrera. Gracias papa y mama gracias por darme una educación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los maestros que desde el primer día de clases hasta el día de hoy han sido partícipes de mi formación, ya que de alguna u otra forma son ellos quienes introducen al alumno en el mundo de la investigación.

Asimismo, se agradezco a las autoridades de la Universidad Señor de Sipán que con su buena gestión administrativa y el consiguiente trabajo en equipo han sabido sacar adelante la universidad, para poder lograr el tan ansiado licenciamiento.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de extracción y desalinización de agua subterráneas en el fundo el Milagro Jayanca-Lambayeque. que funcione con energía solar fotovoltaica, esta tesis es una investigación fue cuasi-experimental de tipo aplicada, para el desarrollo se estableció la potencia y energía requerida en el caserío para la adquisición de agua desalinizada por osmosis inversa, esta cuenta con dos motobombas una sumergible de 3 hp y otra de alta presión de 1.5 kW para el proceso de desalinización, estas funcionan durante 8 horas diarias consumiendo una energía de 29.9 kWh por día de utilización se alimentan con una motobomba de 6 kW, el sistema reemplaza a esta motobomba generando la suficiente energía para que se utilicen ambas bombas por medio de controladores de bombeo y paneles solares sin batería el sistema contara con un controlador de 4 kW y 1.5 kW para cada bomba respectivamente para el dimensionamiento del campo solar se utilizó la radiación mínima en un periodo de 8 horas del mes mas critico que fue diciembre la radiación fue de 0.42 kWh/m² al día y se requirieron un total de 27 paneles para la bomba sumergible y 10 paneles para la bomba de alta presión considerando paneles de 400 Wp, comparado con el sistema actual se calcularon un TIR y un VAN de 17% y S/. 13,468.51 respectivamente volviendo factible el diseño.

PALABRAS CLAVE. Desalinización por osmosis, Fotovoltaico, Controlador de bombeo

ABSTRAC

The objective of this research was to design a groundwater extraction and desalination system in the Milagro Jayanca-Lambayeque estate. that works with photovoltaic solar energy, this thesis is a quasi-experimental research of an applied type, for the development the power and energy required in the village for the acquisition of desalinated water by reverse osmosis was established, it has two motor pumps, one submersible of 3 hp and another of high pressure of 1.5 kW for the desalination process, these work for 8 hours a day consuming an energy of 29.9 kWh per day of use, they are fed with a 6 kW motor pump, the system replaces this motor pump generating the enough energy to use both pumps by means of pumping controllers and solar panels without battery the system will have a controller of 4 kW and 1.5 kW for each pump respectively for the dimensioning of the solar field the minimum radiation was used in a period of 8 hours of the most critical month, which was December, the radiation was 0.42 kWh/m² per day and a total of 27 panels were required for the submersible pump and 10 panels for the high pressure pump considering panels of 400 Wp, compared to the current system, an IRR and a NPV of 17% and S/. 13,468.51 respectively making the design feasible.

KEYWORDS. Osmosis desalination, Photovoltaic, Pump controller

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	9
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2 ANTECEDENTES.....	15
1.3 TEORÍA RELACIONADA AL TEMA.	17
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	21
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	21
1.6 HIPÓTESIS.....	22
1.7 OBJETIVOS.	22
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.2 POBLACIÓN Y NUESTRA.	24
2.3 VARIABLES OPERACIONALES.....	24
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	27
2.5 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS.	27
2.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	28
2.7 CRITERIO DE RIGOR CIENTÍFICO.....	29
III. RESULTADOS	32
3.1 ANALIZAR LA POTENCIA Y ENERGÍA DE LA PLANTA DESALINIZADORA.	32
3.2 DETERMINAR EL POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO.	36
3.3 CALCULAR LOS DIVERSOS ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN, DESALINIZACIÓN DE AGUA.	40
3.4 REALIZAR LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.	45
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1. CONCLUSIONES	50
4.2. RECOMENDACIONES	50
V. REFERENCIAS.....	51
ANEXOS	55

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

1.1.1 Mundial.

Como se puede observar en la **Figura 1** que la escasez de agua no es un problema local, también es un problema global q afecta a muchos países del mundo que tienen lugares áridos, la agricultura es un medio económico en donde se tiene más relevancia a la escases de agua, en la actualidad es responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso lo cual implica q la agricultura es el más afectado por la escases de agua que se presenta. (FAO, 2013, pág. 2).

El uso del agua con el pasar de los años se ha ido incrementando desde el 1980 el agua se incrementó su consumo un 1% por cada año esto se ha debido principalmente al constante desarrollo de los países bajos, también se espera que la demanda global de agua continúe aumentando a un ritmo similar hasta 2050, hasta un aumento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua. (UN-WATER, 2019, pág. 1).

Para 2050 para hacer frente a un aumento de la población a un 40% esto implica que la producción agrícola a nivel mundial necesitaría aumentar en unos 70% durante el período comprendido 2006-2050 es por eso que en diferentes partes del mundo están desarrollando diferentes investigaciones de desalinización de aguas subterráneas para satisfacer necesidades de los agricultores. (Nations, 2009, pág. 4).

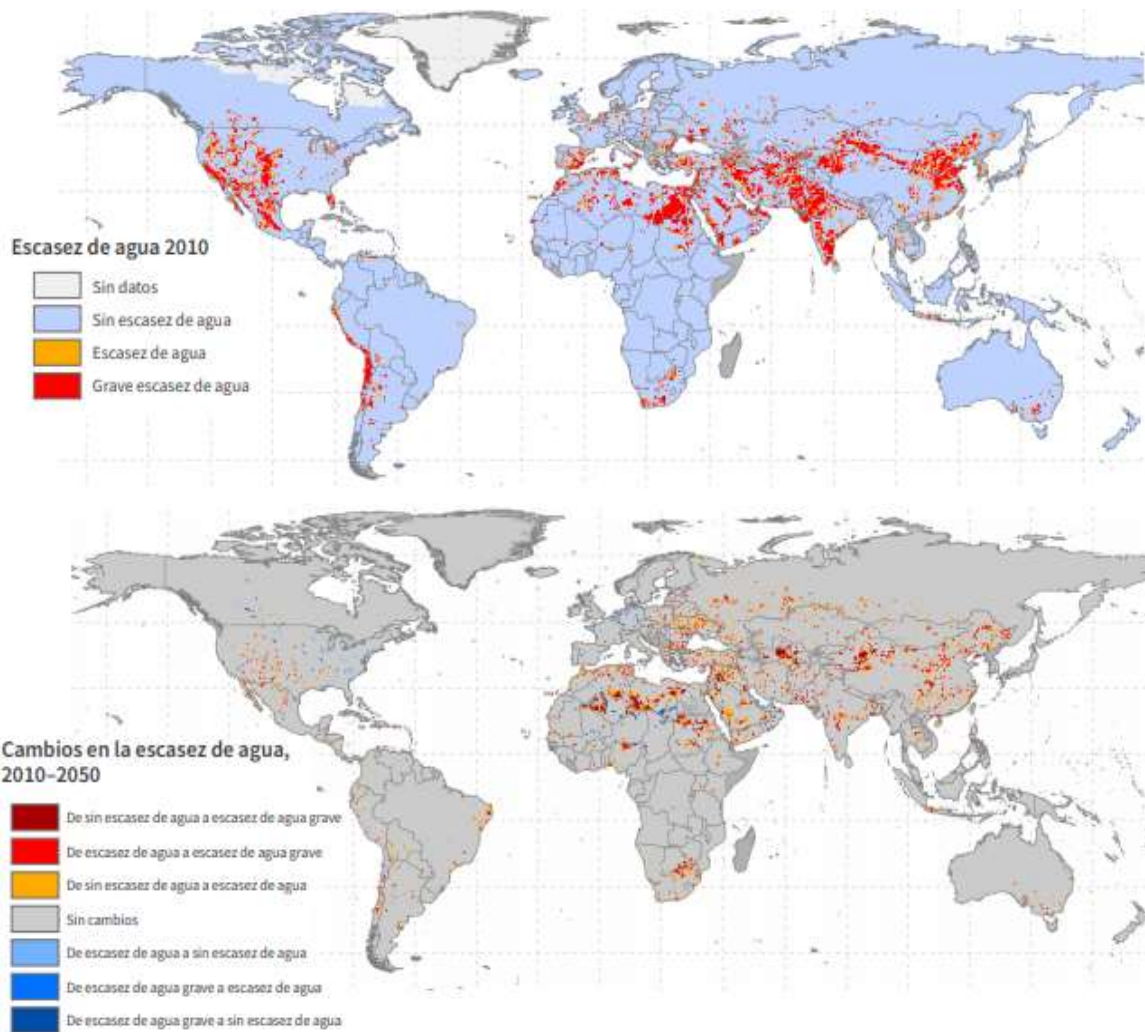


Figura 1. Mapa físico de la escasez de agua en 2010 (Figura superior) y el cambio previsto de la escasez de agua para el 2050 (Figura inferior) con base en un escenario prudencial (SSP2)

1.1.2 Internacional.

Así como en todo el globo terráqueo los países que conforman americana sufren la falta de agua debido a que sus tierras que les conforman están en lugares secos, no obstante como se muestra en las Tabla 1 y Tabla 2 el 13% de las tierra cultivada se encuentra con algún método de riego mientras que el restante sufre la escases de agua. (agricolas, 2017, págs. 52-55).

Esto hace que a países como a Chile desarrollen proyectos de desalinización que beneficiara a sus agricultores, este proyecto funcionara este 2020. (País Circular, 2020).

“A ello se suma el proyecto más grande de toda América, que es el de playas de Rosarito, en Baja California en México la planta será una realidad en una primera fase en el 2020 con 190 mil metros cúbicos por día y en el 2024 llegando a 380 mi” (BBC, 2017).

Tabla 1.

Superficie y porcentaje de riego según países de latinoamericanos

PAÍS	SUPERFICIE CULTIVADA *	SUPERFICIE IRRIGADA **	SUPERFICIE DE SECANO	% DE RIEGO
Antigua y Barbuda	5.0	0.4	4.6	8
Argentina	40 699.0	2357.0	38 342.0	6
Bahamas	12.0	1.0	11.0	8
Barbados	12.0	5.4	6.6	45
Belice	110.0	3.5	106.5	3
Bolivia (Estado Plurinacional de)	4670.0	297.2	4372.8	6

Nota. Adaptado de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2016. AQUASTAT (en línea, base de datos). Roma, Italia.

Tabla 2*Superficie y porcentaje de riego según países*

PAÍS	SUPERFICIE CULTIVADA *	SUPERFICIE IRRIGADA **	SUPERFICIE DE SECANO	% DE RIEGO
Brasil	82 808.0	5400.0	77 408.0	7
Canadá	50 651.0	1218.0	49 433.0	2
Chile	1766.0	1109.0	657.0	63
Colombia	3448.0	1087.0	2361.0	32
Costa Rica	552.0	101.5	450.5	18
Cuba	3576.0	557.6	3018.4	16
Dominica	23.0	0.2	22.8	1
Ecuador	2663.0	1500.0	1163.0	56
El Salvador	945.0	45.2	899.8	5
Estados Unidos de América	154 437.0	26 708.0	127 729.0	17
Granada	10.0	0.4	9.6	4
Guatemala	2036.0	337.5	1698.5	17
Guyana	448.0	143.0	305.0	32
Haití	1350.0	97.0	1253.0	7
Honduras	1475.0	89.7	1385.3	6
Jamaica	215.0	30.7	184.3	14
México	25 668.0	6460.0	19 208.0	25
Nicaragua	1790.0	199.1	1590.9	11
Panamá	748.0	32.1	715.9	4
Paraguay	4585.0	136.2	4448.8	3
Perú	5534.0	2580.0	2954.0	47
República Dominicana	1155.0	306.5	848.5	27
San Cristóbal y Nieves	5.1	0.0	5.1	0
San Vicente y las Granadinas	8.0	0.5	7.5	6
Santa Lucía	10.0	3.0	7.0	30
Surinam	66.0	57.0	9.0	86
Trinidad y Tobago	47.0	7.0	40.0	15
Uruguay	2363.0	238.0	2125.0	10
Venezuela (República Bolivariana de)	3400.0	1055.0	2345.0	31
TOTAL	397 290.1	52 163.8	345 126.3	13

Nota. Adaptado de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2016.AQUASTAT (en línea, base de datos).

1.1.3 Nacional.

El Perú según el IV CENAGRO 2012 el 36% de las superficies agrícolas que se cultivan cuentan con riegos, mientras que el 64% está en lugares secos con los únicos recursos que el medio ambiente les ofrece (lluvias, manantiales, posos tubulares) (MINAGRI, 2019, pág. 50).

Es por eso que se está planteando 13 plantas desalinizadoras en 7 regiones costeras esto también se basa en el estudio de nuevas fuentes de energía aparte de las convencionales dentro de las alternativas están los recursos renovables (ANDINA, 2019)

1.1.4 Local.

en el ámbito de la costa solo el 87% de las superficies cuentan con riegos, y el 13% restante son lugares sin acceso a recursos hídricos bajo los argumentos señalados nace la necesidad de investigar la desalinización de aguas subterráneas mediante la utilización de recursos renovable (MINAGRI, 2019, pág. 50).

Los últimos proyectos de irrigación existentes en la región Lambayeque no es suficiente para la demanda que existe, y esto no cubre al cien por ciento de los terrenos existentes, esto implica a la busca de nuevas tecnologías modernas para satisfacer dichas necesidades en los agricultores, para ello es necesario identificar el lugar con alta escases de recursos hídricos y con un gran potencial de energía fotovoltaico. este sistema va dirigido a lugares sin ningún acceso a canales de regadíos y con un alto potencial energético solar y que cuentan con posos tubulares o algún otro sistema de explotación de aguas subterráneas siendo su única fuente hídrica.

La localidad del Milagro (Jayanca), no poseen suministro eléctrico ni de agua, sin embargo por sus únicas fuentes de aguas que poseen (norias, posos tubulares), y se puede extraer este recurso (agua subterránea) para luego ser bombeada y almacenada mediante motobombas o electrobombas, pasando por una desalinizadora por osmosis inversa, que tiene como fuente principal para funcionar electricidad, la cual es abastecida mediante un grupo generador, para concluir obteniendo agua desalinizada.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Freire (2017) en su tesis titulada “Estudio del consumo de energía en el proceso de osmosis inversa utilizando un filtro de membrana de grafeno para la desalinización del agua del mar” el autor realizo el estudio del consumo de energía para la osmosis inversa que utiliza el filtro de oxido de grafeno (GO) para realizar la desalinización del agua marítima. Se caracterizo físicamente la membrana GO, en microscopía de fuerza atómica, esta presento un tamaño de poro en un intervalo del 200 a 160 nm con un espesor de 10 nm. Se selecciono la configuración en espiral que es la mas usada para tratar agua y se construyo un filtro con el material descrito incorporándose al equipo que realiza la osmosis. Par realizar las experiencias se vario la cantidad de sal en la solución de alimentación, se tuvieron dos coeficientes y flujos para transportar la nada del agua y el soluto; el rechazo de sales y el porciento de recuperación, además se diseño el consumo de energía de la membrana y se comparo con la membrana TFC (Thin Film Composite), teniendo en cuenta la sección efectiva de cada membrana, concluyendo al final que el consumo en la membrada de oxido e grafeno es menor que la utilizada comercialmente debido a las presiones de operación que son menores y el alto coeficiente de transporte de masa de agua, al final se obtuvieron permeados con SDT (sólidos disueltos totales) iguales o menores a 500ppm.

1.2.2 Nacionales.

Rivas (2019) en su tesis titulada “Diseño de una maquina osmosis inversa para producir agua ultra pura en el laboratorio de manufactura de la PUCP” menciona la descripción del proceso de purificación de agua por mediante cartuchos de resina iónica y una membrana de osmosis inversa, también describe los costos requeridos para el armado, fabricación y operatividad de la máquina, así como la elaboración de los planos y la selección de componentes. Para el diseño se tubo en cuenta el agua requerida en el laboratorio y el suministrada por la red viendo en ambos casos sus características de caudal y calidad del agua, selecciono la membrana más adecuada para poder producir el requerimiento de agua con una purificación alta, calculo las pérdidas de la instalación en tuberías y accesorios para poder seleccionar la bomba que pueda cubrir los requerimientos de perdidas y caudal necesarios con la mayor eficiencia posible, se calculó como solución la composición y vida útil requeridas para

una capa de resina ionizadora mixta que pueda filtrar el agua ultra pura con PH neutro mediante las teorías químicas. La membrana de ósmosis inversa una membrana en espiral de poliamidas y la bomba que se selecciono fue de desplazamiento positivo con diafragma, teniendo un costo total de S/. 6'500.00.

Cerron (2019) en su investigación Dimensionamiento del potencial fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash tiene como objetivo general, dimensionar un sistema fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora de agua de mar por ósmosis inversa, para el poblado La Gramita - Casma del departamento de Ancash, teniendo como objetivos específicos evaluar el potencial solar de la zona de estudio, la demanda de energía eléctrica para el funcionamiento de una planta desalinizadora de agua de mar por ósmosis inversa, las dimensiones de los componentes del sistema fotovoltaico mediante el balance de energía y el análisis de los beneficios ambientales, económicos y sociales. El diseño de esta investigación es no experimental con muestreo no probabilístico, la muestra fue de 19 habitantes en una población de 260 a los que se les aplico una encuesta, se determino que la demanda de agua requerida es de 36.01 Lt/hab al día en verano y de 20.68 Lt/hab al día en invierno lo que involucra una demanda de 9'386 Lt y 5'376 Lt de agua al día respectivamente. La planta para realizar la osmosis inversa es el modelo 1800 –BHL–4, con capacidad de 6'800 Lt/día, su corriente de trabajo es de 5,5 A con voltaje trifásico de 230 V, con la cual se cubre el 72% de la demanda de verano y el 75% de la demanda de invierno. El sistema fotovoltaico diseñado con el método de balance de energía, un inversor-regulador de 5000 VA, 24 baterías de 2 400 Ah conectadas en serie y 45 paneles fotovoltaicos Yingli Solar modelo YL280C-30b, al ser de beneficio social el agua se entregará subvencionada a las familias y mantenimiento como la operación de la planta se llevará a cargo por alguna empresa prestadora de servicios.

1.2.3 Regionales.

Cruzado (2019) en su trabajo de investigación titulado Proceso físico para la desalinización del agua de mar en la Zona Costera de Lambayeque. tiene como fin

realizar el proceso físico para la desalinización del agua de mar en la zona costera de Lambayeque, con la determinación de los diferentes análisis físicos y químicos que se realizaron en los laboratorios de química física, laboratorio de biotecnología y microbiología de la Universidad César Vallejo. Los objetivos del trabajo son: Determinar el proceso físico adecuado para la desalinización del agua de mar en la zona costera de Lambayeque, extraer las muestras del agua de mar de la zona costera de Pimentel, Santa Rosa y Puerto Eten, Realizar los análisis fisicoquímicos de cada una de las muestras del agua de mar existentes antes de la destilación, efectuar la destilación de cada una de las muestras de agua de mar extraídas, realizar los análisis físicos y químicos de cada una de las muestras después de pasar por el proceso de destilación, comparar los resultados de las muestras con los estándares de Calidad Ambiental (ECA). Se realizaron análisis físicos y químicos del agua de mar del departamento de Lambayeque antes y después de utilizar el destilador, en la que se toma en cuenta como principales análisis de medición; Temperatura, densidad, turbidez, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, pH, dureza, alcalinidad, cloruros, salinidad. Los resultados de los análisis realizados son muy puntuales y fueron elaborados a través del presente trabajo de investigación donde se obtuvo que el agua de mar puede ser desalinizada y apta para el uso doméstico y aseo personal. Palabras claves: Desalinización, alcalinidad, salinidad, destilación, temperatura.

1.3 Teoría relacionada al tema.

1.3.1 Energía fotovoltaica.

La fuente de energía renovable es aquella adquirida de la radiación solar para luego transformarla en electricidad mediante celdas solares. (Rendón, 2020, pág. 228).

1.3.2 Energía solar.

La energía del sol es la luz y calor que llega a la tierra esta energía es una de las muchas renovables existentes para que esta energía sea convertida en electricidad se tiene que captar esta energía con celdas solares (Figura 2. Cuáles son las mejores tecnologías generadoras de energía solar en Perú: Recuperada de: <http://vidatech.pe/cuales-son-las-mejores-tecnologias-generadoras-de-energia-solar-en-peru/> (Rendón, 2020, pág. 227)..



Figura 2. Cuáles son las mejores tecnologías generadoras de energía solar en Perú: Recuperada de: <http://vidatech.pe/cuales-son-las-mejores-tecnologias-generadoras-de-energia-solar-en-peru/>

1.3.3 Panel solar

Los paneles solares están formados “por la unión de dos materias semiconductoras de silicio dopado de un tipo N y otro tipo P haciendo la unión P-N o unión diodo, al incidir la luz solar aparece un campo eléctrico desde la zona N, donde están los electrones libres, hasta la zona P, donde existen los huecos, aunque dentro del semiconductor las cargas están compensadas, aparecen polaridades localizadas en la interfase unión P-N” (Vázquez, 2018, pág. 9).

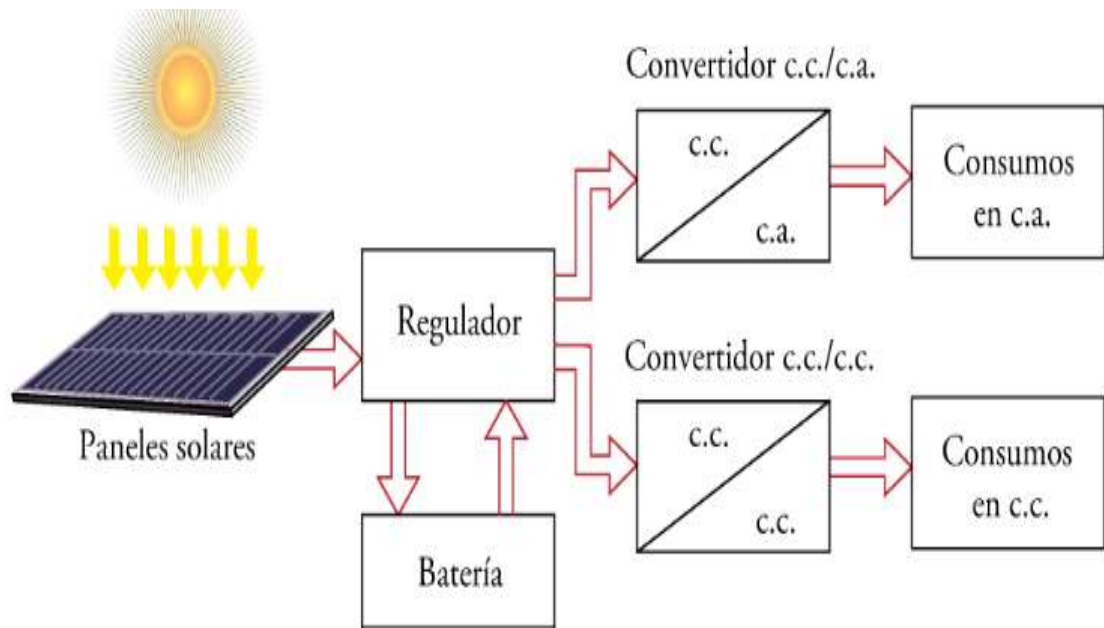


Figura 3. Reproducida de composición de una instalación solar fotovoltaica aislada de Vázquez, 2018.

“En condiciones de radiación solar de 1 kW/m^2 , una célula solar en condiciones óptimas de trabajo proporciona una potencia de 14 mW/cm^2 (28 mA/cm^2 a una tensión de $0,5 \text{ V}$), lo que supone un rendimiento del 14%, si varía la iluminación, la corriente de la célula varía proporcionalmente, en tanto que la tensión se mantiene casi invariable, naturalmente, estos niveles de tensión son inutilizables para la mayor parte de las aplicaciones, pero si se desea obtener mayor tensión, basta conectar un cierto número de células en serie, así conectando 36 de ellas (dimensiones normales, $7,6 \text{ cm}$ de diámetro) se obtienen 18 V , tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12 V , incluso con iluminaciones mucho menores de 1 kW/m^2 , estas 36 células interconectadas y montadas entre dos láminas de vidrio que las protegen de la intemperie constituyen lo que se denomina un módulo fotovoltaico” (Solar, 2020, pág. 28).

1.3.4 Desalinización por ósmosis inversa

“La ósmosis inversa es un sistema basado en el funcionamiento de la ósmosis natural. esta se produce cuando dos soluciones líquidas de distintas proporciones de sales se encuentran dispersas por una membrana semipermeable de forma natural aparece un flujo de agua de la disolución de menor solución hacia la de mayor

concentración de forma natural, únicamente pasan las moléculas de agua, quedando las sales atrapadas en la membrana”. (Moreno, 2019, págs. 23-24).

“Este flujo continúa hasta que las concentraciones a ambas superficies de la membrana se igualan, la fuerza que provoca el fenómeno se le conoce como presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambos líquidos, el proceso de ósmosis inversa produce una inversión en la dirección del flujo, es decir aplicando una presión superior a la osmótica sobre la disolución más concentrada se consigue que el agua fluya hacia la solución más diluida así no se concibe el proceso de ósmosis inversa sin el uso de membranas que imposibiliten el paso de la sal, en la actualidad, según la aplicación de uso, existen diferentes modelos de membranas”. (Moreno, 2019, págs. 23-24)

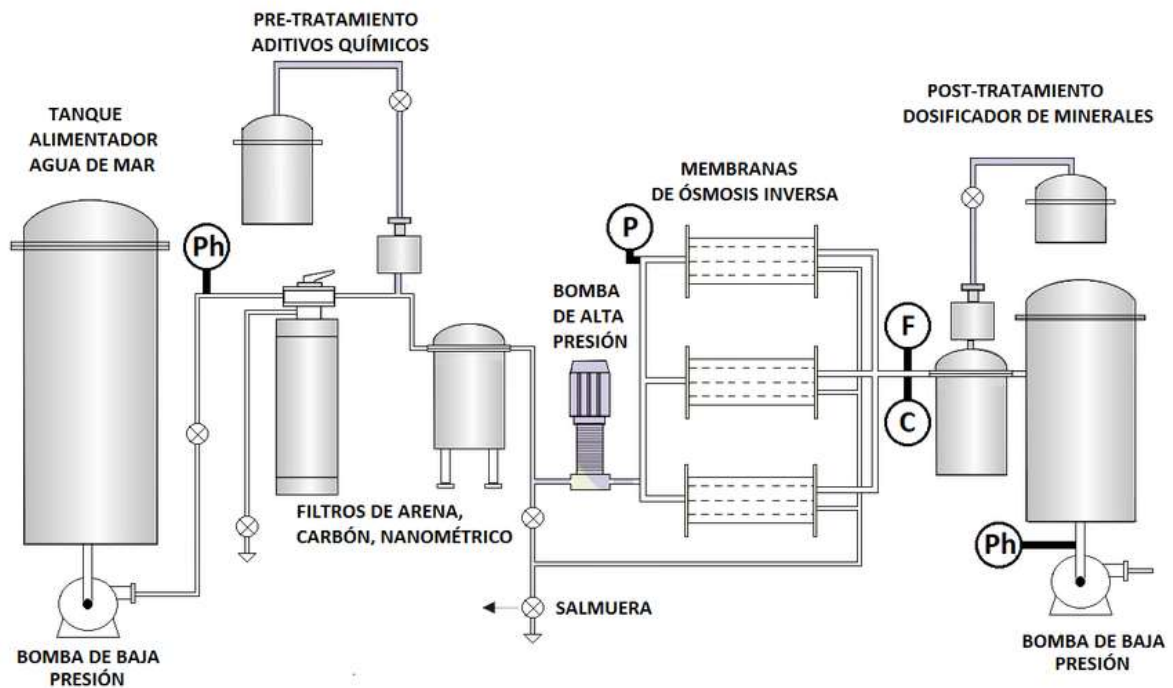


Figura 4. Reproducido de Esquema de una planta por ósmosis inversa Recuperada de: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Diagrama-esquemático-de-una-planta-de-osmosis-inversa_fig1_291332097



Figura 5. Reproducido de filtrado por osmosis inversa de aguas recicladas de Moreno, 2019.

1.4 Formulación del problema.

¿Cuáles serían las configuraciones técnicas del sistema fotovoltaico para la desalinización de agua por osmosis inversa del fundo el milagro distrito de Jayanca -Lambayeque?

1.5 Justificación del estudio.

1.5.1 Justificación ambiental.

La extracción de Agus y desalinización buscara reducir la contaminación ya que utilizara como fuente de energía recursos renovables (energía fotovoltaica).

1.5.2 Justificación tecnológica.

El resultado de esta investigación dará el camino a un nuevo sistema de extracción y desalinización de agua en el milagro distrito de Jayanca -Lambayeque ya que se utilizará la energía fotovoltaica esto implicará una nueva alternativa de aprovechamiento de recursos existentes en el lugar.

1.5.3 Justificación económica.

Al utilizar la energía renovable se obtendrá una inversión que se recuperará en un largo plazo sin la necesidad de invertir en combustibles adicionales.

1.5.4 Justificación social.

En el Perú se viene desarrollando sistemas de desalinización de manera positiva lo cual implica un mayor enfoque en la elaboración de este tipo de sistemas. Este sistema mejorara el desarrollo de los agricultores del distrito de Jayanca ya que en este lugar es la agricultura su único medio económico.

1.6 Hipótesis.

No aplica.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema de extracción y desalinización de agua subterráneas en el fundo el Milagro Jayanca-Lambayeque. que funcione con energía solar fotovoltaica.

1.7.2 Objetivos específicos.

- Analizar la potencia y energía de la planta desalinizadora.
- Determinar el potencial de energía solar fotovoltaico.
- Calcular los diversos elementos electromecánicos del sistema de extracción, desalinización de agua.
- Realizar la evaluación económica del sistema de tratamiento de agua y de generación eléctrica.

Capítulo II

MATERIALES Y MÉTODOS

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo y diseño de investigación.

Tipo: Aplicada.

Del Castillo (2014) menciona que la investigación aplicada consiste en mantener conocimientos y realizarlos en la práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana. En este caso aplicaremos los conocimientos de ingeniería para lograr extraer aguas subterráneas y desalinizarlo en el fundo el Milagro. (pág. 68)

Diseño: Investigación Cuasi-experimental.

Del Castillo (2014) menciona que la investigación cuasi experimental abarca aquellos estudios que se realizan sin que exista una asignación de grupos aleatoria. Suele ser utilizada para determinar variables sociales y algunos autores la consideran poco científica. Esta opinión viene dada por las propias características de los sujetos estudiados. (pág. 166)

2.2 Población y muestra.

Población y muestra el fundo el milagro Jayanca - Lambayeque

2.3 Variables operacionales

2.3.1 Variables

➤ Variables independientes

- ❖ Nivel de salubridad del agua.
- ❖ Nivel de radiación del sol

➤ Variables dependientes

- ❖ Fuente de generación eléctrica.
- ❖ Fuente de desalinización de agua.

2.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD
VARIABLES INDEPENDIENTES Porcentaje salobre del agua.	Es aquella agua que contiene sal más de lo normal.	Determinar el nivel salobre del agua.	Determinar los datos exactos de la cantidad de sal contenida en el agua. Data local de radiación solar.	Medidor de salinidad PCE o el CTD que es la conductividad, temperatura, Profundidad - Depth en inglés	mg/l ups, psu
Nivel de iluminación solar.	Es la luz que genera el sol, y se direcciona a través del espacio como ondas electromagnéticas.	Determinar las capacidades radiación disponibles.	las de los paneles de fotovoltaicos controladores (A), baterías (Ah), inversores (P), elementos de protección.	Piranómetro (solarímetro actinómetro) mide radiación solar.	Vatios por metro cuadrado (W/m^2)

VARIABLES DEPENDIENTES Sistema de generación eléctrica.	El sistema solar son los encargados de transformar la luz del sol en energía eléctrica para alimentar el sistema de desalinización de aguas salubres.	Determinar la energía promedio diario, para establecer la máxima demanda y otros datos necesarios del proyecto.	Energía promedio diario (Wh). Tensión de subministro (V). Potencia (W).	Hoja de calculo	Wh
Fuente de desalinización de agua	La fuente de desalinización se encarga de separar las sales contenidas en el agua para luego tener como resultado final agua pura para uso en los cultivos.	Determinar el consumo de energía diario, para establecer la máxima demanda del sistema.	Energía promedio diario Desalinización de agua diaria promedio	Hoja de calculo	Wh Lh

2.4 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.

2.4.1 Técnicas de recolección de datos.

Con el principio fundamental de generar una buena investigación, se optó por la técnica de la entrevista siendo el entrevistado el dueño del fundo con preguntas puntuales para tener una información más clara y precisa.

2.4.2 Instrumentos de recopilación de datos.

✓ **Estudio de bibliografías, artículos científicos, tesis de ingeniería relacionados al tema.**

Este instrumento determinara los diversos diseños de generación de energía renovable tales como material adecuado piezas estandarizadas, baterías paneles solares

✓ **Entrevista al dueño y trabajadores del fundo el milagro.**

Utilizare este instrumento para conocer la cantidad de terreno cultivado y en que fechas se siembra cada cierto cultivo, y el periodo de irrigación de cada uno.

✓ **Observación y análisis del potencial energético del fundo.**

Con esta técnica se conocerá el estado actual en el que se encuentra el fundo el Milagro Situación económica y social.

Herramientas pares la recopilación de datos.

2.5 Procedimiento de análisis de datos.

1) Elaboración de la entrevista.

Se planteará una lista de preguntas relacionadas al tema de investigación, e irán dirigidas al dueño del fundo, con la finalidad de obtener la información suficiente requerida para la construcción del sistema de desalinización de aguas subterráneas.

2) Aprobación de la entrevista.

Se presentará la lista de preguntas al asesor encargado, para la toma de observaciones.

2.5.1 Análisis estadístico de datos.

La investigación estadística se utilizaron los rudimentos básicos de la estadística descriptiva, que incluyen Tablado, promedios aritméticos simples y otras estadísticas generales.

De acuerdo con la importancia y prioridad de los agricultores en las entrevistas, se evaluó la información proporcionada por los agricultores. Analice los resultados a través de gráficos para determinar las características ideales de desalación de agua.

2.6 Aspectos éticos.

Tendremos en cuenta los aspectos éticos de profesionalismo del colegio de ingenieros del Perú (CIP) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán como se muestra en los anexos N° 2 y N° 3.

Código de Ética del colegio de ingenieros del Perú (CIP) aprobado en la iii sección ordinaria del congreso nacional de consejos departamentales del periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de abril 1999.

Art. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

Código de ética de la Universidad Señor de Sipán elaborado por la dirección de investigación, revisado por el área de planificación y desarrollo institucional – asesoría legal. Ratificado por el acuerdo de consejo universitario con resolución rectoral N° 0851 – 2017/USS

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

- a) Autonomía.
- b) Responsabilidad.
- c) Profesionalismo.
- d) Compromiso con la sociedad.

- e) Supervisión.
- f) Desarrollo profesional.

Art. 14º: Respetto de los investigadores y de lo investigado:

- a) Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- b) Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- c) Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- d) Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- e) Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- f) Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- g) Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual

2.7 Criterio de rigor científico.

El estándar de rigor científico que considero en el proceso de investigación y desarrollo es obtener resultados de investigación efectivos sin descuidar su confiabilidad, confiabilidad e incluir diferentes condiciones climáticas de investigación a lo largo de todo el proceso de investigación.

Tabla 4

Cuadro de Criterios de Principios de Rigor Científico.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
VALIDES	En este proyecto, incluso si la conclusión es incorrecta, debo considerar argumentos deductivos válidos. En lo que a mí respecta, además del apoyo de consultores profesionales, también se verificará mediante técnicas de recolección de datos (encuestas).
FIABILIDAD	El proyecto es confiable por su máxima consistencia inherente (cuando se obtienen los resultados de la medición, corresponden a un método meticuloso y científico), por lo que ha sido certificado para el mejor funcionamiento según los parámetros definidos. Aseguramos la fiabilidad del proyecto, porque el proyecto ha sido apoyado por algunos investigadores.
CONSISTENCIA	Una serie de resultados de este proyecto tienen el porcentaje de error más pequeño bajo el mismo fondo y el mismo material. Esto nos permitirá evaluar la calidad requerida en base al complemento del mecanismo.

Capítulo III

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1 Analizar la potencia y energía de la planta desalinizadora.

3.1.1 Localización de la planta.

El caserío llamado el “MILAGRO” se encuentra ubicado en el distrito de Jayanca latitud -6,355716 longitud -79,7148996 altitud de 93,1273319, cuenta con un terreno de 5 hectáreas, pero solo son cultivadas 1 hectáreas, el cultivo más frecuente es el maíz y la cebolla siempre se comienza la temporada con la cultivación de cebolla que tiene como periodo 5 meses para su cosecha, mientras tanto los otros 5 meses se cultiva la cebolla que tiene como periodo para su cosecha de 5 meses en todo un año 2 meses se emplea en la preparación de la chacra. En la figura 6 se muestra una vista panorámica satelital del caserío y en la figura 7 se muestra la ubicación de la planta.



Figura 6. Reproducido de Google Earth, 2018.



Figura 7. Reproducido de Google Earth.

Por otro lado, recalcar que el sistema de riego que emplea este fundo es riego por goteo el cual economiza en gran porcentaje el agua como también cuenta con un sistema de almacenamiento 50 m³ de agua.

3.1.2 Dispositivos de la planta

El caserío cuenta con una planta que permite desalinizar el agua por medio de osmosis inversa para el funcionamiento de esta planta se utilizan dos bombas. Para la extracción de agua se utiliza 1 bomba solar sumergible 3HP, en la figura 8 se muestra una imagen de este tipo de bombas, que son ideales para pozos tubulares como el que tiene el caserío.



Figura 8. Adaptado de bomba sumergible 3 HP de AUTOSOLAR, 2021

El equipo de ominosos inversa se utiliza muestra en la figura 9 y cuenta con una bomba de alta presión para la impulsión de agua a alta presión cuenta con una Bomba Multicelular Horizontal VIPH-200M IDEAL 9m³/h 1.5Kw 230V este tipo de bombas maneja presiones de 11 bar y un caudal muy considerable.



Figura 9. Reproducido de equipo de osmosis inversa de Chiwatec, 2021

Los equipos encontrados son para el funcionamiento de la planta de 4 m³/h la cual han tenido funcionando a base de grupo un grupo generador de 6 kW durante todo el periodo de siembra, los equipos para lograr dicho caudal funcionan cada vez que es requerido por el tiempo de 8 horas de manera continua, los parámetros eléctricos se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5

Parámetros eléctricos de los equipos para planta de osmosis inversa

N°	Descripción	Voltaje	Potencia		Tiempo	Energía diaria
		V	hp	W	h	Wh
1	Bomba de extracción	230	3	2237.1	8	17896.8
2	Bomba de alta presión	230	2.012	1500	8	12000

3.2 Determinar el potencial de energía solar fotovoltaico.

Para determinar el potencia de la energía solar fotovoltaica se recurrió a la pagina iterativa PVGIS tool (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) esta pagina es una herramienta de la unión europea que permite brindar la radiación solar y otros parámetros en cualquier parte del planeta, para esto se requiere en primer lugar las coordenadas del punto donde se pretende generar energía fotovoltaica, estas coordenadas ya se mencionaron con anterioridad y se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Coordenadas del caserío El Milagro

	Coordenada
Latitud	-6.355716
Longitud	-79.7148996

Además de las coordenadas la página tiene la opción de entregar la radiación en el ángulo óptimo de inclinación, los paneles al estar en un soporte fijo captaran energía de acuerdo a su inclinación, debido a que esta debe cambiar con el pasar de las estaciones, existe un ángulo que maximiza la captación de radiación solar para todo el año. Este se calcula mediante la ecuación 1 y en la tabla 7 se muestra el resultado de este ángulo óptimo de inclinación

$$\beta = 3.7 + 0.69 |\varphi| \tag{1}$$

Donde:

β : Ángulo óptimo de inclinación

φ : Latitud del lugar

Tabla 7

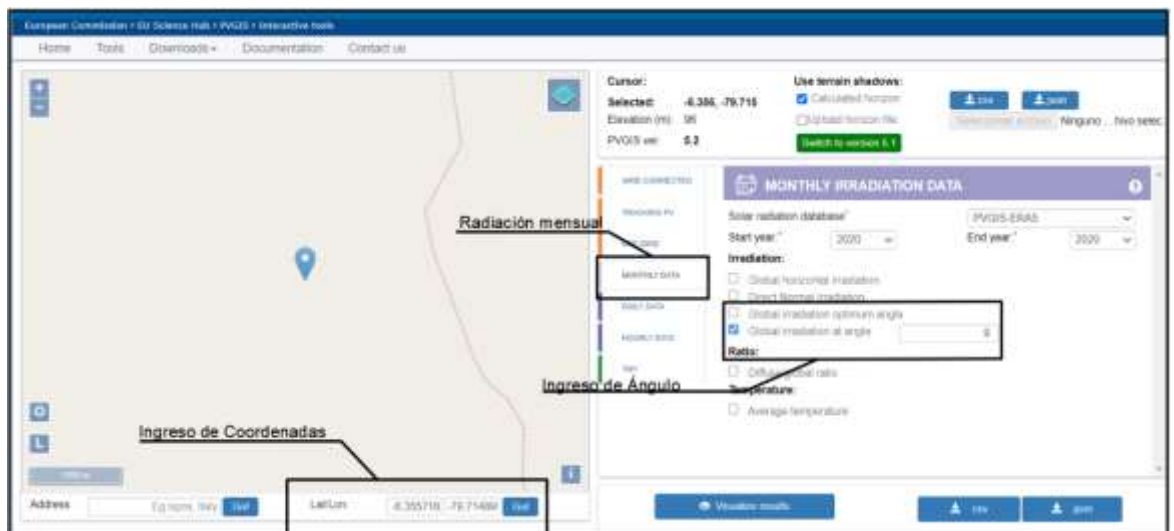
Ángulo óptimo de inclinación

Parámetro	Cantidad	
β	9	Inclinación
	8.09	
φ	-6.36	Latitud

Teniendo las coordenadas y el ángulo de inclinación se ingresan al PVGIS tool como se muestra en la figura 10

Figura 10

Ingreso de datos al PVGIS



Al ingresar los datos y pedirle el reporte al PVGIS tool este arroja una radiación mensual cómo se muestra en la tabla

Tabla 8

Radiación acumulada mensual en el caserío El Milagro

Mes	Radiación kWh/m2
Enero	189.59
Febrero	174.31
Marzo	181.71
Abril	183.15
Mayo	191.51
Junio	180.3
Julio	177.15

Agosto	193.54
Setiembre	194.19
Octubre	202.54
Noviembre	181.37
Diciembre	161.07

La radiación que se muestra en la tabla 8 es la radiación acumulada al mes así para poder disponer la radiación que se tiene de manera diaria se divide esta cantidad de radiación entre los días que tiene cada mes del año, en la tabla 9 se muestra la radiación diaria.

Tabla 9

Radiación diaria en el caserío El Milagro

Mes	Radiación mensual	Tiempo	Radiación Diaria
	kWh/m ²	Días	kWh/m ²
Enero	189.59	31	6.12
Febrero	174.31	28	6.23
Marzo	181.71	31	5.86
Abril	183.15	30	6.11
Mayo	191.51	31	6.18
Junio	180.3	30	6.01
Julio	177.15	31	5.71
Agosto	193.54	31	6.24
Setiembre	194.19	30	6.47
Octubre	202.54	31	6.53
Noviembre	181.37	30	6.05
Diciembre	161.07	31	5.20

Para poder dimensionar el sistema se analiza también el mes más crítico según la tabla 9 el mes mas critico es diciembre, que el mes con menor radiación, se toma este mes debido a que si el sistema logra satisfacer la demanda de agua durante el mes de menor radiación podrá realizar el mismo trabajo en los otros meses que tienen mayor radiación. Durante este mes también por medio del PVGIS tool se determina la radiación por hora este parámetro se determina como irradiancia y se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Irradiancia por hora en un día típico del mes de diciembre

Hora	Irradiancia	
	W/m ²	kW/m ²
00:45	0	0
01:45	0	0
02:45	0	0
03:45	0	0
04:45	0	0
05:45	0	0
06:45	0	0
07:45	125	0.125
08:45	333	0.333
09:45	526	0.526
10:45	716	0.716
11:45	840	0.84
12:45	886	0.886
13:45	847	0.847
14:45	739	0.739
15:45	603	0.603
16:45	420	0.42
17:45	248	0.248
18:45	58	0.058
19:45	0	0
20:45	0	0
21:45	0	0
22:45	0	0
23:45	0	0

Como se aprecia para poder lograr las 8 horas de funcionamiento de las dos bombas se debe tomar el intervalo de radiaciones que mejor se adecue por lo que el intervalo de tiempo que debería tener para el funcionamiento la planta es desde 9:45 hasta las 16:45 como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Radiación en las horas de funcionamiento previstas

Funcionamiento	Hora del día	Irradiancia
Hora		kW/m ²
1.00	09:45	0.526
2.00	10:45	0.716
3.00	11:45	0.84
4.00	12:45	0.886
5.00	13:45	0.847
6.00	14:45	0.739
7.00	15:45	0.603
8.00	16:45	0.42

3.3 Calcular los diversos elementos electromecánicos del sistema de extracción, desalinización de agua.

Teniendo en cuenta que el sistema solamente cuenta con dos caras eléctricas que son las bombas la tecnología ideal para estas es un sistema de bombeo directo sin baterías, para esto se requiere utilizar un dispositivo especialmente diseñado para el sistema de bombeo fotovoltaico este dispositivo se llama controlador de bombeo y se determina según la potencia de la bomba a utilizar para las dos bombas que se tienen tanto la sumergible como la de alta presión se selección los controladores de la misma gama sus características se muestran en la tabla 12.

Tabla 12

Características de los controladores de bombeo

Parámetro	Cantidad	Cantidad	Unidad
DC input			
Rango de trabajo (V)	100-400	220-750	V
Corriente máxima (A)	12	20	A
AC output			
Potencia (W)	1500	4000	W
Corriente	10.2	16	A

Según el proveedor estos dispositivos tienen una eficiencia del 90% lo que implica que para que salga una potencia según su ficha técnica deben ingresar una potencia superior en la tabla 13 se muestra la potencia requerida de

ingreso en cada controlador de bombeo para lograr tener una potencia de salida según su ficha técnica.

Tabla 13

Potencia de entrada al controlador de bombeo

Parámetro	Bomba de alta presión	Bomba de impulsión	Unidad
eficiencia	90%	90%	%
Potencia de entrada	1666.7	4444.4	W
	1.67	4.44	kW

Para lograr generar esta cantidad de potencia al no poder contar con baterías los paneles son los encargados de generar desde la 9:45 am la potencia necesaria para que el controlador de bombeo pueda hacer funcionar las bombas. Para esto primero se establece el panel más idóneo considerando el proveedor mas cercano a la zona se toma el panel ESPSC de 400Wp que cuenta con los parámetros mencionados en la tabla 14.

Tabla 14

Parámetros del panel ESPSC 400Wp

Parámetro	Cantidad	Unidad
Potencia	400	W
V _{mpp}	41.7	V
I _{mpp}	9.6	A
V _{oc}	49.8	V
I _{sc}	10.36	A
Eficiencia	20.17%	%
Área	1.983	m ²

Como se ve la eficiencia del panel es del 20.17% lo que involucra que de la radiación total recibida solamente podrá convertir en energía este porcentaje de eficiencia por lo que considerando la radiación por hora (irradiancia) se determina cuanta de esta se puede convertir en energía es decir se determina el 20.17% de la irradiancia de cada hora como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Irradiancia al 20.17% considerando la eficiencia del panel

Hora	Salida del panel
	kW/m ²
09:45	0.1061
10:45	0.1444
11:45	0.1694
12:45	0.1787
13:45	0.1708
14:45	0.1491
15:45	0.1216
16:45	0.0847

Como se aprecia en la tabla 15 solo se ha mostrado el periodo determinado para que trabajen las bombas, de estos datos se determinan los estadísticos mostrados en la tabla 16.

Tabla 16

Estadísticos de la irradiancia a una 20.17% según la eficiencia del panel

Irradiancia	Cantidad	Unidad
Máximo	0.1787	kW/m ²
Mínimo	0.0847	kW/m ²
Promedio	0.1406	kW/m ²

Considerando el valor mas critico que es la menor radiación con un valor según la tabla 16 de 0.0847 kW/m² y la potencia requerida de cada controlador de bombeo se determina el área requerida que deben cubrir los paneles para logra la potencia de cada controlador esta área se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Área requerida por cada controlador de bombeo

Controlador de bomba	Área requerida	Unidad
Alta presión	19.67	m ²
Impulsión	52.46	m ²

Considerando el área que tiene el panel seleccionado y el área que debe ocupar los paneles según la tabla 17 se determina la cantidad teórica de paneles como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Cantidad teórica de paneles

Bomba	Cantidad de paneles	Unidad
Alta presión	9.92	Paneles
Impulsión	26.46	Paneles

Al ser los paneles dispositivos que no se pueden fraccionar será imposible ocupar los decimales de panel, por lo que para asegurar la producción suficiente de potencia se tomará el entero superior mas cercado obteniendo así para la bomba de alta presión un total de 10 paneles y para la bomba de impulsión 27 paneles.

Las conexiones de los paneles para lograr el parámetro de voltaje de cada controlador se establecen según su rango de voltaje de ingreso en DC de cada uno de los dispositivos para el controlador de 1.5 kW el rango obedece al intervalo de 100 a 400 V mientras que para el de 4 kW el rango es de 220 a 750 V, en las tablas 19 para el controlador de 1.5 kW y la tabla 20 para el controlador de 4 kW se muestra las posibles conexiones en serie que logran generar un voltaje que ingresa en estos intervalos.

Tabla 19

Conexiones en serie para el controlador de 1.5 kW con un rango de voltaje 100-400 V

Series	Voltaje
3	125.1
4	166.8
5	208.5
6	250.2
7	291.9
8	333.6
9	375.3

Tabla 20

Conexiones en serie para el controlador de 4 kW con un rango de voltaje 220-750 V

Series	Voltaje
6	250.2
7	291.9
8	333.6
9	375.3
10	417
11	458.7
12	500.4
13	542.1
14	583.8
15	625.5
16	667.2
17	708.9

Considerando que se requiere como mínimo 10 paneles para la bomba de alta presión y 27 para la bomba de impulsión se dividen estos entre cada conexión en serie propuesta para determinar cuantas de estas conexiones son necesarias para lograr la cantidad mínima de paneles, estas divisiones se muestran en la tabla 21 y 22.

Tabla 21

Paneles para bomba de alta presión

Series	Voltaje	Paralelo	Paralelo real	Paneles totales
3	125.1	3.33	4.00	12
4	166.8	2.50	3.00	12
5	208.5	2.00	2.00	10
6	250.2	1.67	2.00	12
7	291.9	1.43	2.00	14
8	333.6	1.25	2.00	16
9	375.3	1.11	2.00	18

Tabla 22

Paneles para bomba de impulsión

Series	Voltaje	Paralelo	Paralelo real	Paneles totales
6	250.2	4.50	5.00	30
7	291.9	3.86	4.00	28
8	333.6	3.38	4.00	32
9	375.3	3.00	3.00	27
10	417	2.70	3.00	30
11	458.7	2.45	3.00	33
12	500.4	2.25	3.00	36
13	542.1	2.08	3.00	39
14	583.8	1.93	2.00	28
15	625.5	1.80	2.00	30
16	667.2	1.69	2.00	32
17	708.9	1.59	2.00	34

En las tablas 21 y 22 se observa que existe una columna denominada paralelo real esta muestra los paralelos reales que se deben tener ya que al no poder fraccionar los paneles como se ha mencionado no se pueden poner conexiones en serie fraccionadas ya que esos limitarían los parámetros de energía como voltaje e intensidad, la columna paneles totales muestra el producto de los paneles en serie con los paralelos reales y determina en realidad cual es la cantidad requerida de paneles para cada conexión en serie, para poder optimizar costos se eligió la matriz de paneles que generen menos cantidad de paneles totales para la bomba de alta presión se eligió la matriz serie paralelo de 5 x 2 y para la bomba de impulsión de 9 x 3.

3.4 Realizar la evaluación económica del sistema de tratamiento de agua y de generación eléctrica.

La evaluación económica se realiza confrontando el ahorro que se tendrá con el sistema propuesto que se utiliza como ingreso a esta evaluación y el gasto que amerita el instalar dicho sistema, por lo que en primera instancia se establece el presupuesto de los materiales del sistema propuesto este se muestra en la tabla 23.

Tabla 23*Presupuesto de materiales para sistema propuesto*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Controlador de bombeo BPD1K5 TN(AC)	Unid	1	S/ 2,320.00	S/ 2,320.00
Controlador de bombeo BPD004 TN(AC)	Unid	1	S/ 3,230.00	S/ 3,230.00
Panel Solar 400Wp PERC monocristalino ERA	Unid	37	S/ 693.88	S/ 25,673.56
Soportes para 10 paneles	glb	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Soportes para 27 paneles	glb	1	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00
	Total			S/ 34,923.56

La instalación se cotizo con el proveedor de dispositivos fotovoltaicos mas cercanos que es también de donde se tomaron los precios para los materiales, esta cotiza el total de la instalación por S/. 4 500.00, además se le pidió el costo del cambio de inversores ya que según el fabricante al realizarse la consulta estos dispositivos duraran solamente 10 años por lo que el cambio de inversores si se le compra al mismo proveedor este lo cotiza en S/. 850.00, en la tabla 24 se muestra el costo total del diseño propuesto.

Tabla 24*Costo total del diseño propuesto*

Descripción	Costo
Materiales	S/ 34,923.56
Instalación	S/ 4,500.00
Total	S/ 39,423.56

Se determino el gasto en el que ha incurrido el riego mediante la generación de energía por medio del grupo generador cuyas características técnicas se muestran en la tabla 25.

Tabla 25

Características técnicas del grupo generador

Parámetro	Cantidad	Unidad
Marca	bauer	
Modelo	GG 6300E	
Potencia	6	kW
Voltaje	220	V
Frecuencia	60	Hz
Combustible	Gasolina	
Capacidad	25	L
Cilindrada	419	CC

Durante todo el año de evaluación se determinó según los agricultores un total de 82 usos del grupo para extraer agua y la desalinización con osmosis inversa para el riego, durante cada uso del grupo generador se gastaron un total de 4 galones de gasolina de 90 octanos considerando que el precio del combustible en la zona esta S/ 21.50 el gasto cada vez que se utilizó el sistema de bombeo y osmosis fue de S/ 86.00, en la tabla 26 se muestra el gasto anual que se tuvo en el año de evaluación del proyecto.

Tabla 26

Gasto del combustible en el año de evaluación

Periodo	Cantidad
Usos	82
Gasto en combustible	S/ 86.00
Costo anual	S/ 7,052.00

Además del costo de combustible el sistema actual que tienen para el riego determina un gasto de mantenimiento este gasto incluye la movilidad del equipo al taller, la limpieza de filtro, tanque, bujía y demás piezas, así como el chequeo de sus elementos de manera profunda, además de un cambio de aceite estos costos se muestran en la tabla 27.

Tabla 27*Costos de mantenimiento anual*

Mantenimiento	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Movilidad	2	S/. 75	S/. 150
Limpieza y chequeo	1	S/. 120	S/. 120
Aceite	1	S/. 35	S/. 35
Total			S/. 305

Ambos costos tanto de la tabla 26 y 27 se toman como ingreso de dinero al sistema y realizando un balance de caja para 20 años que es la fiabilidad que tiene el panel para trabajar se establece un flujo de caja considerando la reinversión por controladores de bombeo en el año 10, este flujo de caja se muestra en la tabla 28.

Tabla 28*Flujo de caja considerando costos de inversión y reinversión*

Año	Inversión	Utilidad	Balance
0	S/ 39,423.56		-S/ 39,423.56
1		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
2		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
3		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
4		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
5		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
6		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
7		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
8		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
9		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
10	S/ 6,400.00	S/ 7,357.00	S/ 957.00
11		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
12		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
13		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
14		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
15		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
16		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
17		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
18		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
19		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00
20		S/ 7,357.00	S/ 7,357.00

Evaluando el flujo de caja mostrado en la tabla 28 a una tasa de interés del 12% se encuentran los indicadores TIR y VAN que se muestran en la tabla 29.

Tabla 29

Evaluadores económicos TIR y VAN para el diseño propuesto

Evaluador	Cantidad
VAN	S/13,468.51
TIR	17%
	12%

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La potencia requerida por el proceso de riego que se tiene en el caserío El Milagro es de 5 hp o 3.7 kW el cual tiene un funcionamiento de 8 horas cuando se dispone su uso lo que establece un gasto de energía de 2.99 kWh.
- La radiación solar en el caserío El Milagro se encuentra en el intervalo de 5.2 y 6.53 kWh/m² como acumulados, analizando la radiación mas critica para el mes de diciembre se encontró en un día típico la menor radiación a las 6:45 pm con 0.054 kWh/m² mientras que la mas elevada a las 12:45 pm con 0.886 kWh/m².
- Para el diseño se seleccionaron dos controladores de bombeo de 1.5 y 4 kW y un total de 37 paneles divididos en 10 y 27 para cada controlador respectivamente.
- La evaluación económica resulto positiva para una tasa interna de retorno del 12% se obtuvieron un TIR del 17% y un VAN del S/ 13,468.51.

4.2. Recomendaciones

- Implementar un sistema con mayor consumo energético adicionando cargas para el confort como lo son luces y/o avisos por condiciones de agua en el pozo.
- Implementar una estación para medición de radiación en la ubicación para optimizar el uso de los paneles solares.
- Verificar en el mercado las mejoras de las tecnologías cuando se quiere evaluar el proyecto para su implementación.
- Recomendar la implementación del diseño que se propone ya que demostró su viabilidad económica en los puntos más críticos.

V. REFERENCIAS

- Weather Spark. (25 de mayo de 2018). *Weather Spark*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/19288/Clima-promedio-en-Jayanca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>
- agricolas, i. i.-f. (2017). *EL AGUA PARA LA AGRICULTURA DE LAS AMERICAS*. mexico: biblioteca basica de agricultura. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=A5CAFD9AD24DCC2276DEEBB69ADBC5BC?sequence=1>
- ANDINA. (2019). *MVCS promoverá ejecución de 13 plantas desalinizadoras en 7 regiones costeras*. lima: editora peru. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-mvcs-promovera-ejecucion-13-plantas-desalinizadoras-7-regiones-costeras-768689.aspx>
- BBC. (2017). *¿Puede la desalinización ser la solución para la crisis mundial del agua?* REINO UNIDO: BBC. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39332148>
- Buendía, Á. (2014). *Caracterización y evaluación económica para la inversión en plantas menores a 20 MW conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a partir de fuentes de energías renovables eólica y solar*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Cerron, A. (2019). *Dimensionamiento del potencial fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3235>
- Cirera, M. &. (1998). Historia, logros y últimos desarrollos en el campo de la desalación de agua de mar, por ósmosis inversa, en España, utilizando la tecnología de ósmosis inversa de DuPont. *Revista Digital Del Cedex*, 1-10. Obtenido de <http://193.145.71.12/index.php/ingenieria-civil/article/view/1405>
- Cruzado, E. (2019). *Proceso físico para la desalinización del agua de mar en la Zona Costera de Lambayeque*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/38811>
- Cucó, S. (2017). *Manual de energía eólica*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

- Daen, S. T. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de Actualización Clínica Investiga*. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000900011&script=sci_arttext
- del Castillo, C. C. (2014). *metodologia de la investigacion*. Mexico.: patria. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/39410?page=187>
- FAO, O. D. (2013). *Afrontar*. Roma: E-ISBN. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- FREIRE TOBAR TANIA CRISTINA, P. L. (2017). *ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE OSMOSIS*. QUITO. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12918/1/T-UCE-0017-0055-2017.pdf>
- Guzowski, C., & Recalde, M. (2008). *BARRERAS A LA ENTRADA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES: EL CASO ARGENTINO*.
- Llanca Blas, W. R. (2015). *Diseño de un sistema hidráulico de extracción de agua salobre de pozo profundo para satisfacer la demanda de planta de tratamiento de agua para la empresa Corporación Lindley S.A – Pucusana*. Pucusana. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1507>
- Losio, L. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO SEÑOR DE LA HUMILDAD DISTRITO DE INCAHUASI – LAMBAYEQUE*. Universidad Cesar Vallejo, Lambayeque, Chiclayo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/17265>
- Mamani, A., & Soto, L. (2019). *ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA GERENCIA SOBRE EL RESULTADO DE LAS OPERACIONES A MARZO DE 2019*. Lima-Perú.
- Martí, A. A. (2015). *Estudio de la viabilidad técnica y económica de la desalinización de agua de mar mediante unidades autónomas de ósmosis inversa*. proyecto final de carrera , universitat politecnica de catalunya , terrassa. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80858/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAGRI, M. D. (2019). *PLAN NACIONAL DE CULTIVOS*. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, LIMA. Obtenido de

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2017). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de cebolla*. LIMA. Obtenido de https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion_informacion_agraria/boletines_tecnicos/cultivo_maiz.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2017). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de cebolla*. LIMA. Obtenido de <https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/621/1/ficha-tecnica17-cultivo-cebolla%20%281%29.pdf>

Moreno, A. M. (2019). *DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA ALIMENTADA MEDIANTE ENERGÍAS RENOVABLES*. Obtenido de <file:///C:/Users/Kallpa-04/Downloads/Dimensionado%20de%20una%20instalacion%20de%20osmosis%20inversa%20alimentada%20mediante%20energias%20renovables.%20.pdf>

n y Ibáñez Peinado, J. (s.f.). *Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación criminológica*. Madrid, Spain: Dykinson. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/57054?page=72>. Spain: Dykinson. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/57054?page=72>.

Nations, F. a. (2009). *THE RESOURCE OUTLOOK TO 2050*. Roma: Jelle Bruinsma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-ak971e.pdf>

País Circular. (2020). Primera desaladora estatal de agua en Chile comenzará a funcionar en septiembre. *PAIS CIRCULAR*, 1. Obtenido de <https://www.paiscircular.cl/industria/chile-implementara-su-primera-planta-desaladora-estatal/>

Pajares, M. (2017). *GENERACIÓN HÍBRIDA DE 2KW PARA EL CENTRO POBLADO LAGUNA HUANAMA EN EL DISTRITO DE SALAS*. Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Salas. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/4416>

Peredo, E. (2019). *Diseño de un sistema de generación híbrido eólico solar para la electrificación rural al caserío Inneche del Distrito de Morrope Provincia y Departamento de Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Riuz Gallo,

- Lambayeque, Chiclayo. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8212>
- Rendón, J. E. (2020). *Sistemas alternativos de energía*. el cid editor. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/127176?page=230>
- Rivas Nieto, P. D. (2019). *Diseño de una máquina de ósmosis inversa para producir agua ultra pura en el laboratorio de manufactura de la PUCP*. lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14202>
- Rodríguez, M. d., & Rodríguez, L. L. (2018). MECANISMOS FINANCIEROS PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA FRONTERA MÉXICO - ESTADOS UNIDOS. (*Sección de libro*). Universidad Autónoma de México, México.
- Sevilla, M., Golf, E., & Driha, O. (2013). *Las energías renovables en España*.
- Solar, E. (2020). ENERGIA SOLAR. 33. Obtenido de [https://fjarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20\(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica\)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf](https://fjarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf)
- Tamayo, R. (2011). *Potencial de las Energías Renovables*. Lima-Perú.
- Tobajas, C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina.
- UN-WATER. (2019). *NO DEJAR A NADIE ATRAS*. UNESCO, ONU-agua. México: Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Vázquez, C. T. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/45047>

ANEXOS

Anexo 01.- Fichas técnicas




ESPSC

Monocrystalline Solar Module

High quality
With 72 cells and 5 bypass diodes in power classes from 380 to 400 Wp for grid connected systems.

Reliable
The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.

Solid
An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.

Performance guarantee
ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.



+ **WATTS**
POSITIVE TOLERANCE

10 **YEARS**
PRODUCT WARRANTY

10 **YEARS**
PERFORMANCE GUARANTEE 90%

25 **YEARS**
PERFORMANCE GUARANTEE 80%



Zhejiang ERA Solar Technology Co., Ltd.
www.erasolar.com



ESPSC

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

Dimensions	1820 x 900 x 40mm
Weight	22.5 kg
Frame	Aluminium hollow chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered solar glass
Cells	72 pcs Mono PERC
Cell	180 x 90 (180 x 90)mm
Cell Embedding	ETA
Bypass Diode	5 bypass diodes
Cell Polarity	12V connected
Color	3 year color stable & 25 year anti-glue yellowing
Temperature Range	-40°C ~ +85°C
Load Capacity	5400Pa (5400kg/m ²)

Approval class	Class II
Insulation protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product warranty	10 years
Power	380Wp 38%
Guarantee	25 years 80%

Packaging Details:
 20 pcs/pallet (20' High Cube)
 2100x1100x1100mm (20' High Cube)

CHARACTERISTICS

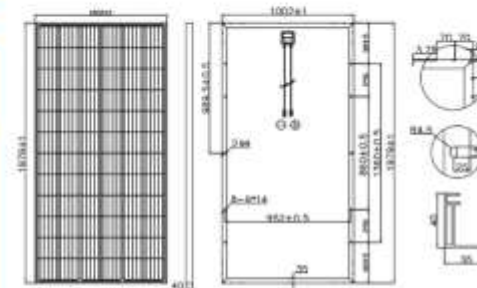
Max. System Voltage	1000VDC
Temperature Coefficient I_{sc}	+0.001%/°C
Temperature Coefficient V_{oc}	-0.001%/°C
Temperature Coefficient P_{mp}	-0.001%/°C
IP67	IP67

CERTIFICATES

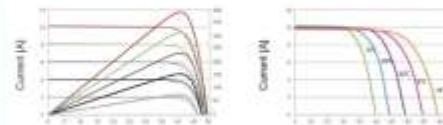
IEC 61215 (Ed. 1) (720 Wp)
 IEC 61730 (Ed. 1) (720 Wp)
 IEC 61730 (Ed. 2) (720 Wp)
 CE, CCC, DALI, TUV
 VDE, IEC, CQC, PSE, RoHS, REACH

REBUNDANCE

China



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance

Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1000 W/m²

ESPSC TYPE	380W	385W	390W	395W	400W
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage (V_{mp}) at STC**	40.9V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current (I_{mp}) at STC	9.38A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage (V_{oc}) at STC	48.9V	49.1V	49.2V	49.5V	49.6V
Short Circuit Current (I_{sc}) at STC	9.75A	9.92A	10.09A	10.25A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

* MPP: Maximum Power Point
 ** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5
 *** Nominal Operating Cell Temperature



© 2023 ERA and Sun 1.0. All rights reserved or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
 All other marks are the trademarks of their respective owners. Specifications are subject to change without notice.

Solar Pumping Controller



Efficient

Support driving single phase 220V motor and three phase 220V/380V motor.
Support multiple types of pumps.
Optional water level detection.
Wide operation voltage range, multi PV strings configuration, save PV module cost.



Smart

Digital intelligent control can flexibly adjust and set the pump speed range.



Reliable

IP65 and fanless design, with convenient installation, maintenance free.
Soft start function, over-voltage, over-current, over-load, lower-load protection, deceleration stop avoid water hammer effect etc.



ACT witness Lab certified by TUV SUD



invt Official Website

Type Selection

BPD - 2K2 - TN - AC
① ② ③ ④

No.	Sign	Description	Remarks
①	BPD	Product series name	Name of the PV pumping controller series.
②	2K2	AC output power	2K2: 2200W
③	TN	Technical type	TR: 3PH TN: 1PH/3PH
④	AC	Extension code	The default is a standard model; AC indicates that AC input is supported; ACS indicates that AC input is provided and a DC switch is configured.

Specification

Model	BPD0K7 TN(AC)	BPD1K5 TN(AC)	BPD2K2 TN(AC)	BPD004 TN(AC)	BPD3K2 TRAC(S)	BPD004 TRAC(S)	BPD5K5 TRAC(S)
DC Input							
Maximum input DC voltage (V)	480					800	
Starting voltage (V)	80			100		220	
Minimum working voltage (V)	80			80		180	
Recommended MPP voltage (V)	80-400			100-400		220-750	
Input channel	One MC4 connector	One MC4 connector	One MC4 connector	Two MC4 connectors	One MC4 connector	Two MC4 connectors	
Maximum input DC current (A)	9	12	12	20	9	20	20
Bypass AC input (model supporting mains input)							
Input voltage (V _{ac})	220/230/240(3PH) (-16%~+10%)				380(3PH) (-16%) ~440(+10%)		
Input frequency (Hz)					47-60		
AC input terminal	1P2L (L,N,PE)				3P4L (R,S,T,PE)		
AC OUTPUT							
Rated power (W)	750	1500	2200	4000	2200	4000	5500
Rated current (A)	5.1 (1PH) 4.2 (3PH)	10.2 (1PH) 7.5 (3PH)	14 (1PH) 10 (3PH)	25 (1PH) 16 (3PH)	5.5	9.5	14
Output voltage (V _{ac})	0-Input voltage						
Output wiring mode	1P2L: 1PH motor 1PH control 2P2L: 1PH motor 3PH control 3P2L: Connected to 3PH asynchronous motor				3P4L: Connected to 3PH asynchronous motor		
Output frequency (Hz)	1-400						
Control							
Control mode	V/F						
Motor type	Asynchronous motor (1PH/3PH)				Asynchronous motor (3PH)		
Others							
Dimensions (WxDxH) (mm)	255x300x137	280x300x137	410x380x160	337x380x160	460x380x160		
Net weight (kg)	6.4	7	13.5	10.8	14.4	14.5	
Package weight (kg)	6.5	9	16	13.5	17.25	18.65	
Protective degree	IP65						
Cooling	Natural cooling						
HMI	External LED keypad						
Communication terminal							
External communication	RS485/3 digital input						
Communication interface	Multi-core waterproof connector						
Certification							
Standards	CE, EMC meets the requirements of IEC61800-3 C3						
Operating environment							
Environment temperature	-25~60°C (derating above 45°C)						
Altitude	3000 m (derating above 2000m)						
Recommended solar array configuration							
250~280Wp(V _{oc} 37±1V)	5*1	5*1	10*1	10*2	10*1	10*2	14*2
300~330Wp(V _{oc} 48±1V)	4*1	7*1	8*1	8*2	8*1	8*2	12*2



Service line: 86-755-23505667 E-mail: overseas@invt.com.cn Website: www.invt.com

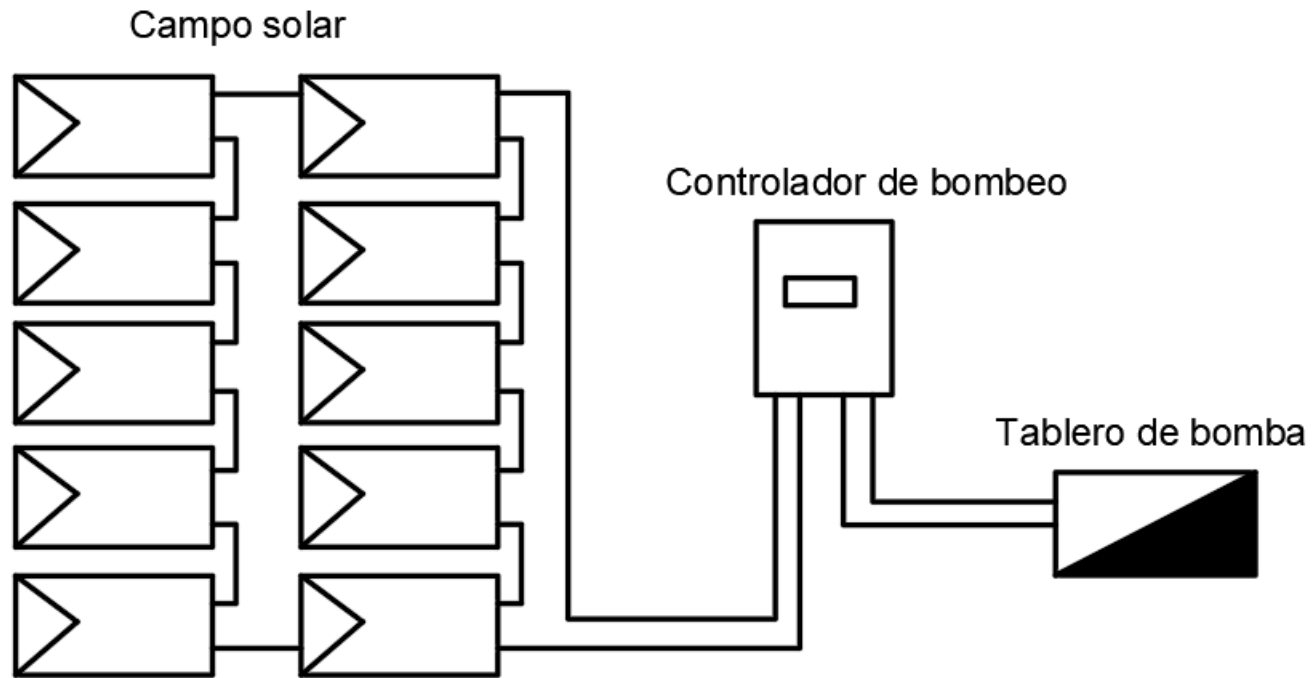
SHENZHEN INVT ELECTRIC CO.,LTD.

INVT Guangming Technology Building, Songbai Road, Matan, Guangming District, Shenzhen, China

66003-00205 20210606(V4.0)

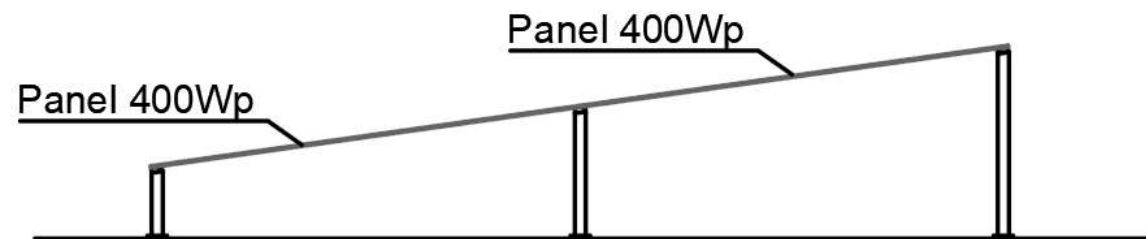
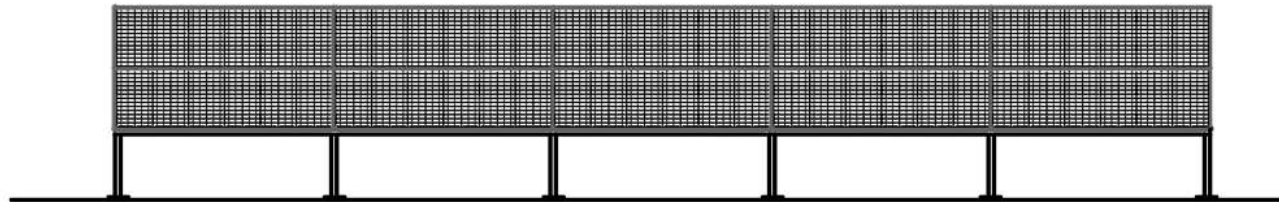
Anexo 02.- Disposición de los paneles

Esquema de conexión para bomba de impulsión 1.5 kW



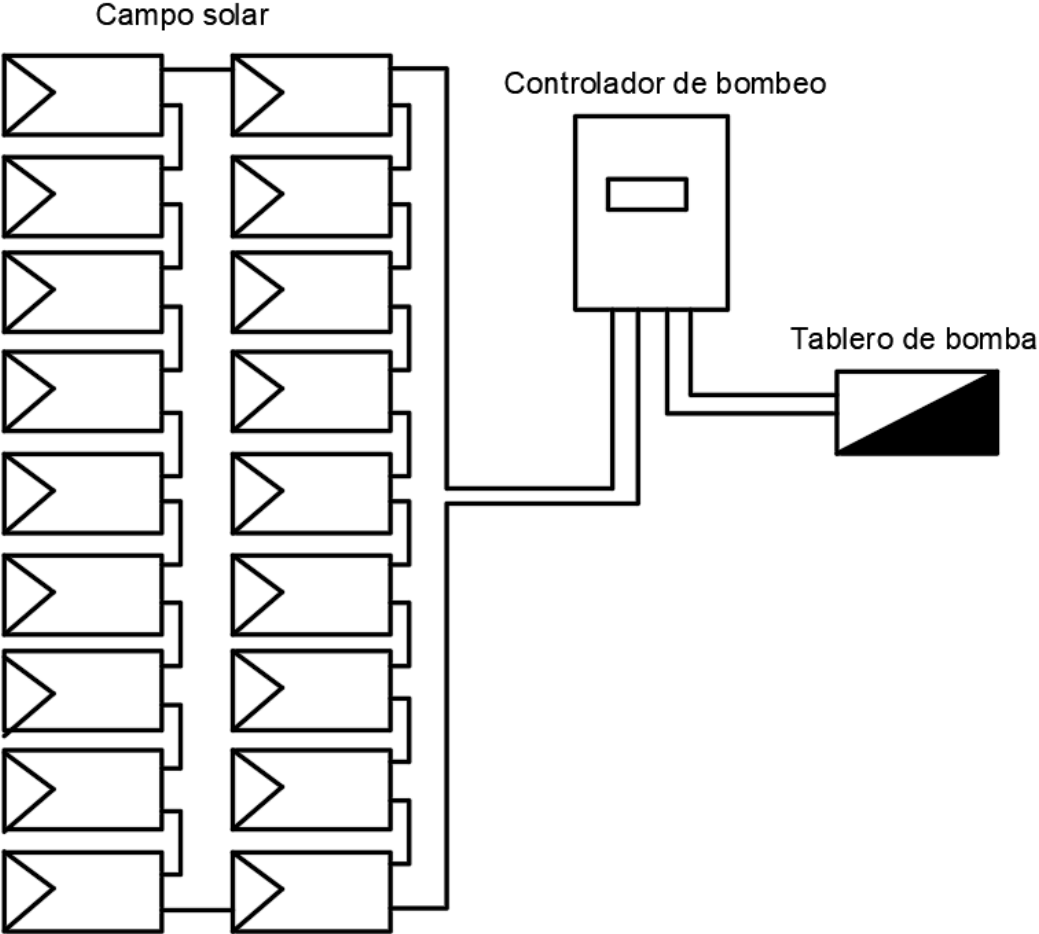
Vistas del campo solar para bomba de impulsión 1.5 kW

Campo solar 5 x 2 - Controlador 1.5 kW



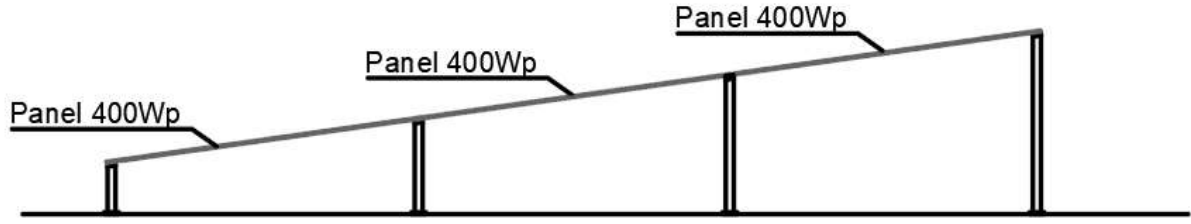
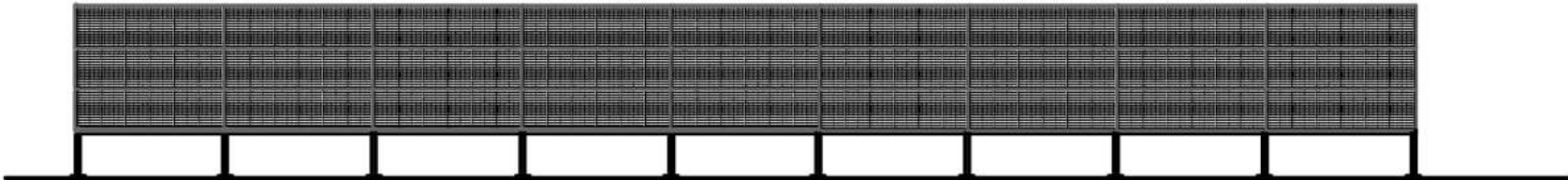
Visa lateral

Esquema de conexión para bomba de alta presión 3 hp



Vistas del campo solar para bomba de alta presión 3 hp

Campo solar 9 x 3 - Controlador 3 hp



Visa lateral