



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Dimensionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para  
suministrar agua subterránea a cultivos en el CPM Boro, Pomalca -  
Chiclayo

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Jambo Llatas, Pablo Idelso (ORCID: 0000-0002-6198-706X)

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO- PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mi abuelo que desde el cielo me encaminó con sus consejos y enseñanzas los cuales me formaron para una persona de bien.

A mis padres Guillermo y Flor que nunca dudaron de mi formación profesional; a Alonso y Beatriz que en todo momento estuvieron apoyándome dándome ánimos para poder lograr con este objetivo.

**Pablo Jambo Llatas**

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida y protegerme en todo momento.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad César Vallejo por la excelente formación académica recibida.

Al Ing. Aníbal Salazar, por su asesoramiento y el gran apoyo brindado a lo largo de esta investigación.

A todas aquellas personas que directa e indirectamente colaboraron e hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

**Pablo Jambo Llatas**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	10
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población y Muestra.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recaudación de datos.....	12
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Métodos de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS:.....	57

## Índice de tablas

Tabla 1: Principales indicadores del sector electricidad, gas y agua.....	2
Tabla 2: Producción de energía eléctrica por tipo de generación, según departamento, 2016. ....	3
Tabla 3. Estudio y Observaciones. ....	10
Tabla 4. Técnicas de recaudación de datos.....	12
Tabla 6. Presupuesto de un sistema fotovoltaico de bombeo.....	21
Tabla 7. Presupuesto de instalación del sistema fotovoltaico.....	22
Tabla 8. Presupuesto total del sistema fotovoltaico.....	22
Tabla 9. Presupuesto total para el sistema eólico.....	23
Tabla 13. Caudal empleado en algunos cultivos.....	29
Tabla 14. Adquisición hídrica del maíz y sus distintos periodos de aumento por hectárea.....	31
Tabla 16. Adquisición general de líquido para dispendio Agricultura por día. ....	32
Tabla 16A. Bajada de voltaje aceptable por recorrido en el montaje Fotovoltaica	41
Tabla 16B. Características técnicas de cable NYY (seleccionado de 35 mm <sup>2</sup> ) .....	42
Tabla 17. Resumen del dimensionamiento del sistema de bombeo solar fotovoltaico .....	42
Tabla 18. Precios de suministros para el Proyecto de Sistema Fotovoltaico .....	43
Tabla 19. Instalación Fotovoltaica (Presupuesto referencial).....	43
Tabla 20. Costo final para la implementación del Sistema Fotovoltaico .....	44
Tabla 21. Valor económico.....	44
Tabla 22. Venta en soles por cosecha .....	45
Tabla 23. Egresos.....	45
Tabla 24. Fertilizantes.....	45
Tabla 25. Pago de maquinarias/sembrío .....	45
Tabla 26. Numero de meses a recuperar inversión inicial .....	46
Tabla 27. Monto inicial y periodo mensual .....	46
Tabla 28. Valor Actual Neto .....	46
Tabla 29. TIR.....	47
Tabla 30. TIR.....	47
Tabla 31. Operacionalización de las variables independiente y dependiente .....	57

Tabla 5. Energía Brindada por el aerogenerador Enair E70 pro .....	68
Tabla 10. Distribución del riego del maiz .....	69
Tabla 12. Factor de uniformidad.....	70
Tabla 15. Descripción de las variables utilizadas en el diseño del sistema fotovoltaico.....	70

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Esquema de funcionamiento de un panel solar .....	8
Figura 2. Información Geográfica – Pomalca.....	14
Figura 3. Promedio de Radiación Solar .....	15
Figura 4. Promedio radiación solar x hora.....	16
Figura 5. Promedio Hora – Junio .....	17
Figura 6. Software Meteonorm 7 .....	18
Figura 7. Velocidad de Viento.....	19
Figura 8. Enair E70 pro.....	19
Figura 9. Curva de Potencia .....	20
Figura 10. Recurso Hídrico .....	24
Figura 11. Efecto del contenido de humedad en el rendimiento para cultivos .....	25
Figura 12. Estados fenologicos .....	26
Figura 13A. Requerimientos climáticos.....	26
Figura 14. Distribución de Recursos Hídricos del Perú.....	27
Figura 15. Principales componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua. .....	34
Figura 16. Acumulador Rolls 12CS11P 503 Ah.....	39
Figura 17. Inversor solar Growatt SPF 4000-12000T DVM.....	40

## Resumen

La generación de electricidad por medio de las energías renovables son una alternativa sustentable y sostenible en la agricultura ayudando en el suministro de agua subterránea y permitiendo que las regiones puedan tener este recurso de manera libre y duradera en el tiempo.

El fin de esta investigación es poder dar a conocer esta alternativa a los pobladores del centro poblado Boró, enseñándoles las ventajas y desarrollando todo un proyecto que beneficie a estas familias, mejorando así sus cultivos ya que no dependerán de terceros para poder regar.

Durante el desarrollo nos planteamos una serie de objetivos específicos los cuales analizamos el recurso solar fotovoltaico para poder determinar el potencial solar, por otro lado, determinamos cuánta agua es necesaria para regar las 10ha de cultivo, con el potencial eléctrico determinado y la cantidad de agua necesaria nos planteamos el cálculo de los componentes que intervienen en un sistema de bombeo solar fotovoltaico donde determinamos cuantos paneles usaremos, inversores, baterías, etc.

Para finalizar con un análisis económico donde por método de valor neto actual y el índice de retorno de la inversión se garantizó que nuestra inversión es de beneficio para la comunidad.

**Palabras clave:** Potencial eléctrico, bombeo solar, suministro de agua.

## **Abstract**

The generation of electricity through renewable energies is a sustainable and sustainable alternative in agriculture, helping in the supply of groundwater and allowing the regions to have this resource freely and over time.

The purpose of this research is to be able to make this alternative known to the inhabitants of the Boró town center, teaching them the advantages and developing a whole project that benefits these families, thus improving their crops since they will not depend on third parties to be able to irrigate.

During the development we set a series of specific objectives which we analyze the photovoltaic solar resource to be able to determine the solar potential, on the other hand, we determine how much water is necessary to irrigate the 10ha of cultivation, with the determined electrical potential and the amount of water necessary, we consider the calculation of the components that intervene in a photovoltaic solar pumping system where we determine how many panels we will use, inverters, batteries, etc.

To end with an economic analysis where by the current net value method and the return-on-investment index it was guaranteed that our investment is of benefit to the community.

**Keywords:** Electric potential, solar pumping, water supply.

## I. INTRODUCCIÓN

Con las nuevas tendencias tecnológicas, el aumento poblacional y la demanda por suministrar agua cultivos en un entorno de escasos recursos hídricos, no se logra garantizar que ese bien común sea entregado de manera correcta y viable a los agricultores. Aunque gran parte del agua a nivel mundial no se dispone con facilidad, es necesario buscar una alternativa eficiente y ecológica para bombear agua desde una fuente cercana en lugares donde esta demanda es alta, con bombas que se usan por décadas y que contribuya con el desarrollo sostenible. (MANSUR, y otros, 2018 págs. 61-76). Generar energía fotovoltaica tiene beneficios en los recursos sostenibles con relación al medio ambiente, siendo esta la manera más confiable, segura y limpia en estos tiempos (UNESCO, 2019 pág. 7).

El Perú es un país con mejor potencial de energía a nivel mundial, convirtiéndolo en una zona ideal para instalar sistemas solares dimensionados industrialmente y suministrando a usuarios particulares. Se puede observar en la siguiente tabla 01, el aumento de la producción de electricidad por medio del sistema solar desde el 2012 hasta el 2016.

Tabla 1: Principales indicadores del sector electricidad, gas y agua

<b>17.1 PRINCIPALES INDICADORES DEL SECTOR ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA, 2010 - 2016</b>							
<b>Concepto</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>V.A.B. Electricidad, Gas y Agua</b>							
<b>Corriente (Millones de s/)</b>	7 140	7 812	8 601	9 355	10 718	12 451	14 379
<b>Constante (Millones de s/ de 2007)</b>	6 531	7 065	7 481	7 734	8 133	8 618	9 245
<b>Variación % anual</b>	8.7	8.2	5.9	3.4	5.2	6.0	7.3
<b>Producción de Electricidad (GWh)</b>							
Total	33 545,8	36 248,5	38 361,0	40 664,7	42 846,2	45 711,4	49 530,0
<b>Hidraulica</b>	19 567,4	21 027,4	21 490,8	21 709,4	21 610,9	23 127,1	23 649,0
<b>Térmica</b>	13 977,2	15 219,9	16 809,3	18 757,1	20 778,5	21 758,4	24 576,2
<b>Solar</b>	-	-	59,7	196,9	199,3	230,3	241,0
<b>Eólica</b>	1,2	1,2	1,2	1,2	257,5	595,6	1 063,8
Coeficiente de electrificación nacional(%)	87,9	89,5	91,2	92,3	93,2	94,2	94,5
Nº de clientes de suministro de energía eléctrica(miles)	5 166	5 497	5 828	6 145	6 439	6 738	6 993
<b>Nº de consumidores de Gas Natural</b>							
Lima Metropolitana	13 249	25 630	44 724	51 697	94 399	84 899	93 310
<b>Producción de agua potable (miles de m3)</b>							
Nacional	1321 358	1320 838	1325 110	1358 253	1374 624	1404 668	1411 027
Lima Metropolitana	680 819	683 245	682 449	679 940	687 580	713 459	714 745

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Ante ello, la escasez económica, la inversión privada y pública de las zonas rurales de nuestro país tienen como problema principal la dificultad de adquirir sistemas que tengan elevados costos o inversiones. En la tabla 02 siguiente, muestra que en la región Lambayeque aún no se registra producción de GWh de energía eléctrica por intermedio de sistemas solares fotovoltaicos, demostrando ser muy escasa.

Esto porque existe un bajo conocimiento de los mejores resultados que trae el bombeo solar. (FARFÁN NEYRA, y otros, 2019 págs. 65-74).

Tabla 2: Producción de energía eléctrica por tipo de generación, según departamento, 2016.

<b>17.4 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO DE GENERACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTOS, 2016 (Gigawatts/hora).</b>					
Departamento:	Tipo de Generación				
	Total	Hidráulica	Térmica	Solar	Eólica
<b>Total</b>	<b>51 658,2</b>	<b>24 165,5</b>	<b>26 185,8</b>	<b>241,0</b>	<b>1 063,8</b>
Amazonas	74,5	70,8	3,7	-	-
Ancash	2 255,2	2 173,7	81,5	-	-
Apurimac	33,5	33,4	0,2	-	-
Arequipa	1 159,0	3,8	229,1	91,1	-
Ayacucho	18,6	11,8	6,8	-	-
Cajamarca	768,4	766,3	2,0	-	-
Callao (Prov.Constitucional)	3 288,9	-	3 288,9	-	-
Cusco	2 016,0	1 916,9	99,1	-	-
Huancavelica	7 415,2	7 415,0	0,2	-	-
Huánuco	383,1	381,7	1,4	-	579,2
Ica	1 411,3	-	832,1	-	-
Junín	2 475,5	2 475,2	0,4	-	343,9
La Libertad	727,7	106,5	277,3	-	-
Lambayeque	87,3	-	87,3	-	-
Lima	24 143,4	6 036,8	18 106,5	-	-
Loreto	604,8	-	604,8	-	-
Madre de Dios	1,8	-	1,8	-	-
Moquegua	1 258,5	42,9	1 112,5	101,0	-
Pasco	835,9	835,7	0,2	-	-
Piura	1 279,0	175,3	963,0	-	140,7
Puno	748,4	-	16,7	-	-
San Martín	110,3	43,8	66,5	-	-
Tacna	153,2	104,2	0,2	48,8	-
Tumbes	16,4	-	16,4	-	-
Ucayali	392,3	5,0	387,3	-	-

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Al ver la problemática, hay alternativas que permiten extraer el agua del sub suelo, mediante el método de extracción, con alternativas renovables como la energía solar que ayuda a desarrollar la parte agropecuaria del hombre y a los agricultores de la zona utilizando motores de combustión interna para bombear agua subterránea, emanando gases contaminantes a la atmosfera y teniendo un elevado consumo de este hidrocarburo que cada día es más escaso y costoso.

El problema de la presente investigación se formula de la siguiente manera: ¿Cómo suministrar agua subterránea a cultivos del CPM Boró, Pomalca - Chiclayo por medio de un sistema de bombeo solar fotovoltaico?

Este trabajo se justifica de manera social dado que será de mucha ayuda a los pobladores, ya que con este sistema podrán regar sus cultivos de manera ininterrumpida, mejorando su calidad de vida y pueda ser utilizado para otros fines de la localidad. Por otro lado, técnicamente es un proyecto de buen impacto usando tecnología de vanguardia que ayude al desarrollo de este proyecto y su futura ejecución. En el aspecto ambiental es muy importante ya que los motores de combustión interna tienen alto impacto nocivo para la salud, con este sistema ecológico lograremos no contaminar el lugar donde nacimos. Económicamente es un proyecto que tiene alto costo de instalación, pero los beneficios sustentados en el tiempo serán importantes para ahorrar energía eléctrica ante el uso de combustibles fósiles.

En la siguiente investigación se plantea la siguiente hipótesis: dimensionando un sistema de bombeo solar fotovoltaico se puede suministrar agua a cultivos en el CPM Boró, Pomalca.

Teniendo como objetivo general el dimensionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para suministrar agua a cultivos en el CPM Boró, Pomalca, Chiclayo y para poder cumplir este objetivo general se establece los siguientes objetivos específicos: i. Determinar los niveles de radiación solar en C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo; ii. Diagnosticar la demanda del recurso hídrico en los cultivos del C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo; iii. Establecer y calcular los componentes del sistema de bombeo solar fotovoltaico; iv. Evaluar económicamente la propuesta del dimensionamiento fotovoltaico mediante VAN y TIR.

## II. MARCO TEÓRICO

Para justificar la investigación, el estudio conto con antecedentes técnicos previos de los siguientes trabajos:

Considerando el bombeo solar como una solución sostenible y económicamente rentable es que unos autores (CAMPANA, y otros, 2015) en un trabajo de investigación propusieron la optimización y conservamiento de tierras de cultivo con el bombeo fotovoltaico. En el proceso de la optimización consideraron los recursos hídricos subterráneos y el suministro de agua para el rendimiento de los cultivos. Para determinar la eficacia del sistema de bombeo solar es que realizaron una simulación en uno ya existente demostrando así que es totalmente confiable y puede garantizar operaciones continuas. En las pruebas que realizaron se resuelve que la configuración optima garantiza y muestra que el agua es uno de los recursos de factor determinante.

Utilizando sensores autónomos para monitorizar las condiciones ambientales y una computadora para la automatización de industrias o de situaciones mecánicas es lo que realizaron Calderón y colaboradores (CALDERON CÓRDOBA, y otros, 2018) para el mejoramiento de la escasez de agua potable siendo una de las principales deficiencias. Para dar solución es que se planteó el diseño, implementación e integración de un sistema totalmente automatizado con ayuda del Programmable Logic Controller (PLC) y Wireless Sensor Networks (WSN) implementando todos los módulos como niveles de líquido con sensores, de transmisión y distribución y el módulo de captación de energía solar. Las pruebas se realizaron por un periodo de 4 días consecutivos demostrando un buen performance de funcionamiento de la bomba al 100 % de eficiencia del sistema de comunicación.

Haciendo una comparación del mes crítico y del peor mes usando el bombeo de agua con paneles fotovoltaicos existió la necesidad del mejoramiento y del mejor desarrollo de los mismos, es por ello que Durin y otros investigadores (DURIN, y otros, 2014) realizaron un seguimiento de la producción de energía y la sostenibilidad hidráulica para el cual hace uso de un método innovador para el sistema de riego con energía solar para determinar el periodo más crítico. Haciendo uso de las pruebas del periodo más crítico con el peor mes es que se concluye que del tiempo del bombeo de agua usando panales solares tiene un equilibrio un día y

también como puede variar por al menos cinco días no siendo más prolongado, siendo así el Método del periodo crítico (CPM) el más beneficioso para el riego fotovoltaico.

Existe una deficiencia con el sistema que se tiene para la distribución del agua por lo que los autores (EBAID, y otros, 2013) haciendo uso de la energía solar es que plantearon como uno de sus objetivos principales unificar con un diseño de sistema de bombeo, teniendo como referencia la deficiencia del pozo con un nivel de agua estático y un peso de 147.3 m es que diseñaron un sistema haciendo uso de todas las normas y especificaciones del fabricante para un mejor funcionamiento continuo de 80 L y el peso de 288m<sup>3</sup>/h por lo que fue necesario realizar los cálculos de irradiación solar para que se pueda identificar los Kw h/m<sup>2</sup>/día de acuerdo a las necesidades, así como los materiales y componentes para la implementación como la cantidad de paneles, inversor, baterías, controladores de carga, para mayor vida útil de los equipos. Por lo que se considera que el proyecto a implementar tiene una durabilidad de hasta 25 años siendo una de las mejores soluciones para la deficiencia que tenían.

Yahyaqui y sus colaboradores (YAHYAOUI, y otros, 2013) presentan para dar solución y para optimizar la energía que no se utiliza y la demanda que ocasiona el riego agrícola proponen un proyecto totalmente autónomo y algorítmicamente funcional para satisfacer esta necesidad, el cual está compuesto por paneles solares y banco de baterías lo que hace que tenga la potencia requerida para la carga y distribución para el riego, por lo que hace que sea un proyecto totalmente rentable y a futuro muy económico.

Para fundamentar la información y trabajo que se está realizando es que se han considerado algunas definiciones las cuales serán de suma importancia para esta investigación es que se han tomado las siguientes:

**La Energía Solar** es el comienzo de todas las formas de energía renovable obviando la geotérmica, el sol genera energía que forma por medio de temperatura y por medio de cada recolector solar o pudiendo transformarla en electricidad gracias a cada sistema fotovoltaico. (ROGERIO, y otros, 2015)

**La Energía Solar Fotovoltaica** consta en convertir directamente la luz solar en energía eléctrica, a través de dispositivos electrónicos denominados "células solares"; estas son capaces de interconectarse y agruparse en módulos para su generación de 0,9 kwh/día m<sup>2</sup> (aprox. 1,5 m<sup>2</sup> un módulo). (MARGETA, y otros, 2017) Estas conversiones de las energías del sol en electricidad pertenecen a unos fenómenos físicos conocidos como los efectos fotovoltaicos. La radiación del sol se capta por medio de módulos de energía fotovoltaica, entonces generan electricidad (efectos fotovoltaicos) en C.C "corriente continua".

**La Radiación del Sol en la Superficie de la tierra** la constituye la atmosfera por una masa gaseosa, cuyo diámetro es de 12 700 Km, esta atenuación se debe a los fenómenos de absorción por (O<sub>2</sub>) (H<sub>2</sub>O) y (CO<sub>2</sub>). (OCAMPO, y otros, 2016)

**El Sistema Fotovoltaico**, es un equipo solar que está conformado por el panel solar, regulador de carga, inversor de CC a AC, acumuladores de energía (baterías) para proveer energía eléctrica, etc. (CAÑIPA, y otros, 2019).

**Tipos de Sistemas Fotovoltaicos:** existen dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica: (LIMA, y otros, 2020).

a) Los sistemas aislados o autónomos:

Este sistema garantiza que al suministrar energía eléctrica de manera autónoma de cada consumidor en hogares alejados. Esta instalación no contiene limitaciones técnicas en relación a las potencias de electricidad y pueden producir únicamente, para acotar los números de sistemas y batería es a instalar son solo para motivos económicos y rentables. (GONZALES, y otros, 2016 págs. 1-12)

Entre cada aplicación resaltan las más comunes que son en hogares:

- Luminarias en viviendas tanto dentro como fuera.
- Sistemas para bombear en pozos y regar de manera autónoma.
- La falta del suministro eléctrico hace que sea económicamente viable este tipo de sistemas en viviendas de manera autónoma por estar alejadas de la red.

- b) Sistemas que se conectan a la red: estas aplicaciones tienen como fin conectarse al suministro eléctrico por medio del sistema fotovoltaico y poder comercializar la energía eléctrica que producen, esto se convierte en una pequeña planta de generación de electricidad domiciliaria.

Motivos por el cual son interesantes estos sistemas:

- Tienen un alto índice de calidad de energía.
- Cuentan con energías limpias y renovables.
- Es una alternativa de mejora ante los cambios climáticos, puesto que se contribuye con reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Funcionamiento de una celda fotovoltaica:** cada sistema funciona con energía del sol por medio del efecto fotovoltaico, por medio de que sus células captan la luz solar y la convierten en eléctrica, esto genera que se desprenda cada electrón de silicio y atraviesen las barreras de potencia de cada capa semiconductor. Generando diferencias de potencial tanto en la N como en la P. (PERICH, y otros, 2020)

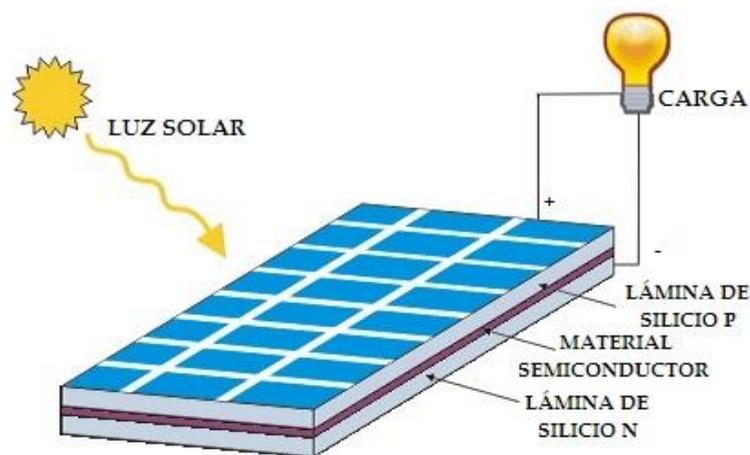


Figura 1. Esquema de funcionamiento de un panel solar

Fuente: Área Tecnología

**Sistema de Bombeo y Suministro de agua:** cada equipo que suministra una impulsión de los líquidos denotados por día, siendo los factores que utilizan que dependen de la cantidad de agua que entrega, este requerimiento indica cuan costoso es el sistema (RECIO, y otros, 2019)

**Componentes de los Sistemas de Bombeo Fotovoltaico:** de manera sencilla son equipos que se alimentan de energía eléctrica por medio de paneles solares y se convierten en un sistema de generación, para alimentar las bombas que a su vez mueven un convertidor y una estructura hidráulica. Esto puede ser acumulado en equipos de almacenamiento de energía, aunque los usos más comunes son suministrar de electricidad (ALMANZA, y otros, 2019 págs. 1-12).

Se tomó en cuenta también mencionar sobre los **tipos de bombas** que existen para aportar con más información en esta investigación las cuales se indican a continuación:

**Bombas centrifugas Horizontales:** son máquinas que cuentan con ventajas y pueden instalarse en distintos lugares. Estos equipos son utilizados en tanques, cisternas, embalses. Porque son fáciles de operar, mantener y son apropiadas para zonas rurales. Estas tienen una clasificación según sea la posición del eje de las bombas en relación a los niveles de agua y son de bajo costo (CABRERA, y otros, 2016 págs. 1-9).

**Bombas centrifugas Verticales:** estas máquinas conjuntamente con su sistema transmisión están dispuestas de manera vertical en la cual se apoyan. Así mismo está compuesta por determinados impulsores que elevan el agua por cada etapa, estas se deben instalar encima de los puntos donde se captan al agua, son bombas que cuentan con diámetros pequeños para su utilización en perforación de pozos por temas económicos (REYES, y otros, 2019 págs. 1-7).

**Bombas Sumergibles:** estas bombas que se sumergen en el líquido a bombear, poseen una eficiencia baja, otro factor es el consumo elevado de energía eléctrica, aumentando consigo el costo de mantenimiento y operación, por ser difíciles de instalar y no realiza mantenimiento sin paralizar la tarea (CABRERA, y otros, 2019 págs. 1-15).

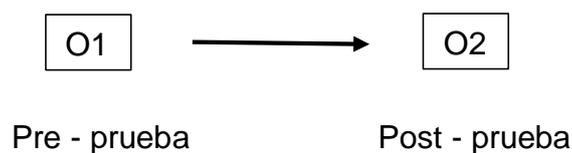
Es necesario también saber la base legal que se ha tomado en consideración para esta investigación tanto para la utilización de los recursos energéticos en el CPM Boro lo que está catalogado en el MINEM para las instalaciones que se realizaran en éste proyecto, Anexo 4.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación.

**Tipo de Investigación:** Es aplicada, porque con los conocimientos y teorías de ingeniería, se lograría solucionar un problema particular o específico, con la finalidad de obtener datos del proceso, el cual permitirá describir la situación problemática, para así poder proponer una solución y obtener el suministro eléctrico.

**Diseño de la Investigación:** Esta investigación es no experimental con un alcance descriptivo, ya que se analiza la bibliografía de los últimos años, comparando la información y el estudio de diversos casos a fin de plantear una propuesta de solución frente a la problemática planteada en este trabajo.



O1, O2: Observación del potencial solar para utilizarlo en el bombo de agua mediante el sistema fotovoltaico (medición de pre prueba) y el estado final (medición post prueba).

X: Estimulo, dimensionamiento solar para bombear agua.

#### **Descriptiva**

El estudio es descriptivo en el sentido de que los problemas se observan y describen tal como ocurre naturalmente, sin manipulación ni intervención por parte de los investigadores del estudio, tabla 3.

Tabla 3. Estudio y Observaciones.

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

*Fuente:* Elaboración propia

Donde:

M1 y M2 son muestras.

O1 y O2 son observaciones.

### **3.2. Variables y Operacionalización.**

#### **Variable Independiente.**

- Dimensionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico.

#### **Variable Dependiente.**

- Suministrar de agua subterránea a los cultivos en el CPM Boró, Pomalca, Chiclayo.

#### **Operacionalización de las variables**

- En el anexo 01 se describe y detalla la operacionalización de las variables.

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.1.1 Población:**

Lo conforma el sistema de bombeo solar fotovoltaico.

#### **3.1.2 Muestra:**

Un sistema de bombeo solar fotovoltaico capaz de brindar energía para suministrar agua subterránea a 10 hectáreas de cultivo en el centro poblado menor Boró, Pomalca.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recaudación de datos

En este proyecto de investigación se realizó la recaudación de datos necesarios en la cual se aplicó las siguientes técnicas e instrumentos necesarios, mencionándose en la tabla 4.

Tabla 4. Técnicas de recaudación de datos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objeto</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Observación</b>	Hoja de recopilación de información	Guía de recopilación de información	Recaudar los datos obtenidos de la radiación solar.
<b>Entrevista</b>	Hoja de preguntas	Datos necesarios para bombear agua	Determinar el caudal necesario de agua para bombear y los parámetros de funcionamiento
<b>Datos históricos</b>	Nasa, Atlas solar y Metrom	Datos recolectados con una antigüedad de 05 años de irradiación solar	Determinar la cantidad de radiación solar atlas solar.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Procedimientos.

En primer lugar, se trabajó recolectando la información de los datos proporcionados por los beneficiarios del proyecto mediante las guías de recolección de datos (anexo 4). Con esos datos procedemos a determinar el potencial de radiación solar por medio de la NASA, Atlas Solar y el software Meteonorm. Una vez determinado el potencial eléctrico y la dosis de agua para suministrar al cultivo, calculamos y dimensionamos cada componente que interviene en el sistema de bombeo solar fotovoltaico. Con los parámetros calculados seleccionamos cada componente que interviene en el sistema de bombeo solar fotovoltaico como son los paneles solares, inversores, reguladores de carga, banco de baterías, sección del conductor eléctrico, etc. Finalmente se analizó económicamente la viabilidad del proyecto de investigación por medio del método VAN y TIR.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los registros matemáticos utilizados en esta investigación han sido seleccionados para obtener los datos del sistema fotovoltaico siendo las mismas tomadas con un sustento científico. Los datos obtenidos de las radiaciones solares fueron extraídos del programa de la nasa, los cuales fueron valores analizados y tomados los datos de nivel medio.

Los datos presentados en este informe han sido analizados en función de los datos obtenidos las cuales se han trabajado en una hoja Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

En este proyecto se promueve el respeto por los autores que se han tomado como sustento científico protegiendo su trabajo mostrando resultados concretos y confiables.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinar los niveles de radiación solar en C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo.

#### Estudio del recurso solar

Para la obtención del recurso solar del CPM Boró, se ha utilizado la recopilación de datos del Atlas Solar del Perú, datos de la NASA, así también del programa Meteororm 7. (SOLARGIS, 2021)

Para determinar la radiación solar promedio mensual por el transcurso de 1 año se realizó con ayuda del ATLAS SOLAR DEL PERÚ, detallándose en la figura 2 de información geográfica.

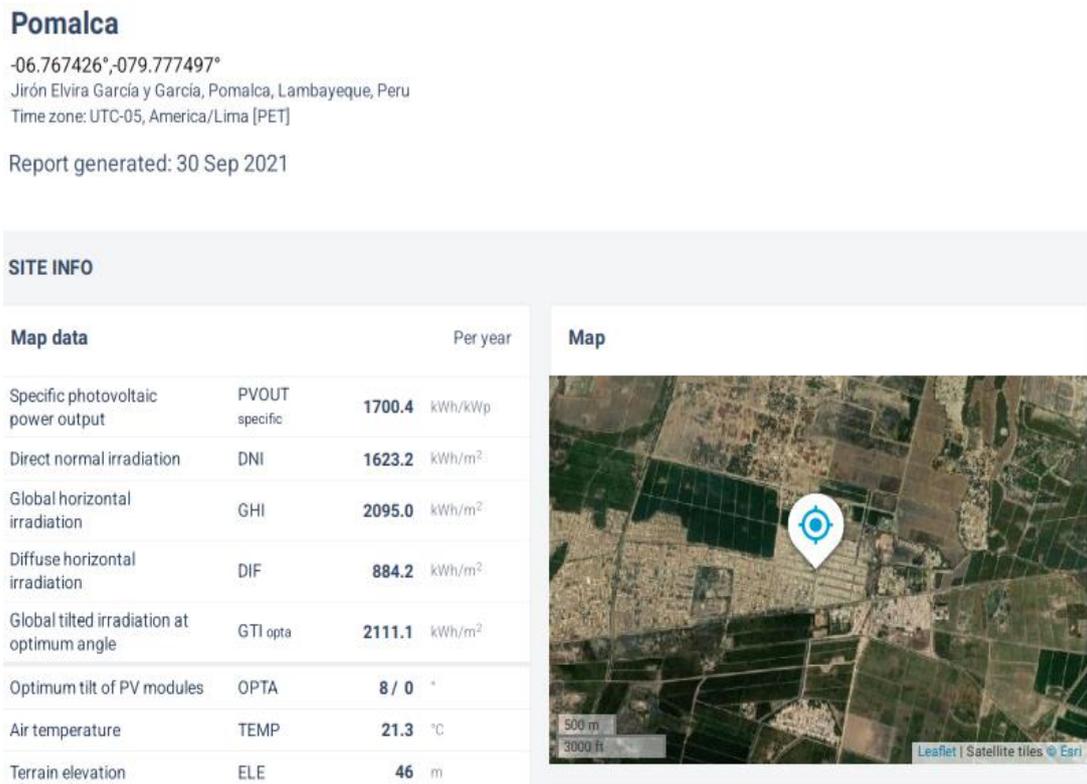


Figura 2. Información Geográfica – Pomalca

Fuente: (GLOBAL SOLAR ATLAS, 2021)

### Promedios mensuales

Dirimi Ct norte ormetroal Erra DIatfonorte



Figura 3. Promedio de Radiación Solar

Fuente: Atlas Solar

Se llegó a determinar que la radiación solar promedio hora y que en el mes de junio la radiación es menor que la del resto del año, siendo de 6:00 - 7:00 am una radiación de 33 Wh/m<sup>2</sup> y por las noches de 18:00 – 19:00 una de 5 Wh/m<sup>2</sup>, tal como se muestra en las figuras 3 y 4. Así mismo indicar que el promedio de radiación solar anual es 1626,6 kWh/m<sup>2</sup> (CABRERA, y otros, 2016).

## Per les promedio por hora

DlrmicI nortormetroallrraDiatlonorte [Wh/metroz]

	Janoria	FmiB	METROar	Apagr	METROay	Junoria	Jtul	Atogramo	Snipaj	OCt	notosar	DmiC
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	36	19	21	29	33	14	9	17	39	68	89	57
7 - 8	188	154	169	196	201	166	154	128	147	175	220	204
8 - 9	314	290	306	334	315	235	204	167	209	247	297	320
9 - 10	426	416	437	461	411	286	234	207	299	346	374	419
10 - 11	531	507	554	576	494	358	288	289	425	480	494	521
11 - 12	596	565	618	639	571	421	382	405	533	596	589	596
12 - 13	629	568	626	648	607	472	477	522	612	655	663	631
13 - 14	606	534	590	602	590	491	533	570	615	628	634	623
14 - 15	508	449	488	508	535	481	546	561	544	556	563	541
15 - 16	406	342	371	400	443	448	510	501	438	436	453	429
16 - 17	287	233	238	279	318	351	412	388	306	295	315	296
17 - 18	162	134	128	139	145	177	231	210	143	128	151	157
18 - 19	31	29	15	5	5	6	10	8	5	4	5	13
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
<b>Sumario</b>	<b>4718</b>	<b>4240</b>	<b>4560</b>	<b>4817</b>	<b>4668</b>	<b>3906</b>	<b>3990</b>	<b>3974</b>	<b>4315</b>	<b>4615</b>	<b>4847</b>	<b>4808</b>

Figura 4. Promedio radiación solar x hora.

Fuente: Atlas Solar

En la figura 5, se grafica los datos obtenidos anualmente y de la misma manera se puede visualizar que en el mes de junio hay una baja de radiación en Wh/m<sup>2</sup>.

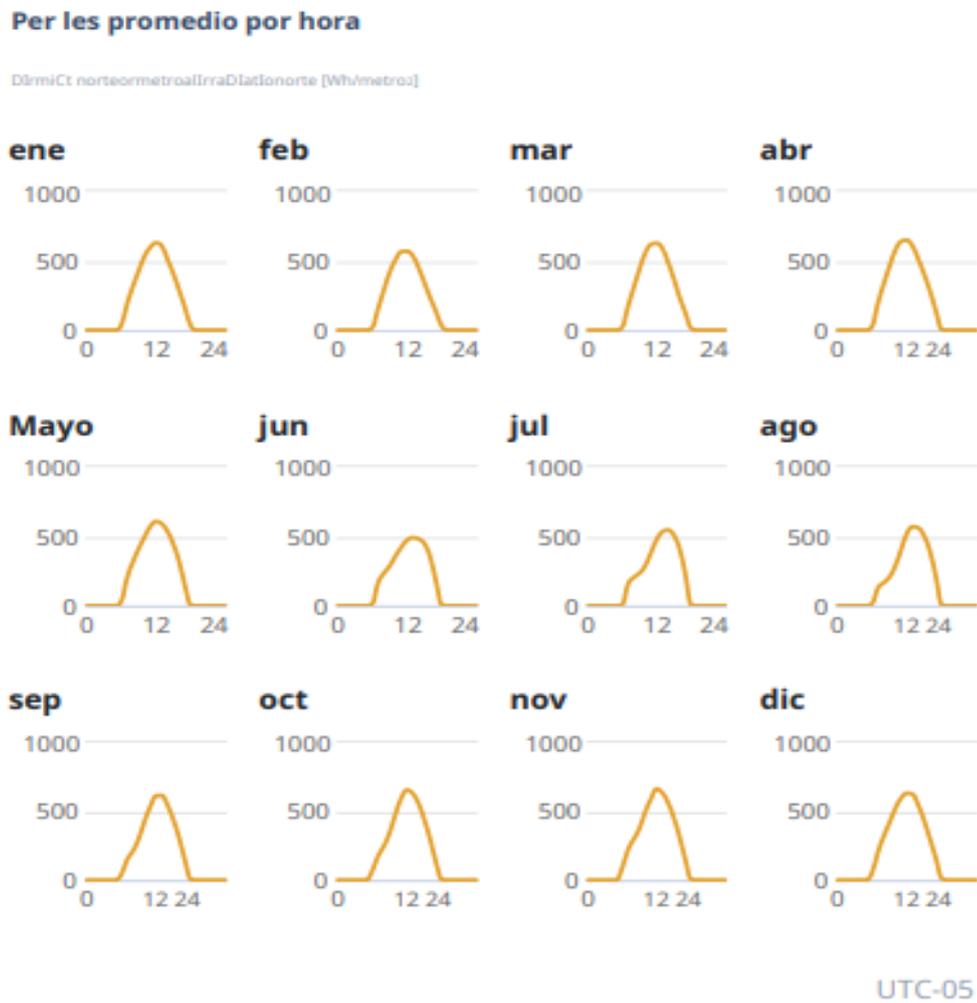


Figura 5. Promedio Hora – Junio

Fuente: Atlas Solar

## Software METEONORM 7

El Meteonorm 7, entrega datos por departamento donde resaltan los datos del rayo del sol de forma mínima, otorgando así los datos de los rayos emitidos diariamente (Meteonorm7, 2021).

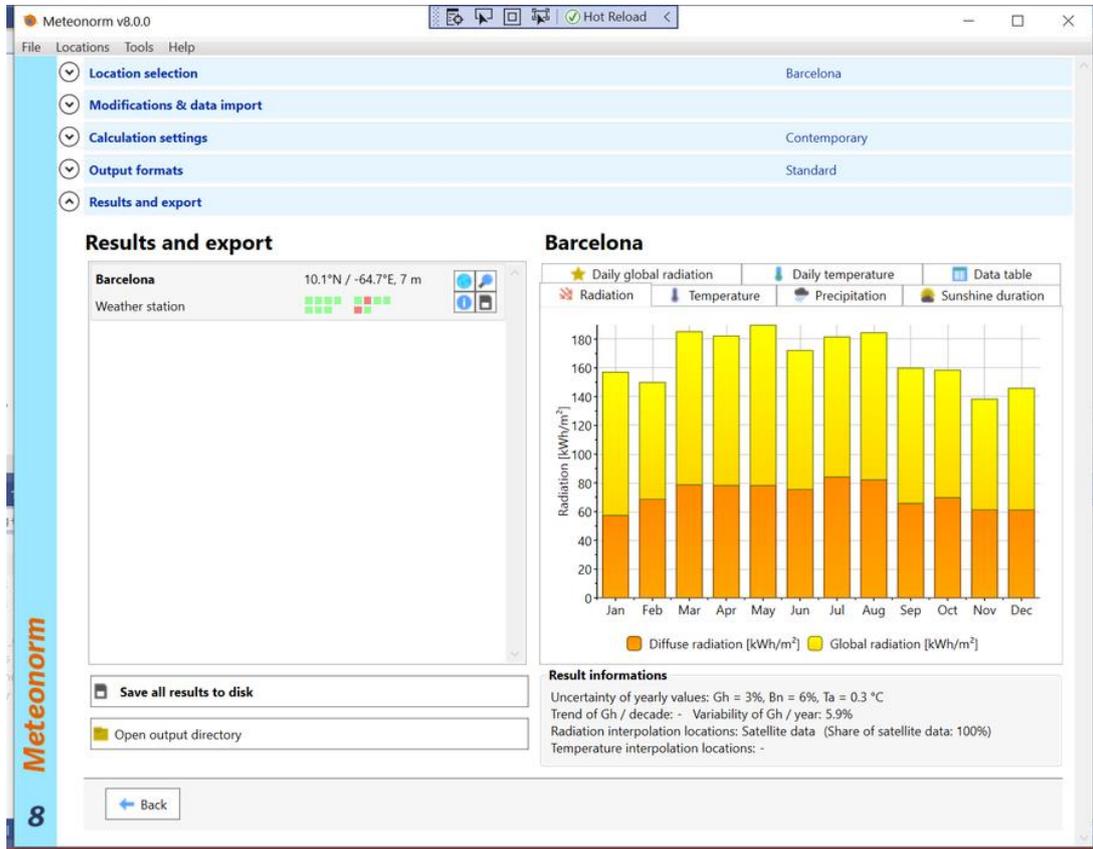


Figura 6. Software Meteonorm 7

Fuente: Meteonorm

## Análisis de Recurso Eólico

Analizando los recursos del atlas eólico del Perú y también por parte del SENAMHI se dio a conocer que los meses con más frecuencia de velocidad y la más alta se da en noviembre, siendo junio un mes con poca fluidez de velocidad de viento. (QUIÑONEZ CHOQUECOTA, y otros, 2019).

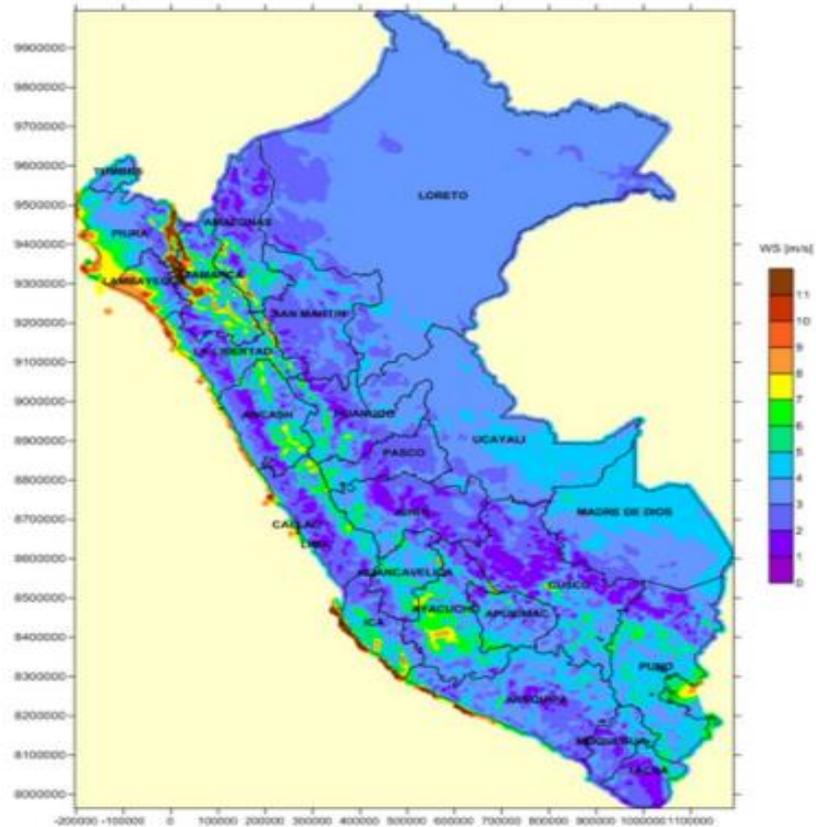


Figura 7. Velocidad de Viento

Fuente: Atlas Eólico del Perú

### Dimensionamiento del Sistema Eólico

Tomando el análisis y como consiguiente los resultados es que se determinó usar el aerogenerador de 5 kW, debido a las condiciones climáticas del CPM Boro y las curvas de potencia alineada por lo que se determinó dicho modelo.



Figura 8. Enair E70 pro

Fuente: Enair.es



Figura 9. Curva de Potencia

Fuente: Enair E70 pro 5kw

Los valores de energía que se han obtenido con el aerogenerador en el mes de junio es de 92348.53 Wh, pero para determinar el valor diario es que dicha cantidad será dividida en 30 días del mes obteniendo como resultado 3078.28 Wh. Anexo 6

$$EPD = \frac{92348.53}{30} = 3078.28 \text{ W.h}$$

### Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Siendo este sistema la duración de 20 años de vida útil es que se saca un promedio de 16989.716 Wh, aunque no se encuentra establecido que se determine así. Por lo que se tiene que multiplicar por el factor de perdidas, así también un punto de inclinación como se describe en la formula siguiente:

$$E_{\text{entregada a la carga}} = F \cdot X \cdot E_{\text{sistema}}$$

$$F = 1 - \left[ \frac{F_a \times N}{p_d} \right] - f_b - f_i - f_j$$

Es:

$f_i$  = Factor de pérdidas debido a la eficiencia del inversor = 0.13

$f_j$  = Factor de pérdidas global debido al calentamiento conexiones, etc = 0.05

$P_d$  = Profundidad de descarga máxima de las baterías = 0.7

$f_a$  = Factor de energía pérdida por autodescarga = 0.005

$f_b$  = Factor de pérdidas debido al eficiente de la batería = 0.05

N = Días de autonomía = 2

$$F = 1 - \left[ \frac{0.005 \times 2}{0.7} \right] - 0.05 - 0.13 - 0.05$$
$$F = 0.755$$

Al multiplicar por la energía demandada es:

ED: Energía Demandada.

F: Factor de Pérdida

$$ED = F \times (ED)$$

### A). Presupuesto del suministro de equipos y materiales:

Tabla 5. Presupuesto de un sistema fotovoltaico de bombeo

COSTOS DE MATERIALES							
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	TIPO	UND	CANT.	P.U	TOTAL
1	Panel solar 12 VDC/120 Watts	SOLARLAND	SLP 120-12U	Und	40	500.0	20000.00
2	Controlador de carga solar 12 VDC/8 Amp.	PHOCOS	CM-L08	Und	12	280.0	3360.00
3	Inversor 12 VDC/ 220VAC 800 Watts	ENERGIT	800W POWER INVERTER	Und	1	420.0	420.00

4	Baterías 12 VDC/150 Ah	RITAR	RA12-150	Und	4	950.0	3800.00
5	Interruptor diferencial 2x25 A, 30 mA	ABB	DIF-25	Und	1	75.0	75.00
6	Interruptor termomagnético 2x16A, 600 VAC	ABB	ITM-16	Und	1	60.0	60.00
7	Conductor eléctrico tipo NLT 2x14 AWG	INDECO	NLT	m	30	2.20	66.00
8	Soporte del sistema	S/M	S/M	Glb	1	750.0	750.00
9	Accesorios varios	S/M	S/M	Glb	1	450.0	450.00
<b>COSTO REFERENCIAL S/.</b>							<b>28981.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## B). Presupuesto por montaje:

Tabla 6. Presupuesto de instalación del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	P.U	TOTAL
1	COSTO POR INSTALACION DEL SISTEMA	GLB	1	7,500.00	7,500.00
<b>COSTO TOTAL S/.</b>					<b>7,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## C). Presupuesto total de la instalación del sistema:

Tabla 7. Presupuesto total del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	P.U	TOTAL
1	ELECTROBOMBA SUMERGIBLE PEDROLLO MOD. 4SR10G, 1.0 HP, 220V, 60 Hz, MONOFASICA	GLB	1	3,267.47	3,267.47

<b>2</b>	SUMINISTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO	GLB	1	28,981.00	28,981.00
<b>3</b>	SERVICIO DE MONTAJE SISTEMA DE BOMBEO	GLB	1	7,500.00	7,500.00
<b>COSTO TOTAL S/.</b>					<b>39,748.47</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### D). Presupuesto total para instalación del sistema eólico:

Tabla 8. Presupuesto total para el sistema eólico.

Descripción	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Costo (S/.)
Aerogenerador ENAIR E70 PRO 400W	14	2,990.00	41,860.00
Torre de 15m más controlador eólico más accesorios	1	15,000.00	15,000.00
Baterías Ritar 503 Ah	28	450.00	12,600.00
Controlador MPPT Victron 150 V 100 A	8	3,800.40	30,403.20
<b>COSTO TOTAL:</b>			<b>S/ 99,863.20</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en tabla 8, el presupuesto total para la implementación de un sistema fotovoltaico para bombeo es en total de S/ 39,748.47, mientras que para el sistema eólico se puede observar en la tabla 9, que el precio es muy elevado siendo el monto de S/ 99,863.20 soles, por lo que se determinó trabajar con el sistema fotovoltaico ya que el gasto que se realizará para su implementación será por única vez y con una vida útil de 20 años aproximadamente.

#### 4.2. Diagnosticar la demanda del recurso hídrico en los cultivos del C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo.

Según los autores (COELA POMA, y otros, 2017) en casi la totalidad de estudios realizadas hasta el año 2005 no se tenía muy definido la información sobre la demanda hídrica hacia los cultivos es por ellos que se tomaron varios factores que puedan definir el proceso como la recolección de datos con la información brindada de la radiación solar, datos climáticos, temperatura, humedad, velocidad del viento los cuales fueron obtenidos por el ATLAR SOLAR.



Figura 10. Recurso Hídrico

Fuente: Ecosseg.es

Algunos datos recolectados que se emplearon para la determinación del tiempo de riego por hectárea, la cual para convertir en dotación se divide  $2,78=0,4$  mm/Ha/h. Dependiendo mucho del cultivo a regar se requiere unos 7mm de agua por día, es decir para regar una hectárea al 100% se necesitaría 18 horas diarias de riego.

Otro dato importante para determinar cuánta agua evapotranspira el cultivo, se debe multiplicar la ( $ET_o$ ) del cultivo de referencia por el  $K_c$ . Anexo7 (descripción de formula)

$$ET_c = ET_o * FT * K_c$$

Para llegar a la determinación del volumen de agua para el riego requerido se hallará mediante la siguiente formula:

Lámina de riego=  $ET_c$ / eficiencia de riego

Volumen = Lámina de riego x área de cultivo.

Para la irrigación de la **producción de maíz** se requiere toda su demanda según el estado climático, siendo el transcurso del ciclo de  $5 \times 10^2$  a  $8 \times 10^2$  mm de agua bien dispersas de acuerdo a sus etapas. El periodo con más necesidad de agua se da 15 días antes de la floración y hasta 30 días después de la misma (SIFUENTES IBARRA, 2018).

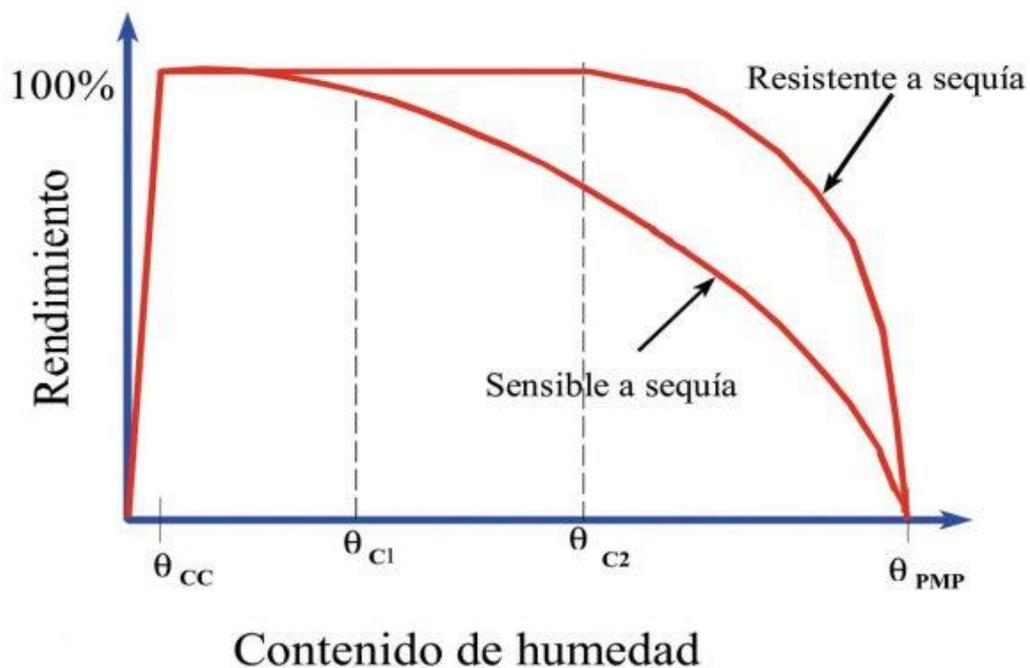


Figura 11. Efecto del contenido de humedad en el rendimiento para cultivos sensibles y resistente a la sequia

Fuente: Scielo.com

**PROGRAMACION DE RIEGO:** En el caso del **maíz** puede ser el riego a gravedad (surcos) o de alta frecuencia (aspersión) o la energía es muchas veces menor en el caso del riego por goteo. Siendo que dicho cultivo durante su floración y crecimiento de mazorcas tengan un consumo de 50 a 60 mm de agua a la semana en temporada de calor; suelos de textura medias y pesadas que deben aplicarse cada 10 días en sequías, lo que significa que de riego aumenta de 60 a 80 mm de agua.

Por otro lado, otro de los cultivos que se ha investigado es el **riego por goteo de la alfalfa**, por lo que según (SISTEMA AZUD S.A, 2020) la administración del agua tiene que ser fraccionada, ya que las necesidades de la planta varían a lo largo del ciclo productivo, por lo que la humedad del suelo no debe ser inferior al 50 % durante su periodo productivo, uno de los beneficios del riego por goteo es que se evita la contaminación del suelo, reduce las malezas y la ventaja es que se eleva la producción y calidad del cultivo llegando a la última parte, por lo general se deja de irrigar entre 3 a 10 días antes de que empiece la cosecha.

FASES DEL CULTIVO	DURACIÓN (días)			K <sub>c</sub>
	1er Ciclo	Otros ciclos de corte	Ciclo promedio anual	
Siembra, germinación y crecimiento vegetativo	10	5	150	0.4
Botón floral	30	20	30	0.4 - 0.95
Floración	25	10	150	0.95
Maduración	10	10	35	0.95 - 0.90

Figura 12. Estados fenológicos

Fuente: A.N.A

pH	7.2*
Temperatura media	10 °C
Profundidad siembra	Terrenos pesados: 1 - 1.25 cm Terreno ligeros: 2.5 cm
Profundidad radicular	3 - 5 m
Salinidad	< 8 mmhos / cm
Humedad	30 - 50%

Figura 13A. Requerimientos climáticos

Fuente: A.N.A

En la figura 13, podemos apreciar la distribución de los recursos hídricos por regiones hidrográficas tales como: Pacífico, Amazonas y Titicaca teniendo el Perú un volumen bruto al año de 1 768.172 MMC.



Figura 14. Distribución de Recursos Hídricos del Perú

Fuente: A.N.A

### **Diseño agrónomo:**

Las necesidades del recurso hídrico en plantas se realizan por medio de técnicas que permiten que el agua se distribuya por el cultivo, entre ellas tenemos la aspersión y el goteo. Todos los niveles y necesidades de la tierra serán corregidas con los factores siguientes:

**Factor de cultivo (Kc):** dependiendo de cada uno de los cultivos varían el desarrollo de los mismos.

**Factor de sombreado (Ks):** este se basa en hipótesis de que el área que sombrea es igual al de la parte inferior de la curva. **Anexo 9**

**Factor de aumentar valores medios (Ka):** en el área cultivada tomamos valores que se miden mensualmente, por ende, se debe tomar en cuenta que ciertos días son más elevados que otros y estos datos aplican a regiones cálidas con  $K_a = 1.20$  y  $K_a = 1.15$  para zona templada.

**Factor uniforme (Ku):** estos coeficientes uniformes del agua indican que sus aplicaciones uniformes del agua. Los riegos gotean pudiendo considerarlo. **Anexo 10**

Al principio del diseño de riego se puede resaltar  $K_u = 1.1$  (90%).

Calculo Necesidades diarias de agua de la Planta:

- Agua sin salinidad ( $C_e < 1 \text{ mmhos/cm}$ )

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

- Agua salina ( $C_e > 1 \text{ mmhos/cm}$ )

$$ND = (K_c * K_s * K_a * K_u * ET * M) / K_1$$

Los detalles de las ecuaciones se muestran en el Anexo 5

Característica Hidráulica del goteo:

El sistema de goteo proporciona un bajo caudal y presiones bajas de tal manera los diámetros de las tuberías laterales y las secundarias son más reducidas

El caudal varía según parámetros estandarizados de 2L.h, 4L.h y 8L.h, para poder trabajar con este sistema debemos coger el caudal estándar.

Tabla 9. Caudal empleado en algunos cultivos

Caudal(l/h)	Cultivos
<2	Invernaderos, Hidroponicos
02-04-22	Hortícolas y Frutales en marcos intensivos
8	Frutales en general

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008

En gran parte del sistema operan a presiones máximas de 10 bar.

Por medio de cómo se comporta la presión de goteo los podemos clasificar en:

**Laminares:** Este método tiene como fuente la máxima demanda en presión.

**Auto compensables:** En este sistema permanece igual el consumo del agua, aunque las presiones aumenten.

**Inestables, turbulentos o vortex:** Los utilizamos entre las antiguas.

- Número de goteo/planta:

$$Ng = \frac{Sp \cdot Pm}{Smj}$$

- Número de sectores:

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

Tiempo de Riego: Considerada como buena jornada de trabajo de 12 ó 24 hrs

- Caudal de bombeo:

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

$$N^{\circ} p = \frac{\text{superficie (m}^2\text{)}}{\text{marco de riego o plantación(m}^2\text{)}}$$

2. N° de planta a regar simultáneamente (Nprs):

$$N^{\circ}prs = \frac{\text{Número total de plantas}}{\text{número de sectores}}$$

3. Caudal Bombeo en un sector (Qb):

$$Qb = N^{\circ}prs * N^{\circ}g * Qg$$

Donde:

N<sup>o</sup>prs : Numero de plantas a regar simultáneamente

N<sup>o</sup>g : Número de goteros

Qg : Caudal de gotero

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

$$Qn = \frac{Qb \left(\frac{l}{s}\right)}{\text{area (ha)}}$$

**Diseño hidráulico:**

$$h^1 = 3 * f * lf = \frac{0.96 * Q^1 * 5 * f * lf}{D_{4.75}}$$

Dónde:

LM = LR +Lf

LM = Longitud mayorada

LR = Longitud Real

Lf = Longitud Ficticia

Lf = Longitud de diseño + (N<sup>o</sup> goteros\*F)

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

Esto significa la pérdida de carga por segmento de conexión que es equivalente a la perdida en 0.385 m de tubo.

cálculo de las presiones producidas en (Po):

$$p^1_o = p_o + 0.73h^2 \frac{+H_g}{-2}$$

Dónde:

Po = presión requerida

h<sup>1</sup> = pérdidas de carga calculadas en la tubería

H<sub>g</sub> = desnivel que depende exclusivamente de las cotas del terreno

### Diseño hidráulico:

Tabla 10. Adquisición hídrica del maíz y sus distintos periodos de aumento por hectárea.

Periodo de sembrado	Estado Fenológicos	Periodo	Demanda de Riego	
		Almacenados días	En zanjas m3/ha	En goteo m3/ha
<b>Sembrado</b>	19 Julio	0	239.0	<b>117.8</b>
<b>Desarrollo</b>	4 hojuelas	34	585.0	<b>289.0</b>
	7 hojuelas	49	462.8	<b>228.5</b>
	9 hojuelas	59	334.4	<b>165.0</b>
	Comienzo de floreamiento masculina (14 hojuelas)	79	839.3	<b>414.8</b>
<b>Florecimiento</b>	Florecimiento femenina	89	505.1	<b>249.4</b>
	Fertilización cuaje	104	1025.9	<b>507.2</b>
<b>Rebosar del Grano</b>	Creación del grano	124	1522.1	<b>752.7</b>
	Grano blando a grano dintelado	134	800.2	<b>395.5</b>
<b>Maduración</b>	Madurez fisiológica	149	749.0	<b>370.1</b>
<b>Recolección</b>	15 Enero	164		

<b>Total</b>	<b>7062.8</b>	<b>3490</b>
<b>Líquido general necesitada en m3/ha</b>	7062.8	3490

Fuente: Scielo.com

### Periodos de riego del maíz y sus diferentes periodos que aumenta cada ha.

En la tabla anterior podemos ver como se transforma el proceso del maíz donde se puede ver los gastos de agua por m<sup>3</sup>/ha, en su totalidad las fases para desarrollarse son unos 120 días desde la parte de la siembra y la cosecha, podemos ver cuánto líquido es necesario por cada etapa correspondiendo la cantidad de líquido a regar. Lo cual se obtiene:

Disponiendo de regadío general por hectárea = 753.7 m<sup>3</sup>/ha

Por lo tanto, obtenemos el gato en el tiempo de 20 días.

$$\text{Adquisición hídrica por día} = 753.7 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \times \frac{\text{ha}}{20 \text{ días}}$$

$$\text{Adquisición hídrica por día} = 37.6 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Tabla 11. Adquisición general de líquido para dispendio Agricultura por día.

Detalle	Cuantía	Líquido m <sup>3</sup> /día	Líquido m <sup>3</sup> /día Total
Regado sembrío de maizal	10 hectáreas de tierra	37.6	<b>376.00</b>
<b>Total</b>			<b>376.00</b>
<b>Coefficiente de confianza de 1.1 y 1.2</b>			<b>37.6 – 75.3</b>
Líquido general solicitada al día para dispendio agrario			413.6 – 451.3

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3. Establecer y calcular los componentes del sistema de bombeo solar fotovoltaico. 1**

Para la realización del sistema debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Calcular el régimen para bombear esto se determina por la necesidad del agua
- Calcular cargas dinámicas para poder seleccionar el sistema de bombeo
- Dimensionar el arreglo del sistema fotovoltaico.

Podemos ver a continuación los detalles de las variables y las decisiones que debemos tomar en la duración del sistema, tal como se detalla en el **anexo 12**

Según el requerimiento del caudal requerido debemos calcularlo, esto se establecen requiriendo el servicio de agua al día, con ese dato podemos determinar el régimen necesario para la bomba. La finalidad es hacer el cálculo como primera opción las cantidades de agua necesaria para poder ser bombeada.

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

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

Antes de continuar, debemos considerar y comprender los conceptos básicos de las condiciones hidráulicas de trabajo para determinar el volumen del sistema que se utilizará para bombear agua. El volumen del sistema está relacionado con la carga dinámica total (CDT) y la cantidad de agua requerida por día. Esto se llama el ciclo hidráulico. Se utiliza la siguiente fórmula para obtener el valor de la carga dinámica total:

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

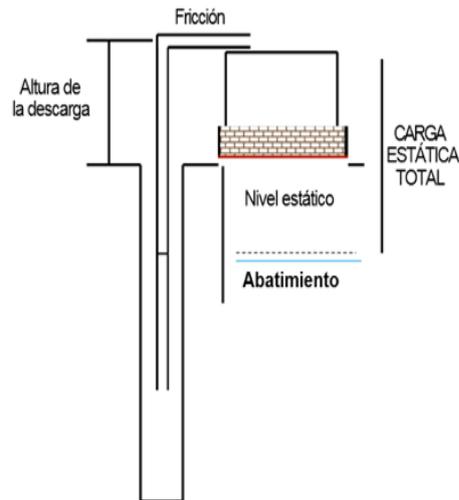


Figura 15. Principales componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua.

Fuente: New México State University, Sandia

**Cargas Estáticas:** son las primeras instancias, estos podemos obtenerlas por medio de mediciones directas, donde determinamos el desplazamiento que general el nivel del agua y recorren hasta poder llegar ante el agita miento del pozo y este empieza a descargar el agua.

Se calcula de la siguiente forma:

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

**Cargas Dinámicas (CD):** el pozo donde uno bombea sufre el efecto de agotamiento al momento del bombeo, en esa trayectoria hace que el nivel del líquido disminuya, por lo cual se debe extraer de manera correcta para evitar que succione el líquido y sedimentos que puedan dañar la bomba. las cargas dinámicas son los aumentos de presión que causan al obtener el flujo de agua desplegando tuberías y materiales de PVC.

El tamaño de cada tubería tiene impacto en relación a la presión y la fricción que hace el líquido al fluir.

Para poder determinar estas cargas dinámicas son necesarias el poder determinar a qué distancia se transporta el agua desde los puntos que ingresan en la bomba hasta que se descarguen, incluyendo una distancia horizontal.

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

Este tipo cuentan con una trayectoria de alrededor del 2% del agua que equivalen a las longitudes totales de las tuberías. Lo comúnmente sabemos que son el resultado de los valores que se mantienen si se considera que los sistemas de bombeo cuentan con flujos de 1 litro por segundo menor.

$CD = 0.02 * \text{Longitud total de la tubería}$  \* el 0.02 es un factor de fricción por la distancia del recorrido de agua

Carga Dinámica Total (CDT): Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.

$$CDT = CE + CD$$

**Donde:**

La carga estática se calcula con la adición de las distancias.

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

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

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

$CD = 0.02 * L$

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

Podemos determinar la bomba adecuada para nuestro sistema por medio de las cargas dinámicas determinando también el tiempo de llenado para posterior a eso determinar el consumo de corriente y la potencia.

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

### **DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO:**

Selección del panel solar

**a) Cantidad de indicadores fotovoltaicos ensamblados en Serie:**

$$M_s = V_{\text{Trabajo}} / V_{\text{Modulo Voltaico}}$$

$$M_s = 47.5 \text{ V} / 24\text{V}$$

$$M_s = 1.97$$

**En el cual:**

- ✓  $M_s$ : Cantidad de indicadores fotovoltaicos en serie.
- ✓  $V_{trabajo}$ : Tensión de labor.
- ✓  $V_{Modulo\ Fotovoltaico}$  : Tensión de indicador fotovoltaico.

**b). Cantidad de ramificaciones enlazadas en Paralelo:**

$$R_{Paralelo} = N_{Paneles} / M_s$$

$$R_{Paralelo} = 70 / 1.97$$

$$R_{Paralelo} = 35.5$$

**En el cual:**

- ✓  $R_{paralelo}$ : Cantidad de ramificaciones.
- ✓  $N_{Paneles}$ : Cantidad completo de indicadores.

**c). Potencia completa adjuntado por la técnica fotovoltaica:**

$$E_{TFV} = N_{Paneles} \times W_P \times R$$

$$E_{TFV} = 70 \times 315 \times 4.72$$

$$E_{TFV} = 104076 \text{ W. h}$$

La potencia que se requiere para poder tener los paneles solares se determina de unos 104076 w.h, luego acaban por métodos aptos para suministrar las potencias de manera indispensables, los cuales tenemos energía suficiente para poder ser usada en los meses que menos radiación hay en el territorio nacional.

**d). Cálculo de la hora solar pico:**

$$HPS_{crit} = \frac{I_{pi}}{I_{sct}}$$

HPS<sub>crit</sub>: Hora solar pico

$I_{pi}$ : Valores de las irradiaciones incidentes en Wh/m<sup>2</sup>

$I_{scr}$ : Potencial de irradiancias en condición estándar de medida (STC) en Wh/m<sup>2</sup>

$$HPS_{crit} = \frac{6.25 \text{ Kw. h/m}^2}{1 \text{ Kw/m}^2}$$

$$HPS_{crit} = 6.25 \text{ h}$$

**e). Dimensionamiento de las baterías:**

- Profundidades de Descargas Máximas Estacionales (PDmax,e) = 70% = 0,7
- Profundidades de Descargas Máximas Diarias (PDmax,d) = 25% = 0,25
- Números de días de Autonomía (N) = 3

**e1).** Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (CNE)

El procedimiento de este cálculo es similar al interior

$$C_{ne(Wh)} = \frac{Lmd * 3}{PD_{max,e}} * Fct$$

**Donde:**

$C_{ne(Wh)}$  : Capacidades nominales de las baterías en descargas máximas estacionales.

El procedimiento de este cálculo es similar al anterior.

$$C_{ne(Wh)} = \frac{Lmd * 3}{PD_{max,e}} * Fct$$

**Donde:**

$C_{ne(Wh)}$ : capacidades nominales de las baterías en descargas máximas estacionales.

Lmd: consumo medio de energía diario.

PDmax.e: descargas máximas estacionales.

Fct: factores de correcciones de temperaturas (=1)

**Resultando:**

$$C_{ne(Wh)} = \frac{Lmd * 3}{PD_{max,e}} * Fct \quad \Rightarrow \quad \frac{1.875 * 3}{0.70} * 1 = 8,035.71$$

Cada resultado indica que al generar electricidad día a día es de 1.8 kw, con nuestras baterías podemos disponer de unos 3 días sin energía solar o nubladas, sin permitir que la batería se descargue menos del 70% de su capacidad nominal, con estimaciones de factor de corrección en temperaturas que igualan a 1, estos

son necesarios para tener capacidades nominales de las baterías que se descargan de manera máxima estacionaria de 8.035Wh.

Por tal motivo se sigue de manera similar procediendo para calcular capacidades necesarias a nuestro sistema para la acumulación de la funcionalidad de la descarga máxima:

$$C_{ne}(Ah) = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_{BAT}}$$

**Donde:**

$C_{ne}(Ah)$  = Capacidades mínimas de las baterías en descargas máximas estacionales.

$C_{ne}(Wh)$  = Capacidades nominales de las baterías en descargas máximas estacionales.

$V_{BAT}$  = Tensión de batería

**El resultado es:**

$$C_{ne}(Ah) = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_{BAT}} \quad \Rightarrow \quad \frac{8,035.71}{24} = 334.82 \text{ Ah}$$

Cada resultado que indica en su capacidad mínima necesaria para el sistema que acumula energía es de 334.8 Ah

Para ello podemos determinar que la cantidad de fichas de las baterías proponen que deben ser POWERSAFE SBS130 puesto que cumplen con lo requerido con anterioridad.

✓ **Cantidad de acumuladores en serie enlazadas**

$$N_{BS} = VT/V$$

$$N_{BS} = 48/12$$

$$N_{BS} = 4$$

**En el cual:**

- $N_{BS}$  = Cantidad de acumuladores en series enlazadas.
- VT = Del sistema su tensión de labor.
- VB = Tensión del acumulador.

✓ **Cantidad de acumuladores en paralelo enlazadas**

$$N_{BP} = CT/CB$$

Analizando a distintas baterías y cada origen podemos determinar diferentes categorías de acumuladores examinando amplitudes diferentes en particular determinamos que el que se muestra a continuación es el indicado para esta función. Porque nos entrega la capacidad necesaria para nuestro sistema.

$$N_{BP} = 6982.42/503$$

$$N_{BP} = 13.88$$

$$N_{BP} = 14$$



Figura 16. Acumulador Rolls 12CS11P 503 Ah

Fuente: <http://www.rollsbattery.com/battery/12-cs-11p/>

**f). Dimensión del inversor:**

Hallaremos la energía de ingreso del inversor de ésta manera:

Energía de ingreso = Energía de carga/ productividad

Energía de ingreso = 22630/ 0.982

Energía de ingreso = **23044.81 W**

Determinamos que dentro de las opciones del mercado este inversor es el más conveniente para nuestra investigación.



Figura 17. Inversor solar Growatt SPF 4000-12000T DVM

Fuente: <https://www.growatt.mx/show-44-622.html>

### g). Dimensión de los cables de electricidad

#### ✓ Corriente enorme recorrido Indicador - Regulador

$$I_{MAX}=1.25I_{CC}X \text{ Ramificacion en paralelo enlazadas en cada regulador}$$

En lo cual:

$$I_{MAX}=63.75$$

- I<sub>MAX</sub>: Intensidad enorme en recorrido indicador- regulador.
- ICC: Intensidad en corto circuito del Panel Elegido.

#### ✓ Corriente enorme recorrido acumuladores – Inversor

$$I_{MAX}=1.25 x P_{carga} / (V_{Min} \text{ de movimientos del inv } X N \text{ Inversor})$$

$$I_{MAX}=1.25 x 1200 / (2x48x0.965)$$

$$I_{MAX}=161.917$$

### En lo cual:

- $I_{MAX}$ : Intensidad enorme en el recorrido normalizador–inversor
- $P_{carga}$ : Energía enorme de carga,
- $V_{MIN}$  DE MOVIMIENTO DEL INVERSOR: Tensión diminuto de trabajo de inversor
- $N_{INVERSOR}$ : Eficacia de inversor
- $N_{RAMIFCACIONES}$  EN PARALELO ENLAZADAS A CADA REGULADOR: ·

Tabla 12A. Bajada de voltaje aceptable por recorrido en el montaje Fotovoltaica

RECORRIDO DEL CONDUCTOR	VOLTAJE DE LA TECNICA	BAJADA DE VOLTAJE ACEPTABLE (%)	BAJADA DE VOLTAJE ACEPTABLE(v)
INDICADOR REGULADOR	47.5	1% - 3%	1.9
REGULADOR ACUMULADOR	47.5	1%	0.47
REGULADOR INVERSOR	47.5	1%	0.47

Fuente: Elaboración Propia

Hallar la parte diminuta del cable eléctrico según la distancia dada:

$$S_{Min} = 2 \times L \times I / 56 \times \Delta V$$

### En la cual:

- $S_{Min}$ : Parte diminuta del cable eléctrico en mm<sup>2</sup>.
- L: Distancia del recorrido en metros.
- I: Intensidad para cada distancia de colocación(A)
- $\Delta V$ : Bajada de voltaje aceptada en la distancia (v)

### ✓ Diámetro diminuto recorrido Indicadores – Regulador

$$S_{Min} = 2 \times L \times I / 56 \times \Delta V$$

$$S_{Min} = 2 \times 10 \times 63.75 / 56 \times 1.44$$

$$S_{Min} = 15.811 \text{ mm}^2$$

✓ **Diámetro diminuta distancia Normalizador – Inversor**

$$S_{\text{Min}} = 2 \times L \times I / 56 \times \Delta V$$

$$S_{\text{Min}} = 2 \times 2.9 \times 161.91 / 56 \times 0.48$$

$$S_{\text{Min}} = 34.93 \text{ mm}^2$$

Tabla 136B. Características técnicas de cable NYY (seleccionado de 35 mm<sup>2</sup>)

CALIBRE	N° HILOS	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAM.	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
V° x mm2		mm	mm	Mm	(Kg/Km)	A	A	A
2X1X6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2X1X10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2X1X16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2X1X25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
<b>2X1X35</b>	<b>7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>24.6</b>	<b>880</b>	<b>205</b>	<b>175</b>	<b>170</b>

Fuente: Conductores NYY INDECO Catalogo

Tabla 14. Resumen del dimensionamiento del sistema de bombeo solar fotovoltaico

Detalle	Cuantía
Indicadores Solares 260 w	70 pz
Bestsun de 4 kW 48 CD Inversor	4 pz
Victron Energy 100A modelo MPPT 150/100 Regulador de carga solar	3 px
PEDROLLO Electrobomba sumergible Model 4SR45G/75 , 7.5 HP	1 pz
TROJAN 8D-AGM, 254 Ah 12V Acumulador	50 pz
Cable electrico THW 4mm2	15 m
Cable electrico THW 10mm2	10 m
Cable electrico THW 25mm2	25 m
PVC 1pulgada Tubo Matuzita	200pz

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Evaluar económicamente de la propuesta del dimensionamiento fotovoltaico mediante el VAN y TIR

Esta evaluación económica se hará con la ayuda del VAN y TIR para determinar la viabilidad de nuestro proyecto.

A continuación, detallamos los precios de mercado realizado para la implementación del proyecto:

Tabla 15. Precios de suministros para el Proyecto de Sistema Fotovoltaico

Detalle	Cuantía	Costo unidad S/	Costo total S/
Indicadores Solares 150 w.	70 pz.	420.00	29,400.00
Bestsun de 4 kW. 48 VDC Inversor	4 pz.	4,501.00	18,004.00
Victron Energy 100 A modelo MPPT 150/100 Regulador de carga solar	3 pz.	2,101.00	6,303.00
PEDROLLO Electrobomba sumergible Model 4SR45G/75, 7.5 HP	1 pz.	4,901.00	4,901.00
TROJAN 8D-AGM, 254 Ah 12V Acumulador	50 pz.	901.00	45,050.00
Cable eléctrico THW 4mm <sup>2</sup>	15 m	15.00	225.00
Cable eléctrico THW 10mm <sup>2</sup>	10 m	9.00	90.00
Cable eléctrico THW 25mm <sup>2</sup>	25 m	36.00	900.00
PVC 1 pulgada Tubo Matuzita	200 pz.	7.6	1,520.00
<b>PRESUPUESTO DE SUMINISTROS S/.</b>			<b>105,773.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Instalación Fotovoltaica (Presupuesto referencial)

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	P.U	TOTAL
1	INSTALACION DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO	GLB	1	7,500.00	7,500.00
<b>PRESUPUESTO DE INSTALACION S/.</b>					<b>7,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Costo final para la implementación del Sistema Fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P. U.	TOTAL
1	PRESUPUESTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO	GLB	1	105,773.00	105,773.00
2	INSTALACION DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO	GLB	1	7,500.00	7,500.00
<b>COSTO TOTAL S/.</b>					<b>113,273.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Valor económico

PARCELAS	SEPARACIÓN ENTRE ZANJA	SEPARACION ENTRE PLANTAS
1 Hectárea (100mx100m)	0.82 m	0.52 m

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de Zanjas=  $\frac{100}{0.82} = 122$  zanjas por hectarea

Cantidad de puntos de sembrado de Maíz=  $\frac{100}{0.52} = 192$  puntos por zanjas

Se conoce que en cada punto se tiene 3 plantas de maíz por lo que:

Cantidad de Plantas de Maíz=  $192 \times 3 = 576$  por zanja

Por lo que en 122 zanjas se obtienen

Cantidad de Pantas en total=  $576 \times 122 = 70,272$  por hectárea

Se tienen 10 hectáreas disponibles para la recolección de plantas por lo que:

$70,272 \times 10 = 702,720$  plantas de maíz.

El maíz recolectado se vende para el alimento de animales, donde es vendido a 10 plantas por S/ 1 sol.

Tabla 19. Venta en soles por cosecha

Cantidad de cosecha	Precio unidad	Precio por cosecha (plantas/10)
702,720 plantas de maíz	10 x S/ 1 sol	S/ 70.272.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Egresos

Cantidad de peones	Precio	Días trabajados	Costo por campana
25	40	25	25.000,00

Fuente elaboración propia.

Tabla 21. Fertilizantes

Fertilizantes utilizados	<b>S/ 16,630.00</b> por sembrío
--------------------------	---------------------------------

Tabla 22. Pago de maquinarias/sembrío

Pagos de maquinarias por sembrío			
<b>Rasta 20x28</b>	s/.132 la hora	x 10 ha	= s/. 1320
<b>Nivelación gruesa rufa (cajón)</b>	s/. 150 la hora	x 10 ha	= s/. 1500
<b>Subsanación 60cm profundidad</b>	s/.180 la hora	x 10 ha	= s/. 1800
<b>Nivelación fina (rufa)</b>	s/.160 la hora	x 10 ha	= s/. 1600
<b>Surcador 50cm profundidad</b>	s/.180 la hora	x 10 ha	= s/. 1800
<b>TOTAL</b>			<b>= S/ 8,020.00</b>

Fuente: elaboración propia

Total, Egresos = **S/ 49,650.00**

Teniendo una ganancia mensual de **S/ 5.155,50** siendo el monto anual de

S/ 5.515,00 x 12= **61.866,00** soles

Después de obtener ya los datos se procede a sacar el balance de la viabilidad con el VAN y TIR.

Proyectándose la recuperación de lo invertido en 12 meses.

Tabla 23. Numero de meses a recuperar inversión inicial

<b>DATOS</b>	<b>VALORES</b>
NUMERO DE PERIODOS	2
TIPO DE PERIODO	AÑOS
TASA DE DESCUENTOS	10%

Tabla 24. Monto inicial y periodo mensual

<b>DETALLE</b>	<b>PERIODO</b>		
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO	-S/ 84.522,40	S/ 61.866,00	S/ 61.866,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Valor Actual Neto

<b>N°</b>	<b>FNE</b>	<b>(1+i)^</b>	<b>FNE/(1+i)^</b>
<b>0</b>	-S/87.789,87		-S/87.789,87
<b>1</b>	S/61.866,00	1,10	S/56.241,82
<b>2</b>	S/61.866,00	1,21	S/51.128,93
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
<b>0</b>	S/0,00	1,00	S/0,00
	<b>VAN</b>		<b>S/19.580,87</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. TIR

<b>TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)</b>	
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>VAN</b>
0%	S/35.942,13
5%	S/27.244,42
10%	S/19.580,87
15%	S/12.786,24
20%	S/6.727,63
25%	S/1.297,17
30%	-S/3.593,54
35%	-S/8.017,52
40%	-S/12.035,58
45%	-S/15.698,69
50%	-S/19.049,87
55%	-S/22.125,65
60%	-S/24.957,21
<b>TIR</b>	<b>26%</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. TIR

<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>19.580,87</b>	<b>SE ACEPTA</b>	Si VAN $\geq 0$ se acepta la propuesta de lo contrario se rechaza
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	<b>26%</b>	<b>SE ACEPTA</b>	Si TIR $> t=10\%$ se acepta la propuesta de lo contrario se rechaza

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

La región lambayecana hoy en día está siendo considerada una de las regiones más importantes de la agroindustria peruana, ya que se tienen cultivos de muy alta exportación como lo es la Uva de mesa, palto, pitahaya, mango, limón y cultivos forrajeros como el maíz y la alfalfa, siendo estos alimentos de consumo humano.

Es por ello que durante el desarrollo de ésta Tesis denominada “Dimensionamiento de un Sistema de bombeo solar fotovoltaico para suministrar agua subterránea a los cultivos del CPM Boro” permitirá a los agricultores de la zona obtener una mejoría dentro de sus servicios generales como ahorro de luz, agua y una mejora económica.

Durante nuestra investigación y el proceso; según el dimensionamiento del sistema de bombeo solar fotovoltaico para poder suministrar agua subterránea a los cultivos del centro poblado menor Boró en el distrito de Pomalca, Chiclayo, Lambayeque. Se nos presentaron ciertos inconvenientes para el desarrollo de los objetivos.

Durante el desarrollo del primer objetivo donde tenemos que determinar los niveles de radiación solar en C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo, nos enfrentábamos a un suceso sin precedentes esto se debe a la coyuntura actual que estamos viviendo debido a la pandemia del Covid 19 que nos ha dado un giro inesperado dentro de la economía, la emergencia sanitaria fue un factor negativo para el desarrollo de la siguiente tesis, debido a las medidas que se tomaron a nivel global, los protocolos de seguridad que se llevaron a cabo fue la principal acción por el cual no se pudo realizar en campo el desarrollo de los objetivos.

Los datos recolectados no se pudieron corroborar con el equipo adecuado el cual se encargaría de medir la radiación e irradiación solar en el área de trabajo debido a que la zona donde se realizó el estudio tenía acceso restringido a toda persona que no fuera del lugar, con fuentes muy confiables como la página del atlas solar y datos de la nasa que nos brindan la información detallada de la radiación solar

diaria, mensual y anualmente se determinaron esos niveles el cual están descritos en el desarrollo del objetivo específico número 1.

Para nuestro segundo objetivo que es diagnosticar la demanda del recurso hídrico en los cultivos del C.P.M Boro – Pomalca Chiclayo, nos enfrentábamos a las interrogantes de cómo era el proceso de producción de cultivos; Qué cultivos eran los que sembraban con mayor frecuencia en la zona y ver si esta agua era la adecuada para poder utilizarla.

Por otro lado no siempre se siembra el mismo cultivo, a esto se le llama cultivos rotativos, ya que según los pobladores de la zona los cultivos varían su siembra según su temperatura ; en algunas ocasiones se siembra maíz ,alfalfa , camote y unas variedades más que incluso pueden ser para su propio consumo, éstas interrogantes nos llevaron a delimitar el estudio de la investigación siempre apoyándonos de las guías de observación y las entrevistas que se realizaron a los habitantes que tienen muchos años residiendo en la zona; en donde ellos se encargarían de utilizar este recurso hídrico, es por ello que con esos datos pudimos concluir que los cultivos sembrados con más frecuencia en la zona son el maíz y la alfalfa, ya que son muy productivos debido al tipo de suelo que encontramos en la zona .

Teniendo en cuenta las guías de observación que obtuvimos y las respuestas brindadas por los habitantes en las entrevistas realizadas concluimos que el cultivo que más produce y el cual les deja mucha más ganancia es el maíz ya que se puede vender de muchas maneras por panca/hectárea, por tonelaje (peso) ; el cual durante su proceso tiene la facilidad de riego y las condiciones climáticas que van a permitir que este elemento pueda aprovecharse en su totalidad.

Durante la elaboración del objetivo número tres se denomina: Establecer y Calcular los componentes del sistema de bombeo solar fotovoltaico, pues nos encontramos con la tarea de poder determinar y calcular cada componente eléctrico que interviene en un sistema fotovoltaico de bombeo, asimismo se hizo una

comparación entre el sistema solar y el sistema eólico, cada una tiene sus ventajas y sus desventajas.

En la realización del objetivo 3 pudimos realizar una comparación detallada de los componentes que ingresa tanto en la energía solar como la energía eólica; se obtuvieron los datos de la misma página (atlas solar , nasa) y se pudo realizar la comparación correspondiente y así logramos dimensionar todo el sistema que se utilizaría para poder realizar la implementación del sistema en la zona descrita y con ello podemos cumplir con el funcionamiento correcto sin tener ninguna falla al momento de la instalación. Recalcando que los precios que se plasmaron en el desarrollo del 3 objetivo tiene una variación ya que el precio de cada componente con el transcurso del tiempo ha ido en aumento.

Ante ello se han ido seleccionando algunos productos los cuales cumplen con las características necesarias de buena calidad comercial para así poder ser utilizados dentro de nuestro proyecto.

Después de evaluar detalladamente los componentes que ingresarán en la implementación del sistema, pasamos al último objetivo y no menos importante en el desarrollo de la tesis que es: Determinar en cuánto tiempo podemos recuperar la inversión generada por el proyecto y las ganancias que se obtendrán con el mencionado sistema, es por ello que realizamos un análisis detallado de los ingresos que obtendremos dependiendo de la proyección del mismo y egresos que se utilizan. El cual a ello lo denominamos, evaluar económicamente la propuesta del dimensionamiento fotovoltaico mediante VAN y TIR.

Recalcando que el proyecto sea viable para su implementación, ya que de eso depende las ganancias que obtendrán los pobladores al adquirirlo y el tiempo porque es un proyecto a largo plazo, este sistema está proyectado para años de funcionamiento debido al cálculo y a la selección de los componentes.

Para poder realizar el cuarto objetivo comparamos el gasto de los servicios que utilizan los pobladores al momento de regar sus cultivos, el traslado del motor de

combustión interna desde sus hogares hasta el punto donde se encuentran sus cultivos ya que lo realizan diariamente, otro factor es la compra del hidrocarburo (petróleo) que utilizan para el funcionamiento del motor, el servicio de pago por el mantenimiento que requiere el mismo y el pago a su personal que realiza la jornada laboral para la cantidad de área que cada agricultor pueda tener.

## VI. CONCLUSIONES

- Este proyecto se concluye con la determinación de la radiación solar promedio hora; como se observa que en el mes de junio la radiación es menor a la del resto del año siendo de 6:00 - 7:00 am una radiación de 33Wh/m<sup>2</sup> y por las noches de 18:00 – 19:00 una de 5Wh/m<sup>2</sup>, cabe mencionar que el promedio de radiación solar anual es 1626,6 kWh/m<sup>2</sup>.
- Como segundo objetivo concluimos que para el riego de la producción de maíz se requiere toda su demanda según el estado climático, siendo a lo largo de su ciclo de 500 a 800 milímetros de agua bien distribuida de acuerdo a su etapa fenológica. El periodo con más necesidad de agua se da 15 días antes de la floración hasta 30 días después de la misma.
- Se logró concluir que para esta investigación es necesaria 70 paneles de 260w con ello logramos cubrir la demanda de la bomba sumergible de 7.5hp que es la necesaria para cubrir los 800mm de agua necesaria para la producción de maíz en varios periodos de riego, juntamente con 4 inversores, con 50 acumuladores de energía y el diámetro de los conductores eléctricos y las tuberías necesarias.
- Según el análisis económico determinando una inversión inicial, y un valor Actual Neto de 19.580,87 y una Tasa Interna de Retorno de 26% con esto se concluye que el proyecto es Aceptable.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Mediante esta investigación podemos recomendar que se realicen mantenimientos programados del sistema de bombeo solar ayudando a poder prolongar su vida útil del sistema, esto conlleva a que los equipos tengan un mejor cuidado y se utilicen por tiempos de riego.
- Se recomienda que los pobladores reciban un entrenamiento para poder manipular y realizar los mantenimientos programados, esto ayuda a que no dependan de externos para hacerlo.
- Se recomienda también realizar mantenimiento a tuberías de agua para evitar pérdidas de presión y obstrucciones en el sistema de riego con ello garantizar una eficiencia de caudal necesario y logramos que la bomba funcione dentro de sus parámetros correctos.
- Se recomienda realizar estudios de agua para determinar si esta es óptima para darle otros usos cuando no se esté regando.

## REFERENCIAS

**ALMANZA, Ivelisse, GARCIA, Ramona y GARCIA, Francisco. 2019.** *Desarrollo de un sistema para la medición de la eficiencia energética de las células solares.* CUBA : Scielo, 2019. Vol. 28. 2071-0054.

**BERISTAIN, J, PEREZ, J y GAMEZ, G. 2020.** *Validación del dimensionamiento del filtro capacitivo de entrada en un sistema fotovoltaico aislado sin baterías para cargas en CA.* Mexico : Scopus, 2020. Vol. 95. 00127361.

**CABRERA, D. L, y otros. 2019.** *Cojinete de vidrio Kingsbury diseñado para aumentar la vida útil de bombas sumergibles.* Cuba y Argentina : Scielo, 2019. Vol. 6. 2409-8752.

**CABRERA, Jesus y GUANIPA, Franklin. 2016.** *Estudio y propuestas de solución para fallos recurrentes en bombas centrífugas horizontales.* Cuba y Venezuela : Scielo, 2016. Vol. 13. 1815-5944.

**CALDERON CÓRDOBA, C, y otros. 2018.** *Sistema de monitoreo y automatización de un sistema de bombeo rural, basado en WSN y PLC.* España : IEEE Computer Society, 2018. págs. 1-7. 21660727.

**CAMPANA, PE, y otros. 2015.** *Optimización económica de sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua para riego.* China : Elsevier Ltd, 2015. págs. 32-41. Vol. 95. 01968904.

**CAÑIPA, Fabiana, y otros. 2019.** *SISTEMA INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN DE CALLE DE ENERGÍA RENOVABLE.* Bolivia : Scielo, 2019. Vol. 19. 2518-4431.

**COELA POMA, Ronald Reynaldo y TARQUI DELGADO, Marcelo. 2017.** *Evaluación de la demanda de los recursos hídricos en el riego tradicional de la cuenca Azanaques.* Bolivia : Scielo, 2017. Vol. 4. 2409-1618.

**DURIN, B y MARGETA, J. 2014.** *Análisis del posible uso de la energía solar fotovoltaica en sistemas urbanos de abastecimiento de agua.* Croacia : MDPI AG, 2014. págs. 1546-1561. Vol. 6. 20734441.

**EBAID, RMS, QANDIL, H y HAMMAD, M. 2013.** *Un enfoque unificado para el diseño de un sistema solar fotovoltaico para el pozo de bombeo de agua subterránea-34 en el acuífero Disi.* Jordania : ECMAD, 2013. págs. 780-795. Vol. 75. 01968904.

**ENERGIAS RENOVABLES. BANCO MUNDIAL. 2018.** ESPAÑA : s.n., 2018.

- FARFÁN NEYRA, José Luis y CAMPOS UGAZ, Walter Antonio. 2019.** *Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea*. Perú : Revista de Investigación y Cultura, 2019. págs. 65-74. Vol. 8.
- GLOBAL SOLAR ATLAS. 2021.** *Radiacion Solar Pomalca - Atlas*. Peru : Solargis, 2021.
- GONZALES, Jesus y PUERTO, Gustavo. 2016.** *Estimación de la cantidad de potencia suministrada por las celdas fotovoltaicas de un cubesat*. Colombia : Scielo, 2016. 0123-921X.
- HERNÁNDEZ MOTA, José Luis. 2010.** *Inversión pública y crecimiento económico: Hacia una nueva perspectiva de la función del gobierno*. México : s.n., 2010. 2448-7481.
- LIMA, Ariane, PEREIRA, Natalia y SANTOS, Sthefany. 2020.** *Una revisión de los principios de conversión de energía fotovoltaica*. Brasil : Scielo, 2020. 2019-0191.
- Lozada, José. 2016.** *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Quito, Ecuador : Scielo, 2016.
- MANSUR, Aliyu, y otros. 2018.** *A REVIEW OF SOLAR-POWERED WATER PUMPING SYSTEMS*. Arabia : s.n., 2018. págs. 61-76. Vol. 87. 1364-0321.
- MARGETA, Jure y DURIN, Bojan. 2017.** *Enfoque innovador para el desarrollo de un sistema sostenible de abastecimiento urbano de agua mediante la utilización de energía solar fotovoltaica*. Croacia : Scielo, 2017. Vol. 37. 0120-5609.
- Meteonorm7. 2021.** *Worldwide irradiation data*. Europa : Intersolar Europe 2021, 2021.
- MINAVERRY, C.M y MACRINI, M.M. 2020.** *Desafíos jurídicos en el suministro y en la regulación Delaware la calidad del agua en la Provincia Delaware Buenos Airesen Argentina*. Argentina : Scopus, 2020. 07180101.
- OCAMPO, Dora y RIVAS, Raul. 2016.** *Estimación de la radiación neta diaria a partir de modelos de regresión lineal múltiple*. Argentina : Scielo, 2016. Vol. 19. 2007-3828.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2019.** *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Francia : UNESCO 2019, 2019. 978-92-3-300108-4.

**PERICH, Renzo, y otros. 2020.** *Estudio de los métodos analíticos para la extracción de parámetros eléctricos de módulos fotovoltaicos de capas delgadas.* Peru : Scielo, 2020. Vol. 30. 0375-7765.

**PERU, CONGRESO DE LA REPUBLICA DEL. 2015.** *Ley general de electrificación rural LEY N° 28749.* Peru : s.n., 2015.

**PERU, REPUBLICA DEL. 1968.** *Ministerio de Energía y Minas.* Peru : s.n., 1968.

**QUIÑONEZ CHOQUECOTA, Jose, HUANCA CALLATA, Elmer y HOLGUINO HUARZA, Antonio. 2019.** *Characterization of the Wind Resource in the city of Juliaca.* Perú : Scielo, 2019. Vol. 21. 2313-2957.

**RECIO, losvany, y otros. 2019.** *Bombeo óptimo de los pozos del sistema de abasto El Gato.* Cuba : Scielo, 2019. Vol. 40. 1680-0338.

**REPUBLICA, CONGRESO DE LA. 2005.** *Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país LEY N° 258546.* Peru : s.n., 2005.

**—. 2009.** *RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA OSINERGMIN N° 201-2009-OS/CD.* Perú : Osinergmin, 2009.

**REYES, Jorge, y otros. 2019.** *Efecto de la implosión de burbujas sobre el desgaste por cavitación de bombas centrífugas que transfieren fluidos amoniacales.* Mexico y Cuba : Scielo, 2019. Vol. 35. 1993-8012.

**ROGERIO, Anaclides, y otros. 2015.** *Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Benguela, Angola.* Cuba : Scielo, 2015. Vol. 24. 2071-0054.

**SIFUENTES IBARRA, Ernesto. 2018.** *LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL MAIZ.* s.l. : PANORAMA AGRO.COM, 2018.

**SISTEMA AZUD S.A. 2020.** *RECOMENDACIONES EN SISTEMAS DE IRRIGACION PARA EL CULTIVO DE ALFALFA.* España : AZUD, 2020.

**SOLARGIS. 2021.** *Estudio de evaluación de recurso solar.* Peru : Europa, 2021.

**YAHYAOU, I, CHAABENE, M y TADEO, F. 2013.** *Un algoritmo para dimensionar sistemas de bombeo fotovoltaico para riego de tomates.* España : IEEE Computer Society, 2013. págs. 1089-1095. 10.1109 / ICRERA.2013.6749915.

## ANEXOS:

### Anexo: 1

Tabla 28. Operacionalización de las variables independiente y dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
<p><b><u>INDEPENDIENTE:</u></b> Dimensionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico.</p>	<p>Estudios para dimensionar y desarrollar un sistema fotovoltaico que involucra procesos donde se calculan y logran de manera óptima usar y generar electricidad del sol realizándolo balances de los recursos (BERISTAIN, y otros, 2020 pág. 240).</p>	<p>Dimensionar los componentes necesarios para poder suministrar electricidad a los sistemas de bombeo solar</p>	<p>Cálculo matemático</p> <p>Estimación del caudal</p> <p>Nivel de salto</p>	<p>Calculo torque Velocidad angular Potencia</p> <p>Nivel de caudal mínimo</p> <p>Salto bruto</p>	<p>Razón</p>
<p><b><u>DEPENDIENTE:</u></b> Suministrar agua subterránea a cultivos en el CPM Boró, Pomalca, Chiclayo</p>	<p>Aparatos que, bien en forma de energía continua o corriente alterna, utilizan la electricidad, como fuente de energía y que su uso ha provocado un gran aumento de la demanda de consumo eléctrico (MINAVERY, y otros, 2020 págs. 177-199)</p>	<p>Entregar el agua necesaria para que los agricultores de la zona puedan regar sus cultivos de manera eficiente y ecológica</p>	<p>Máxima y mínima demanda</p> <p>Consumo de energía del sistema de bombeo</p>	<p>Máxima demanda de la bomba</p> <p>Consumo de energía kWh</p>	<p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo: 2:**

**ENTREVISTADOR**

FECHA:

LUGAR:

<b>I. DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO</b>			
Apellidos y Nombres			
Nacionalidad		Edad:	
Grado de Instrucción		Profesión:	
Cuenta con una vivienda propia		Estado Civil:	
Otros			

**II.- ENTREVISTA AL POBLADOR**

1. ¿Cuántos años lleva cultivando esta variedad (panca y alfalfa)?
  - a. Menos de 2 años
  - b. Más de 2 años menos de 5 años
  - c. Mayor a 5 años
  
2. ¿En qué épocas del año lo realiza?
  - a. Durante la primavera
  - b. Durante el verano
  - c. Durante el otoño
  - d. Durante invierno
  
3. ¿A qué hora del día comienza su jornada laboral?
  
  
4. ¿Cuánto tiempo dura su jornada laboral para el riego de sus sembríos?

5. ¿usted sabe que son las energías renovables?
- Si, ¿Cuáles?
  - No
6. ¿Conoce alguna otra alternativa de energía a parte de la eléctrica?
- Si, ¿Cuál?
  - No
7. ¿Conoce los beneficios de utilizar energía solar para el riego de sus cosechas?
- Nada
  - Muy poco
  - Regular
  - Mucho
8. ¿Conoce usted acerca de los paneles solares?
- Nada
  - Muy poco
  - Regular
  - Mucho
9. ¿Le gustaría implementar un sistema que utilice paneles solares y le facilite el riego de sus cosechas?
- Si
  - No
10. ¿Le gustaría recibir mayor información de este método?
- Si
  - No

Otras preguntas adicionales.

### Anexo: 3

#### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Cantidad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
Aspectos generales					Sí	No	
Los instrumentos contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			X	NO APICABLE			
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

1. Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.
2. Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.
3. No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

#### DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y nombres:

Profesión:

Especialidad:

  
  
**Miguel Segura Requijo**  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 REG. CIP N° 240355

Firma del experto.

C.I.P: 240355

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Entrevistas
Objetivo del instrumento	Recopilar Información
Nombres y apellidos del experto	Miguel Segura Regufo
Documento de identidad	46611342
Años de experiencia en el área	03
Máximo Grado Académico	Maestrando
Nacionalidad	Peruana
Institución	UNAS
Cargo	Extensionista
Número telefónico	935 262046
Firma	
Fecha	DD / MM / AAAA

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Cálculos matemáticos	cálculo de torque	FR1	1	1	1	1	
	velocidad angular		1	1	1	1	
	potencia		1	1	1	1	
Estimación del caudal	Nivel de caudal mínimo		1	1	1	1	
Nivel de salto	Salto bruto		1	1	1	1	
Mínima y máxima demanda	máxima demanda de la bomba de agua	FR2	1	1	1	1	
Consumo de energía en el sistema de bombeo	Consumo de energía (Kwh)		1	1	1	1	

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable

Aplicable después de corregir

Noaplicable



Miguel Segura Requijo  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIP N° 246355

Ango Mario 01 de diciembre de 2021

Firma del Experto Informante

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Cantidad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
Aspectos generales					Sí	No	
Los instrumentos contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			X		NO APICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

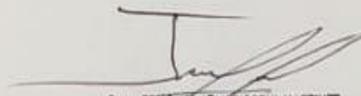
1. Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.
2. Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.
3. No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO.**

**Apellidos y nombres:**

**Profesión:**

**Especialidad:**

  
**GUILLERMO JONATHAN PISCOYA MARTINEZ**  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**REG. CIP 251424**

Firma del experto.

C.I.P:

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Entrevistas
Objetivo del instrumento	Recopilar Información
Nombres y apellidos del experto	Miguel Segura Requyo
Documento de identidad	46611342
Años de experiencia en el área	03
Máximo Grado Académico	Maestrando
Nacionalidad	Peruana
Institución	UNAS
Cargo	Extensionista
Número telefónico	935 262046
Firma	
Fecha	DD / MM / AAAA

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Calculos matemáticos	calculo de torque	FR1	1	1	1	1	
	velocidad angular		1	1	1	1	
	potencia		1	1	1	1	
Estimacion del caudal	Nivel de caudal mínimo		1	1	1	1	
Nivel de salto	Salto bruto		1	1	1	1	
Minima y maxima demanda	maxima demanda de la bomba de agua	FR2	1	1	1	1	
Consumo de energía en el sistema de bombeo	Consumo de energía (Kwh)		1	1	1	1	

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable []    Aplicable después de corregir []    Noaplicable []

Chocayo, 09 de 12 de 2021.



GUILLERMO JONATAN PISCOYA MARTINEZ  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
REG. CIP 251424

-----  
Firma del Experto Informante

## Anexo: 4

### BASE LEGAL

- **Ministerio de Energía y Minas (MEN)** a través de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), conforme a lo establecido en la Ley N° 28749, “Ley General de Electrificación Rural” y su reglamento, tiene competencia en materia de electrificación rural, siendo su objetivo en coordinación con los Gobiernos Regionales y Locales, y entidades públicas y privadas dedicadas la ampliación de la frontera eléctrica en el ámbito nacional dando acceso del abastecimiento eléctrico a pueblos del interior del país. (PERU, 1968)
  
- **(LEY N° 28546, 2005)** “Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país” (Art 80 Promoción, Título XVI Recursos Energéticos Renovables). Se indica que en cada proyecto de Sistema Eléctrico Rural ubicado en zonas donde no sea factible técnica o económicamente su abastecimiento desde redes existentes, deberá evaluarse prioritariamente el uso de fuentes de energía renovable como biomasa, mini centrales hidroeléctricas, solar, eólica y geotérmica. (REPUBLICA, 2005 págs. 1-4)
  
- **(LEY GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL (LEY N° 28749), 2006)**, del 30.05.06, Declara que en el desarrollo de los proyectos de electrificación rural se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existente en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país. (PERU, 2015 págs. 1-12)
  
- **OSINERGMIN N° 201-2009-OS/CD** en su Artículo 1° Aprobar la Norma “Procedimiento para ejecutar la Garantía de Fiel Cumplimiento del Contrato de Generación de Electricidad con Recursos Renovables Energéticos”. (REPUBLICA, 2009 págs. 1-10)

## Anexo: 5

### Donde:

ND: Necesidades diarias del cultivo (1/día por árbol)

Kc: Factor de cultivo.

Ks: Factor de sombreadamiento.

Ka: Factor de aumento por valores medios (1.20)

Keu: Factor global de  $K_e + K_u = 1.2$

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

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

Kl: Factor de lavado.

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

M: Superficie que ocupa un árbol no superara 36m<sup>2</sup>

## Anexo 6

Tabla 29. Energía Brindada por el aerogenerador Enair E70 pro

AEROGENERADOR 5 kW					
Velocidad (m/s)	f(v)	Horas	Potencia kW	Energía	Energía / Día
0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
1	0.25	179.95	0.0	0.00	0.00
2	0.264	190.27	10.0	1902.74	63.42
3	0.200	143.93	40.0	5757.26	191.91
4	0.123	88.70	245.0	21731.44	724.38
5	0.065	46.68	450.0	21005.13	700.17
6	0.030	21.49	925.0	19880.02	662.67
7	0.012	8.79	1400.0	12303.94	410.13
8	0.004	3.23	2100.0	6772.18	225.74
9	0.001	1.07	2800.0	2995.82	99.86
<b>Energía/ Tiempo estudiado</b>				<b>92348.53</b>	<b>3078.28</b>

Fuente: Enair.es

## Anexo 7

Etc: Evapotranspiración del Cultivo.

Eto: Evapotranspiración de tanque evaporímetro.

FT: Factor de tanque = 0.8

Kc: Coeficiente de desarrollo del cultivo.

## Anexo 8

Tabla 30. Distribución del riego del maíz

Numero de riego	Normal				Escasez			
	Ln (mm)	Lb (mm)	GDA	Etapa	Ln (mm)	Lb (mm)	GDA	Etapa
1	141	235	-80	Pre-Siembra	141	235	-80	Pre-Siembra
2	54	160	436	V6	72	160	500	V8-V10
3	74	160	616	VT	98	160	747	R1
4	86	160	819	R1	109	160	996	R3
5	91	160	1006	R3				
<b>TOTAL:</b>	<b>446</b>	<b>875</b>			<b>420</b>	<b>715</b>		

Fuente: A.N.A

## Anexo 9

Factor de sombreado según el marco de plantación

Ks	Marco de plantación (m)
0.5	7 x 7
0.6	6 x 6 ó 5 x 5
0.7	<5

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008

## Anexo 10

Tabla 31. Factor de uniformidad

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

Fuente: Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008

## Anexo 11

Tabla 325. Descripción de las variables utilizadas en el diseño del sistema fotovoltaico.

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

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

Fuente: Elaboración propia





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, JAMBO LLATAS PABLO IDELSO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR AGUA SUBTERRÁNEA A CULTIVOS EN EL CPM BORO, POMALCA-CHICLAYO", 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.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
JAMBO LLATAS PABLO IDELSO <b>DNI:</b> 72211890 <b>ORCID</b> 0000-0002-6198-706X	Firmado digitalmente por: JLLATASPI el 20-12-2021 08:24:33

Código documento Trilce: INV - 0658748