

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



Dimensionamiento de un sistema híbrido eólicasolar utilizando el software Homer para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Jean Carlo Manuel Abad Heredia

ASESOR

Luis Alberto Gonzales Bazan

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9581>

Chiclayo, 2025

Dimensionamiento de un sistema híbrido eólicasolar utilizando el software Homer para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope

PRESENTADA POR

Jean Carlo Manuel Abad Heredia

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Jony Villalobos Cabrera

PRESIDENTE

Alejandro Segundo Vera Lazaro

SECRETARIO

Luis Alberto Gonzales Bazan

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por haberme brindado salud, vida e inteligencia emocional durante todos estos años de formación. Su guía y fortaleza han sido fundamentales para culminar esta etapa con esperanza y gratitud.

A mis padres, Segundo Abad y Claudia Heredia, por su apoyo incondicional, por su amor firme y por confiar en mí en cada paso de este camino. Gracias por ser mi motor y mi mayor inspiración.

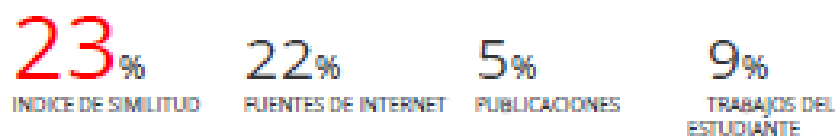
A mis grandes amigos de la universidad, quienes se convirtieron en un verdadero sostén en las etapas más complejas de la carrera. Su compañía, palabras y apoyo hicieron más llevadero este viaje académico.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por otorgarme una formación profesional de excelencia. A mis docentes ingenieros, por transmitir sus saberes y valores a lo largo de la carrera. A mi familia, por su constante respaldo y palabras de aliento en cada etapa del camino. Y a mis amigos, por su compañía, comprensión y apoyo inquebrantable en las etapas más complejas. A todos, gracias por ser parte de este logro.

Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – solar utilizando el software Homer para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	tabcomes.wpcomstaging.com Fuente de Internet	2%
4	idoc.tips Fuente de Internet	1%
5	www.enersys-emea.com Fuente de Internet	1%
6	www.mustpower.com Fuente de Internet	1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	1%
8	vsip.info Fuente de Internet	1%
9	www.alibaba.com Fuente de Internet	1%
10	jorvex.com Fuente de Internet	1%
11	docs.wixstatic.com Fuente de Internet	1%
12	d.must-solar.com Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Europea de Madrid Trabajo del estudiante	<1%
14	www.akuval.com Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Revisión de literatura	13
Materiales y métodos	31
Resultados y discusión	36
Conclusiones	68
Recomendaciones.....	69
Referencias	70
Anexos.....	73

Lista de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LA RADIACIÓN SOLAR.	17
ILUSTRACIÓN 2 HORA SOLAR PICO	18
ILUSTRACIÓN 3 ALBEDO DE SUPERFICIES COMUNES	18
ILUSTRACIÓN 4 RADIACIÓN SOLAR	19
ILUSTRACIÓN 5 CONSTANTE SOLAR	20
ILUSTRACIÓN 6 PARQUE EÓLICO EN ESTADOS UNIDOS	20
ILUSTRACIÓN 7 EFECTO DE LA FUERZA CORIOLIS	22
ILUSTRACIÓN 8 GRADIENTE VERTICAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	23
ILUSTRACIÓN 9 SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA DE ENERGÍA	23
ILUSTRACIÓN 10 SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO SOLAR	25
ILUSTRACIÓN 11 DIAGRAMA DE UN SHEFV	26
ILUSTRACIÓN 12 CIRCUITO ELÉCTRICO.	28
ILUSTRACIÓN 13 CONVERSIÓN DE ENERGÍA DENTRO DE UN AEROGENERADOR.	29
ILUSTRACIÓN 14 DESCRIPCIÓN INTERNA DE LA TURBINA EÓLICA.....	30
ILUSTRACIÓN 15 AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL	31
ILUSTRACIÓN 16 DATOS DEL CASERÍO CHOCHOR	36
ILUSTRACIÓN 17 AEROGENERADOR AWS -HC 1,5kW	49
ILUSTRACIÓN 18 PANELES SOLARES JINKO EAGLE PER60 300W	52
ILUSTRACIÓN 19 REGULADOR MUST SOLAR PCI1500B-50-60 DE 50A	53
ILUSTRACIÓN 20 INVERSOR STUDER AJ 2400-24	54
ILUSTRACIÓN 21 BATERÍA POWERSAFE SBS 100F	55
ILUSTRACIÓN 22 DIAGRAMA UNIFILAR EN HOMER	58
ILUSTRACIÓN 23 COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO - HOMER	59
ILUSTRACIÓN 24 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO.	60
ILUSTRACIÓN 25 MONTO DE RECUPERO - AÑO	67

Lista de Tablas

TABLA 1 EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN RURAL CENSADA DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	37
TABLA 2 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL POR PERIODOS Y PROMEDIO	38
TABLA 3 DATOS PARA PROYECCIÓN DEL CASERÍO DE CHOCHOR.	40
TABLA 4 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DIARIA Y MENSUAL PARA UNA VIVIENDA PARTICULAR.....	41
TABLA 5 DATOS PARA EVALUACIÓN ESTADÍSTICA	43
TABLA 6 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO	43
TABLA 7 DATOS PARA LA REGRESIÓN LINEAL	45
TABLA 8 IRRADIANCIA SOLAR MENSUAL EN EL AÑO 2021.....	47
TABLA 9 ENERGÍA SUMINISTRADA POR EL AEROGENERADOR	50
TABLA 10 COMPARACIÓN DE BATERÍAS	55
TABLA 11 TRAMOS PARA CÁLCULO DE SECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	55
TABLA 12 RESUMEN DE SECCIÓN DE CONDUCTORES.....	57
TABLA 13 CARGA ELÉCTRICA HOMER.....	58
TABLA 14 RESULTADO DE OPTIMIZACIÓN DE HOMER	58
TABLA 15 EXCEDENTE ENERGÉTICO ANUAL.....	61
TABLA 16 BALANCE ENERGÉTICO CON 2% DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA DEMANDA.....	62
TABLA 17 PRESUPUESTO DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO	63
TABLA 18 PRESUPUESTO POR CAMBIO DE EQUIPOS.....	63
TABLA 19 CÁLCULO DE COSTO NIVELADO DE ENERGÍA (LCOE)	64
TABLA 20 CÁLCULO MANUAL DE VAN	65
TABLA 21 DATA PARA CÁLCULO DE VAN EN EXCEL.....	66
TABLA 22 RESULTADO VAN Y TIR	66
TABLA 23 ANÁLISIS DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	67

Lista de Gráficos

GRÁFICAS 1 EVOLUCIÓN DE POBLACIÓN EN LAMBAYEQUE	37
GRÁFICAS 2 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL POR PERIODOS	39
GRÁFICAS 3 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y VIVIENDAS DE CHOCHOR.....	40
GRÁFICAS 4 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS	44
GRÁFICAS 5 REGRESIÓN LINEAL.....	45
GRÁFICAS 6 DENSIDAD DE PROBABILIDAD	46
GRÁFICAS 7 DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	47
GRÁFICAS 8 IRRADIANCIA E ÍNDICE DE CLARIDAD MENSUAL PROMEDIO	48
GRÁFICAS 9 CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR AWS 1,5kW	49

Resumen

Actualmente en la localidad de Mórrope que se localiza en el lado noroccidental de la región de Lambayeque, se encuentra el caserío Chochor donde se encuentran albergadas alrededor de 11 viviendas, las cuales no cuentan con suministro eléctrico en sus hogares. Hasta el momento por motivos económicos, la concesionaria de la zona no ha intentado dar solución a este asunto. Es por ello que, se planifica dimensionar una solución híbrida capaz de producir la energía suficiente para cubrir la demanda eléctrica en el caserío Chochor. Con el fin de cumplir con esto, primero se hará un estudio con una proyección a 20 años de la máxima demanda, posteriormente se evaluarán los recursos solares y eólicos del lugar, mediante el uso de la base de información de la NASA, y algunas reglas utilizadas en probabilidades y estadística, después de ello se dimensionarán y seleccionarán los componentes del sistema híbrido, como lo son: Aerogenerador, paneles fotovoltaicos, inversor, baterías, etc. Por consiguiente, se realizará el dimensionamiento en el software Homer utilizando los elementos previamente seleccionados, este sistema híbrido generará corriente continua, y con el uso de un inversor de corriente y baterías, será corriente alterna la que llegue a los hogares durante el día y la noche. Finalmente se hace una evaluación de costos y presupuestos para determinar la valorización del proyecto.

Palabras clave: Dimensionamiento, sistema híbrido, Inversor, Software Homer.

Abstract

Currently in the district of Mórrope, located in the northern and western part of the Lambayeque province, is the hamlet of Chochor, where approximately 11 households are situated without electrical supply. Due to economic reasons, the local concessionaire has not attempted to address this issue. Therefore, there is a plan to size a hybrid system that generates the necessary energy to meet the electrical consumption in the Chochor hamlet. To achieve this, a study will be conducted projecting the maximum demand over a 20-year period. Subsequently, the wind and solar resources in the area will be evaluated using NASA's database and some rules employed in probability and statistics. Following this, the sizing and selection of the hybrid system components, such as wind turbine, photovoltaic panels, inverter, batteries, etc., will be carried out. The sizing will be performed using the Homer software with the previously selected elements. This hybrid system will generate direct current (DC) electricity, and with the use of an inverter and batteries, alternating current (AC) will be delivered to homes during both day and night. Finally, a cost and budget evaluation will be conducted to determine the project's valuation.

Keywords: Sizing, hybrid system, Inverter, HOMER software.

Introducción

Durante los últimos años ha nacido un interés por la utilización de las fuentes de energía renovable, esto ha permitido a la humanidad reducir su dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía, como el carbón, el gas natural, y el petróleo [1]. Por otro lado, el mundo presenta grandes problemas de desabastecimiento energético, y esto sucede porque en la actualidad las reservas globales de combustibles fósiles se encuentran en proceso de agotamiento [2]. En consecuencia, las necesidades energéticas están incrementando en todo el mundo, y por ende se está investigando, estudiando, diseñando y analizando diversas formas para aprovechar las múltiples fuentes de energías naturales, con el fin de convertirlas en corriente eléctrica, las que sobre todo tienen el beneficio de ser renovables y además menos contaminantes para el medio ambiente [2].

La energía eólica, es aquella que nace de la fuerza generada por el viento, por medio de la energía cinética producida por las corrientes de aire [3]. Se le reconoce como una de las principales fuentes de energía provenientes de la naturaleza más prometedoras que cualquier otra fuente, principalmente porque es renovable y menos dañina para el ambiente [4]. Según el Atlas Eólico del Perú, nuestro territorio posee un favorable y formidable recurso eólico. Donde particularmente la parte costera de los departamentos de Lambayeque y Piura, y algunas zonas de La Libertad destacan. Incluidos además las regiones de Ancash, Lima y Arequipa, pero la región con más favorable recurso eólico es Ica [3].

La energía fotovoltaica, o también llamada energía solar, se genera por la continua radiación termonuclear que se lleva a cabo en el interior del sol [7]. Según el Atlas de Energía Solar del Perú, preparado por el ministerio de energía y minas, el departamento de Lambayeque posee una radiación solar aproximadamente de 4.5 a 5 kWh/m² [8]. Esta cifra denota el elevado potencial fotovoltaico que tiene este departamento, y por ende debe ser usado para producir energía limpia para sus residentes [8].

En el distrito de Mórrope, situado en la provincia de Lambayeque, existen múltiples caseríos que ya cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica; sin embargo, aún persisten localidades que carecen de este suministro básico, a pesar de estar relativamente cercanas al centro urbano y a las redes de distribución. Tal es el caso del caserío Chochor, situado en la zona oeste del distrito, el cual no dispone de electricidad ni alumbrado público. La red eléctrica más cercana se encuentra a aproximadamente 6 kilómetros de distancia, lo que representa una limitación significativa para su desarrollo [1].

La carencia de energía eléctrica en esta comunidad afecta directamente la calidad de vida de sus habitantes, pues limita la productividad en horas nocturnas, restringe las posibilidades de

comunicación, dificulta la implementación de centros de salud y educación, y genera condiciones de inseguridad durante la noche. Dado que la energía es un factor esencial para mejorar el desarrollo humano, la electrificación del caserío representa una necesidad urgente. Ante esta situación, surge la siguiente interrogante: ¿Será factible dimensionar un sistema híbrido eólico-solar para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope? Para responder esta pregunta, se propone el uso de energías renovables como solución sostenible y ambientalmente responsable, considerando el potencial eólico y solar del departamento de Lambayeque.

La importancia de esta investigación radica en su impacto social, económico, ambiental y científico. Desde el punto de vista social, permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores al proveerles de electricidad. En el aspecto económico, brindará oportunidades para extender las actividades productivas más allá del horario solar, reduciendo la dependencia de métodos manuales de iluminación. En cuanto al enfoque ambiental, se emplearán tecnologías limpias basadas en energías renovables, lo cual contribuirá a la disminución de emisiones contaminantes. Finalmente, en el ámbito científico, este estudio promueve el uso de herramientas de simulación como el software HOMER y bases de datos satelitales, sirviendo además como referencia para futuras investigaciones similares.

No obstante, la investigación presenta como limitación la falta de datos experimentales propios para los recursos solar y eólico en la zona, razón por la cual se utilizarán datos de acceso público proporcionados por la NASA mediante su plataforma “POWER Data Access Viewer”, los cuales serán procesados para el análisis y dimensionamiento del sistema.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope, a través de un sistema híbrido eólico-solar aprovechando las fuentes de recursos renovables en la zona y utilizando el software HOMER para su dimensionamiento. Para alcanzar este objetivo, se propone definir la demanda de energía eléctrica en la zona de estudio y proyectarla a 20 años, evaluar el recurso eólico y solar del área seleccionada, dimensionar y seleccionar los equipos necesarios validando el diseño mediante el software HOMER, y finalmente determinar el costo del sistema híbrido y la viabilidad económica del proyecto.

Revisión de literatura

En la investigación [11] se aborda la implementación de un sistema de generación híbrido eólico-solar, utilizando aerogeneradores y paneles fotovoltaicos para electrificar el centro poblado Laguna de Huanama. Este sistema, basado en fuentes renovables como la luz solar y el viento, busca mejorar la calidad de vida de una comunidad sin acceso a energía eléctrica. La propuesta se desarrolló a partir de encuestas a autoridades locales, consultas con un ingeniero especialista y datos climáticos proporcionados por el SENAMHI. Como resultado, se determinó que una capacidad instalada de 2 kW (60% eólica y 40% solar) resulta adecuada para atender el consumo eléctrico de la comunidad.

Según [12] dimensionó un sistema híbrido de generación eléctrica basado en fuentes renovables para abastecer al caserío Marampampa, ubicado en la provincia de Chota, Cajamarca. La demanda energética proyectada a 20 años es de 20,04 kWh/día, con una demanda máxima de 4,18 kW. El recurso solar en la zona varía entre 4,61 y 5,86 kWh/m²/día, mientras que la velocidad media anual del viento es de 5,16 m/s, según datos de la estación meteorológica automática Wanbosi. El sistema propuesto contempla un aerogenerador de 2,0 kW, 28 baterías FORMULA STAR, 8 paneles solares SIMAX de 275 Wp y un generador fotovoltaico de 2,2 kWp. La producción diaria estimada es de 16,51 kWh (62,10%) por parte del aerogenerador y 10,06 kWh (37,90%) por la planta solar. El costo total del sistema, incluyendo la red secundaria, asciende a S/ 212,360.37.

Por otro lado, en [13] se tuvo como objetivo optimizar un sistema híbrido regenerativo con gestión de demanda, capaz de operar en modo isla y modo península, orientado a aplicaciones en acuicultura en Veracruz, México. Para ello, se desarrollaron modelos de los componentes del sistema y se diseñó una estrategia de planificación utilizando herramientas como MATLAB y HOMER. El modelado incluyó datos de recursos renovables, demanda eléctrica y costos asociados. Como resultado, se identificó que la configuración óptima para el modo isla corresponde a un sistema compuesto por 240 kW de energía fotovoltaica, un generador diésel de 80 kW y un banco de baterías de 129,6 kWh, bajo un escenario de gestión de demanda.

A lo largo del tiempo, las variables de estudio han sido abordadas desde distintas perspectivas teóricas, motivo por el cual a continuación se exponen sus principales definiciones conceptuales.

- Electricidad [1]

El termino electricidad se refiere a procesos físicos que implican transferencias de cargas eléctricas, mejor dicho, la dinámica de los electrones. Encontramos diversidad propiedades físicas, entre estos tenemos:

- a) **Carga eléctrica:** La carga electromagnética de átomos y moléculas (positivas o negativas), influye su atracción o rechazo entre las mismas, cuya unidad de medida es el coulomb (C).
- b) **Corriente eléctrica:** Es generada por la circulación de las partículas electrificadas vertiendo por un conductor, expresandose en amperios (A).
- c) **Campo eléctrico:** Cargas electrificadas que generan un campo alrededor, sin necesidad de encontrarse en movimiento, se miden en Newton/Coulomb (N/C).
- d) **Potencial eléctrico:** Se refiere a la distinción de trabajos que pueden realizar los capos eléctricos, los cuales son medidos en voltios.
- e) **Magnetismo:** La circulación de las cargas eléctricas, crean campos magnéticos influyendo a los materiales magnéticos, con la capacidad de volver a producir corriente eléctrica.

La electricidad utiliza en diferentes acciones, como el generar luz, calor, movimiento, la transmisión eléctrica y de datos o señales.

Existe un proceso el cual hace que la electricidad se transporte desde las centrales generadoras hasta los centrales de reparto. A manera de comparación, una carretera desplaza a los vehículos de un lugar a otro. Así, es necesario un conductor eléctrico para movilizar una corriente eléctrica y esta transmita electrones.

- Distribución eléctrica.

Mediante la actividad de distribución eléctrica, cada usuario del servicio eléctrico provea energía desde el sistema de transmisión. Para constituir las redes del sistema de distribución, debe existir una correlación entre la eficiencia (minimización de costes) y la seguridad de suministro (observación de averías o malas instalaciones).

- Comercialización eléctrica.

Esta se parte en dos comercializaciones: la mayorista y la minorista. Se verán a continuación:

- a. La comercialización eléctrica mayorista. Alude al mercadeo entre los generadores y distribuciones, excluyendo negociaciones del libre mercado.
- b. El comercio eléctrico minorista. Hace referencia a dicha negociación sólo de los clientes regidos al servicio. En nuestro caso, esa comercialización hacia los usuarios, proviene del operador encargado de la distribución eléctrica.

- Electrostática

Estudio de la electricidad en la materia y fenómenos de cargas eléctricas en reposo. Y, su función es la medición de la carga o cantidad de electricidad de los cuerpos. [2]

Se origina cuando dos cuerpos o más rozan y se rechacen, denominando la acción como transmisión de electrones. [3]

- Electrodinámica [4]

Analiza la relación entre los fenómenos eléctricos, magnéticos y mecánicos, tomando en cuenta la presencia de campos magnéticos generados por corrientes, la inducción de fuerzas electromotrices, la acción de corrientes en campos magnéticos, la propagación de ondas electromagnéticas y el comportamiento de partículas sometidas a campos eléctricos y magnéticos.

La electrodinámica clásica, son los campos y partículas cargadas básicamente, según James Clerk Maxwell. La electrodinámica cuántica, es el uso de principios de la mecánica cuántica a dichos fenómenos. La electrodinámica relativista, comportamiento de partículas cargadas y campos, cuando se asemeja a la velocidad de la luz.

- Corriente eléctrica [5]

Es la alteración de las cargas eléctricas por el medio conductor, generándose cuando hay contacto dos elementos que cuentan con diferente potencial. Por su parte, la corriente continua, se transporta de un lugar a otro con igual sentido. Mientras que, la c. alterna también fluye de un punto a otro, pero en sentido periódico. Así, la electricidad comercial proviene de generadores que ya cuentan con una corriente alterna, sin embargo, la carga de una pila o batería, es continua.

La corriente eléctrica produce calor. Al momento de movilizarse las cargas eléctricas por el material conductor, sus átomos se chocan y producen entre sí energía y al cederla, los átomos obtienen velocidad. A esa transición de la energía eléctrica al calor, es el efecto Joule.

- Energías renovables

Estas energías provienen netamente de la naturaleza. Se caracterizan por ser de grandes cantidades, pero no emiten gases contaminantes, ni ocasionan peligro alguno para la atmósfera, como por ejemplo la producción del CO₂. Existen por otro lado, fuentes no renovables, como los combustibles fósiles (petróleo, gas, etc), los cuales necesitan de mucho más tiempo para poder constituirse. Estos, generan dichas energías al quemarse, sin embargo, el resultado es negativo para el medio ambiente, formando gases contaminantes, el CO₂, es un claro ejemplo de ello. A diferencia de quemar combustibles fósiles, esta llega a emitirse más veces que las energías renovables. En consecuencia, se inicia una crisis debido al cambio climático, por la mayor representación de estas dañinas emisiones de combustibles fósiles. Pese a ello, las fuentes renovables representan una alternativa más económica y con la capacidad de triplicar la generación de empleo frente a los combustibles fósiles. [6]

- Energía Solar

Entre todas las fuentes disponibles, la energía solar es la de mayor presencia en el planeta, pues además de poder captarse inclusive con el cielo nublado, la celeridad con la que se emite a la tierra es casi 10000 veces mayor a la celeridad con la que el ser humano consume energía eléctrica. [6]

Este tipo de energías tienen una gran variedad de aplicaciones que van desde luz natural, hasta la producción de electricidad, mediante espejos o paneles fotovoltaicos. [6]

La cotización de la fabricación e instalación de paneles solares ha decrecido últimamente, provocando que sean mucho más asequibles. El tiempo de vida de los paneles fotovoltaicos ronda los 30 años, por lo que en muchas ocasiones suele ser una forma económicamente viable de producir electricidad. [6]

- Energía solar fotovoltaica.

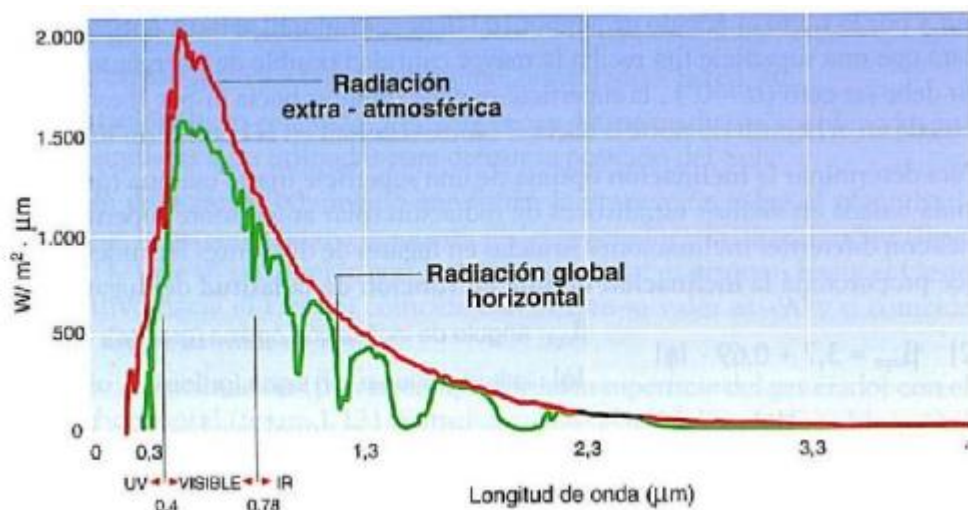
Es un tipo de energía proveniente del sol, esta se transforma en energía eléctrica mediante un fenómeno fotoeléctrico. Es producida mediante celdas fotovoltaicas, acoplados a un módulo solar, donde forman una superficie plana orientada ciertos

grados en la dirección del sol. El sentido e inclinación son fundamentales para sacar el máximo potencial de la energía solar. [7]

- Radiación solar

El Sol genera energía a través de reacciones de fusión en su núcleo. Dicha energía, conocida como radiación solar, se propaga en forma de radiación electromagnética y llega a la atmósfera terrestre como un espectro que abarca longitudes de onda aproximadas entre 0,15 μm y 4 μm (micrón = m) (ver Figura 3). Al atravesar las distintas capas de la atmósfera, parte de esta radiación es absorbida, reflejada o desviada, alcanzando la superficie terrestre con intensidades que oscilan entre 100 y 400 W/m^2 . [7]

Ilustración 1 Espectro electromagnético de la radiación solar.



Fuente [7]

- Tipos de radiación solar sobre la superficie.

a. R. solar directa (HD): son los rayos recibidos directamente del sol.

- Horas del sol pico (HSP):

Se define como la cantidad de horas solares diarias con un nivel estándar de irradiancia de 1000 W/m^2 , que en conjunto equivalen a la irradiancia efectiva del día. Es una manera de medir la energía brindada por el sol, juntándolas en instancias de 1 000 W/m^2 en una hora. [1]

$$1\text{HSP} = 1\text{kWh}/\text{m}^2 = 3,6\text{MJ}/\text{m}^2$$

$$\text{HRP} = \frac{\text{irradiancia}}{1000\text{kWh}/\text{m}^2}$$

Ilustración 2 Hora solar pico



Fuente [1]

- a. R. solar difusa (H_d): Son rayos dispersados por la atmósfera con nubosidad. [8]
- b. R. solar de albedo (reflejada) (H_r): Son rayos reflejados por la superficie terrestre. [8]

Ilustración 3 Albedo de superficies comunes

SUPERFICIE	ALBEDO %
Nieve fresca	80-85
Arena	20-40
Pasto	20-25
Bosque	5-10
Suelo seco	15-25
Barro húmedo	5
Agua (Sol cerca del horizonte)	50-80
Agua (Sol cerca del cenit)	3-5
Nube gruesa	70-80
Nube delgada	25-30
Tierra y atmósfera global	30

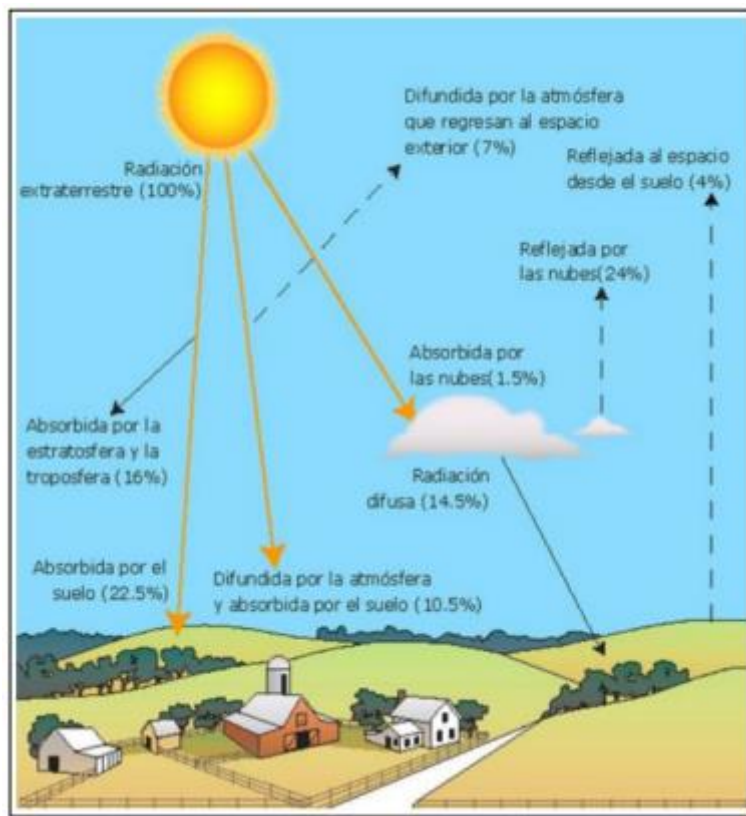
Fuente [8]

- a. R. global [8]

Es toda radiación recibida por la tierra que es medida sobre una superficie horizontal (180°), resultante de los componentes orientados verticalmente de la radiación directa y difusa. Cabe recalcar que variaciones en su valor son causados por baja transparencia en la atmósfera, nubosidad o la brecha que tiene la tierra respecto al sol.

$$\text{radiación global} = \text{directa}(H_D) + \text{difusa}(H_d) + \text{reflejada}(H_r)$$

Ilustración 4 Radiación solar



Fuente [1]

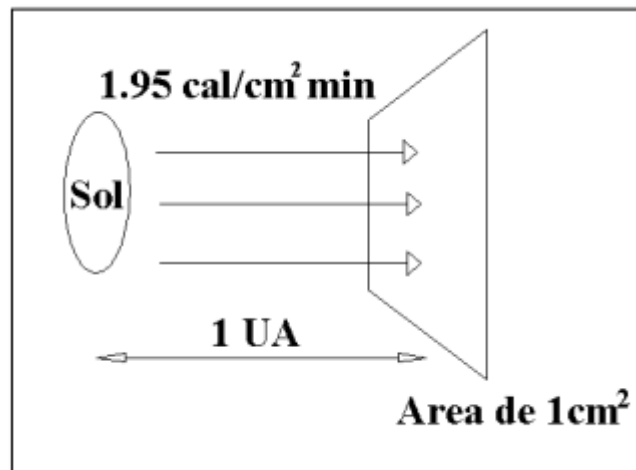
- Irradiancia

La irradiancia es una unidad de medida de la radiación electromagnética, la cual describe el valor de la potencia luminosa que incide en un plano en un tiempo determinado. Su unidad es Wh/m^2 .

- Constante Solar

Se define como la cantidad de energía proveniente del Sol que incide sobre una superficie de 1 cm^2 , orientada perpendicularmente a los rayos solares, en el transcurso de un minuto, la cual se ubica a un rango medio entre el Sol y la Tierra. Tiene un valor promedio de $2\text{ cal/cm}^2\text{ min}$ o $1,353W/m^2$. Empero, no se mantiene, puesto que suele variar 0.2% cada 30 años. La energía solar que se dispone en la superficie terrestre se ve disminuida por la dispersión y absorción de los rayos por la atmósfera. [9]

Ilustración 5 Constante solar



Fuente [9]

- Energía Eólica

Esta energía se obtiene de flujos de aire, que posteriormente se convierte a otro tipo de energía para satisfacer el consumo humano. Comúnmente se utiliza en su forma de electricidad, aprovechando la tecnología de los aerogeneradores, equipadas con potentes turbinas eólicas sobre torres de varios metros de altura, conectados a una red de distribución. Aquellos lugares donde se construyen varios generadores, son llamados parques eólicos, a medida que pasa el tiempo esta energía se hace mucho más competitiva en el mercado eléctrico, pues incluso pequeños proyectos pueden suministrar energía eléctrica a comunidades remotas que carecen de ella. [6]

Ilustración 6 Parque eólico en Estados Unidos



Fuente [10]

El uso de la energía eólica supone muchas ventajas, entre ellas se tienen:

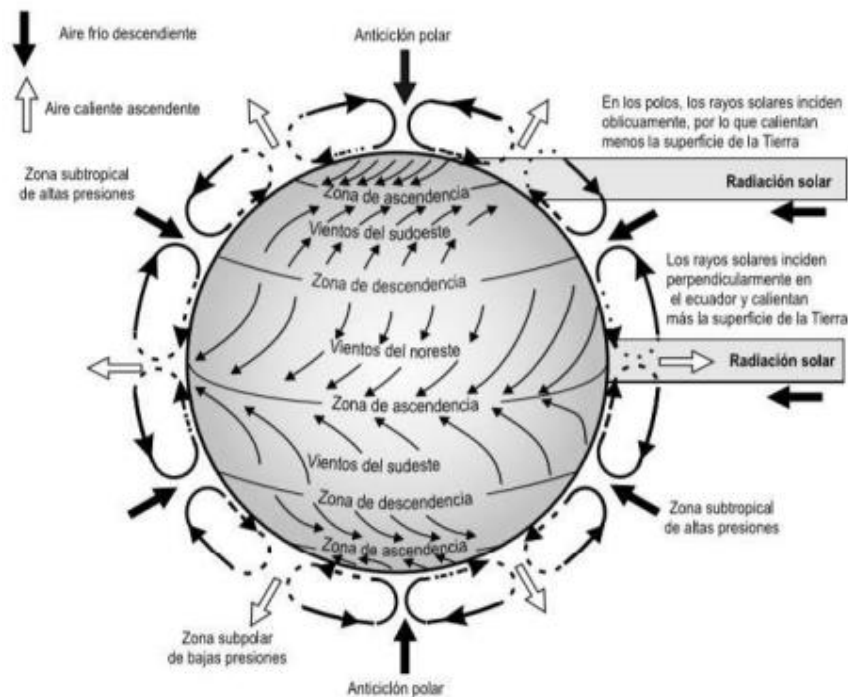
- a. No produce agentes contaminantes al ambiente, y no hace uso recursos hídricos.
- b. Ayuda a disminuir el índice global de producción de CO₂.

- c. El impacto ambiental antes y después de su puesta en marcha no es considerable.
- d. No requiere de combustibles fósiles y ayuda a diversificar el suministro del mercado eléctrico.
- e. Su periodo de recuperación es pequeño. Es decir, solo se necesita unos meses para recuperar la energía utilizada para su construcción. [6]

- El viento.

Se define como aire en movimiento. A nivel global, esto es producido por las variaciones de temperatura provocadas por la irradiación que emite el sol en diferentes regiones del globo. La diferencia de densidades y presiones producidas por los cambios de temperatura hace que las masas de aire se muevan. La velocidad del viento es proveniente entonces de fuerzas de diferente origen: la gravedad, el gradiente de presión o fuerza bórica, la fuerza de Coriolis y la fricción. El gradiente de presión hace que las masas de aire se muevan. Cuantos más cambios existan, mayor será la fuerza del viento y por ende la velocidad. Por lo tanto, cuanto más cerca de las isobaras, más fuerte es el viento. Los gradientes de presión horizontales se definen en el mapa mediante isobaras. También se utilizan isohips, es decir, líneas de la misma altura con la misma presión. En una atmósfera libre, o sin fricción, debido a la fuerza de Coriolis, el viento se mueve en dirección paralela a las líneas isobáricas, por lo que en el hemisferio norte deja a su derecha una zona de alta presión (anticiclón) y una cascada (cóncava) a la izquierda. Por otro lado, ocurre lo contrario en el hemisferio sur. En esta atmósfera libre, donde la fuerza de presión se compensa con la fuerza de Coriolis, se genera el denominado viento geostrófico, caracterizado por la ausencia de fricción. [1]

Ilustración 7 Efecto de la fuerza Coriolis



Fuente [11]

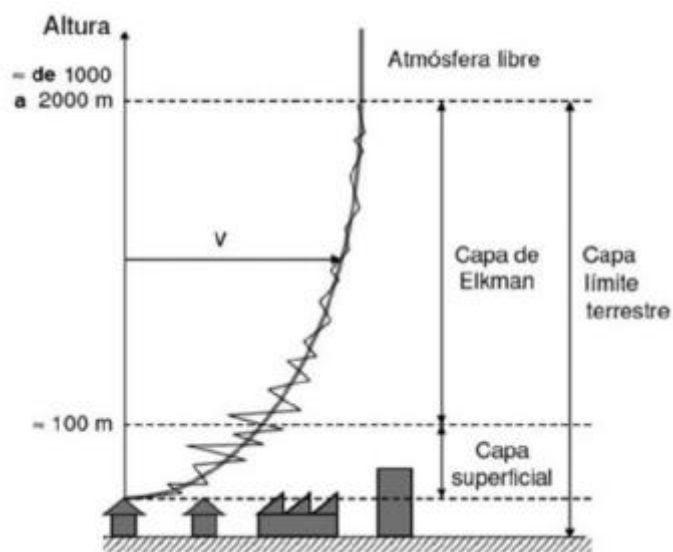
- Velocidad del viento.

La v. del viento es una magnitud de escala vectorial. A pesar de la tridimensionalidad del vector, los dispositivos de medida solo consideran la dirección del viento y su módulo respecto a un plano paralelo al suelo. Este plano, considera el “E” como el eje “x” y el “N” como el eje “y”. Por lo tanto, esta velocidad se distingue por 2 valores: la dirección y el módulo; mientras que su unidad de medida puede ser tanto el metro/segundo, kilómetro/hora o nudos. [1]

- Variación de la velocidad del viento.

El cambio de la v. del viento con respecto a la altitud se debe a perturbaciones mecánicas y térmicas que ocurren en la atmósfera. Una de las causas es por la no uniformidad de la superficie terrestre, como los relieves formados por valles y montañas; también se debe a los gradientes de temperatura entre la superficie y la capa más externa de la atmósfera, puesto que estos generan corrientes ascendentes y descendentes. El reparto de la v. del viento se debe a que las partículas quedan atrapadas en la rugosidad del suelo, por lo que la velocidad en este punto es cero, a medida que se aleja del suelo a velocidad tiende a incrementarse. [1]

Ilustración 8 Gradiente vertical de la velocidad del viento

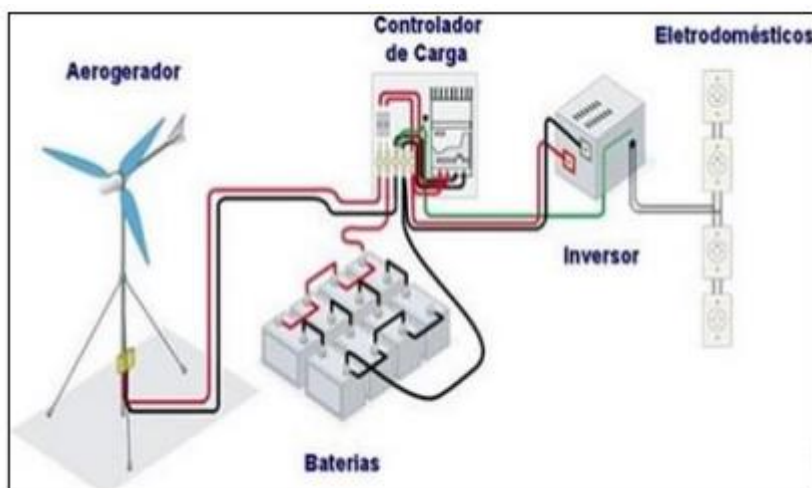


Fuente [11]

- Sistemas de producción de energía eólica

Los sistemas que generan esta energía se encargan de convertir la energía cinética originada por el viento, a energía mecánica y posteriormente a electricidad, la cual puede transmitirse a una red mediante un inversor o ser almacenada en baterías. [1]

Ilustración 9 Sistema de generación eólica de energía



Fuente [1]

- Energía Hidroeléctrica

Esta energía es generada debido al flujo ascendente (mareas) o descendente (embalses o ríos) de masas de agua. Las hidroeléctricas que utilizan embalses generan energía a partir de dejar caer a través de compuertas el agua estancada, por

otro lado, las hidroeléctricas que utilizan el flujo de los ríos, llamadas fluviales, generan energía a partir de la fuerza de dicho flujo. [6]

Actualmente, esta energía hidroeléctrica es recurso de energía reutilizable más utilizada para generar electricidad. Ya que, su naturaleza no es tan aleatoria como lo es el caso de los vientos, sin embargo, la generación puede ser afectada por disminución en la masa de agua, como por sequías o cambios del ecosistema. [6]

La negativa de construir plantas hidroeléctricas radica en el impacto geográfico al ecosistema que puede producir su infraestructura. Por ello, muchos creen en el uso de este tipo de generación, pero en pequeña escala, como en comunidades ubicadas en lugares alejados. [6]

- Suministro Eléctrico

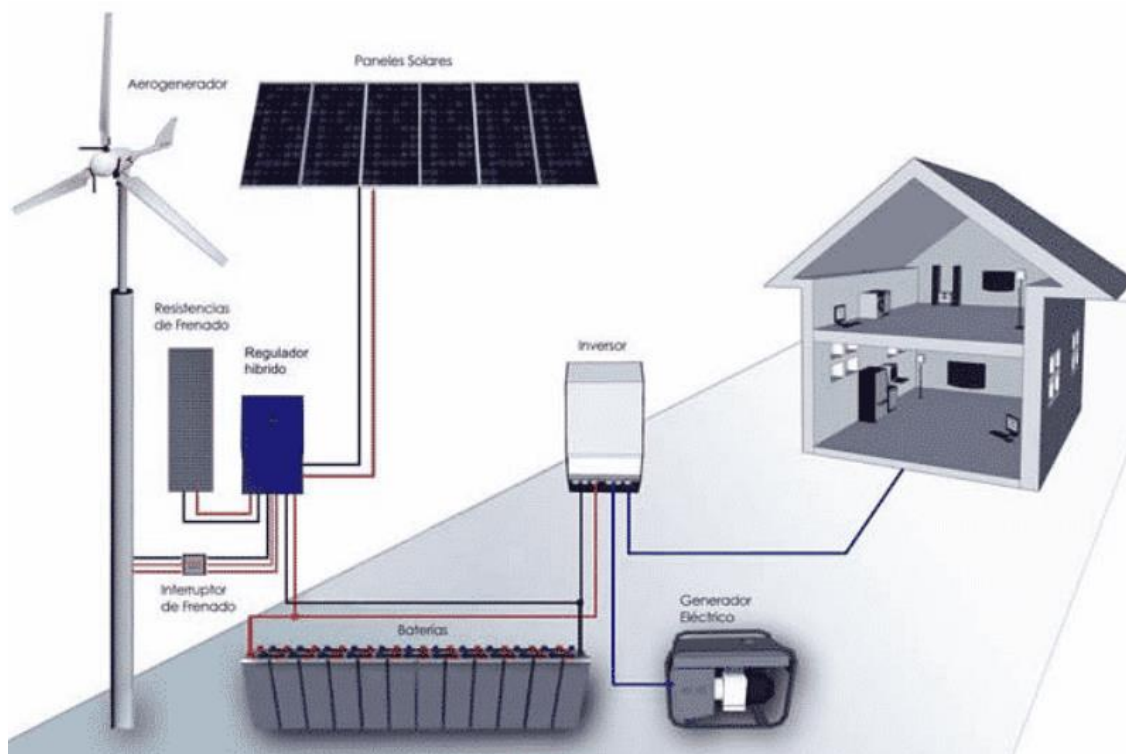
Comprende el conjunto de dispositivos de protección, control y seguridad necesarios para garantizar la adecuada operación y administración de la energía eléctrica, ya sea generada a partir de fuentes renovables o no renovables, hasta su distribución a los usuarios finales. [12]

- Sistema Híbrido

Los sistemas híbridos son mecanismos que producen energía eléctrica con 2 o más tipos de energía. Estos sistemas híbridos fotovoltaicos hacen uso de un aerogenerador, un generador Diesel o una acometida de la red. También utilizan inversores y bancos de baterías integrados, para poder suministrar corriente alterna a los dispositivos de los usuarios finales, ya sea por alguna de las fuentes de energía o por las baterías cargadas. [13]

El notable beneficio de este tipo de sistemas es que no es necesario sobredimensionar el sistema fotovoltaico para el solsticio de invierno (época donde la irradiación disminuye), ya que la segunda fuente es la que se encarga de suplir este déficit. De esta manera, se adquiere un sistema confiable, capaz de suministrar electricidad las 24h del día, todo el año; lo que lo hace perfecto para aplicaciones en lugares remotos, aisladas de la red. [13]

Ilustración 10 Sistema híbrido eólico solar



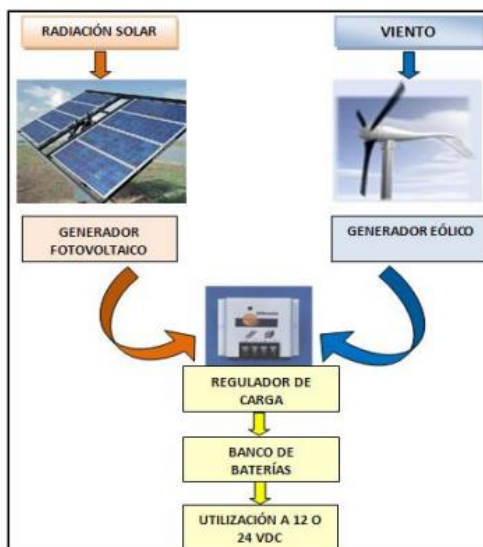
Fuente [13]

- Sistema Eólico Fotovoltaico

Los sistemas híbridos eólicos solares (SHEFV) aprovechan las condiciones óptimas del viento y la irradiancia para complementarse mutuamente. Los días nublados, fríos y ventosos, donde el índice de claridad es muy bajo, son convenientes para los aerogeneradores; mientras que los días despejados, con índices de claridad elevado, no suele haber mucho viento, pero si un alto valor de irradiancia, de modo que son perfectos para los paneles solares. Son ideales para electrificar zonas de ubicación remota, aisladas de la red pública. [15]

La figura a continuación ilustra el diagrama genérico de un SHEFV..

Ilustración 11 Diagrama de un SHEFV



Fuente [15]

- Magnitudes Eléctricas

✓ Cantidad de Electricidad (Q)

La carga electromagnética de átomos y moléculas (positivas o negativas), influye su atracción o rechazo entre las mismas, cuya unidad de medida es el coulomb (C), cuyo valor:

$$1 C = 6,3 \times 10^{19} e^{-}$$

✓ Fuerza electromotriz (f.e.m.)

Es la causa del desplazamiento de electrones en un circuito eléctrico, cuya magnitud se mide en voltios. (V).

✓ Diferencia de potencial (d.d.p.)

Es la variación eléctrica existente entre 2 puntos de un circuito. Se mide en voltio (V)

✓ Intensidad de corriente eléctrica (I)

Es generada por la circulación de las partículas electrificadas y fluyen a través de un conductor, midiéndose en amperios (A).

$$I(\text{intensidad de corriente}) = \frac{Q (\text{cantidad de electricidad})}{t (\text{tiempo})}$$

$$1 A (\text{amperio}) = \frac{1 C (\text{coulomb})}{1 s (\text{segundo})}$$

✓ Densidad de corriente eléctrica (δ)

Es el número de Amperes que discurre por cada uno de los milímetros cuadrados de la sección de un conductor. Tiene como unidad al A/mm².

$$\delta (\text{densidad}) = \frac{I (\text{intensidad})}{S (\text{sección})}$$

✓ Resistencia Eléctrica (R)

Es el grado de oposición que tiene un elemento a la circulación de la corriente. Tiene como unidad al ohmio (Ω).

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Donde la “R” la resistencia (Ω), “ ρ ” la resistividad del material (mm²/m), “l” es la longitud del conductor de corriente eléctrica (m) y “S” es la sección transversal del conductor (mm)

✓ Potencia eléctrica (P)

Es el trabajo producido a través de un tiempo. Tienen como unidad al Watt (W).

$$P = V \times I$$

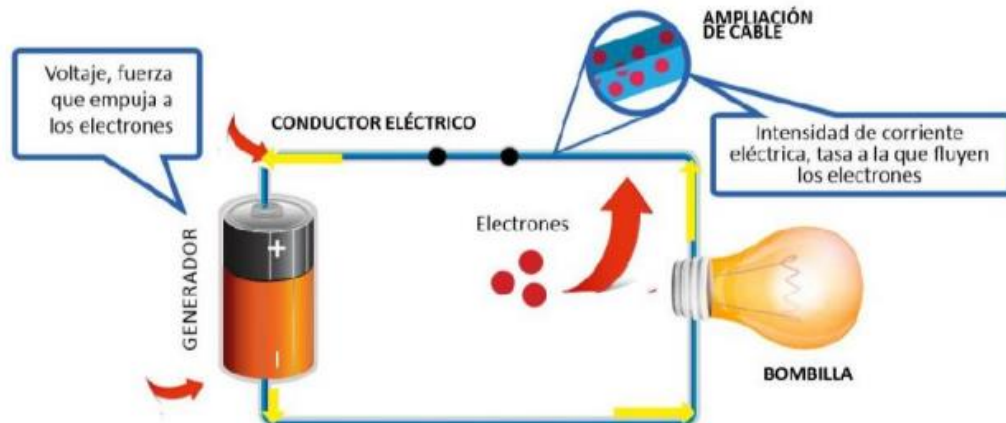
✓ Energía Eléctrica

Es aquella generada por la variación del potencial eléctrico entre 2 puntos de un circuito eléctrico. Tiene por unidad al Joule (J). [1]

$$E = P \times t$$

Donde, “P” es la potencia eléctrica [W], y “t”, el tiempo [s].

Ilustración 12 Circuito eléctrico.



Fuente [16]

- Generación de energía eléctrica

Se basa en convertir un tipo de energía, ya sea cinética, lumínica, solar, química, nuclear, etc.; en electricidad. Esto se realiza en los lugares denominados centrales eléctricas, las cuales conforman el principal peldaño del sistema de suministro eléctrico. Básicamente, se produce a través de un generador.

- Centrales Eólicas

✓ Aerogeneradores [17]

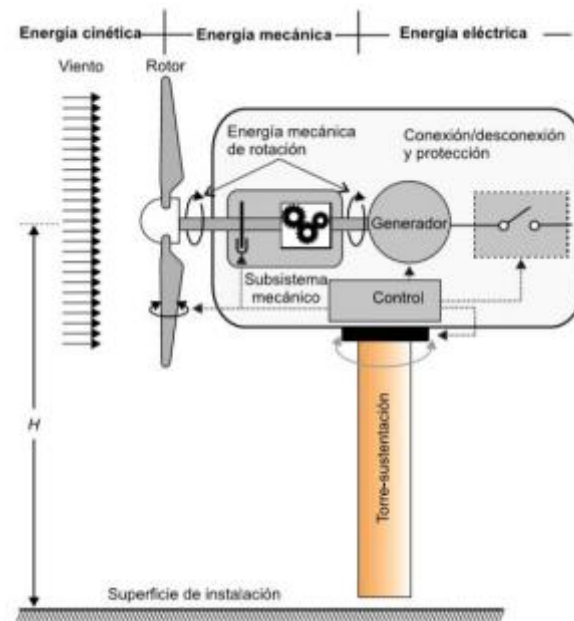
Son equipos transformadores de energía cinética del viento a energía eléctrica. Poseen palas que llegan entre trece y veinte rpm, de acuerdo al nivel tecnológico que tengan. Para alcanzar una mayor eficiencia sus revoluciones incrementan o se reducen de acuerdo a los cambios de la velocidad del viento. Suelen tener un tiempo de vida de 25 años a más.

✓ Elementos de un Aerogenerador [18]

Un aerogenerador está dividido en subsistemas, los cuales son:

- Sub. de captación del viento.
- Sub. de transmisión mecánica por medio de engranajes.
- Sub. de generación eléctrica.
- Sub. de orientación del viento
- Sub. de regulación de la velocidad.
- Sub. de soporte de los dispositivos del aerogenerador.

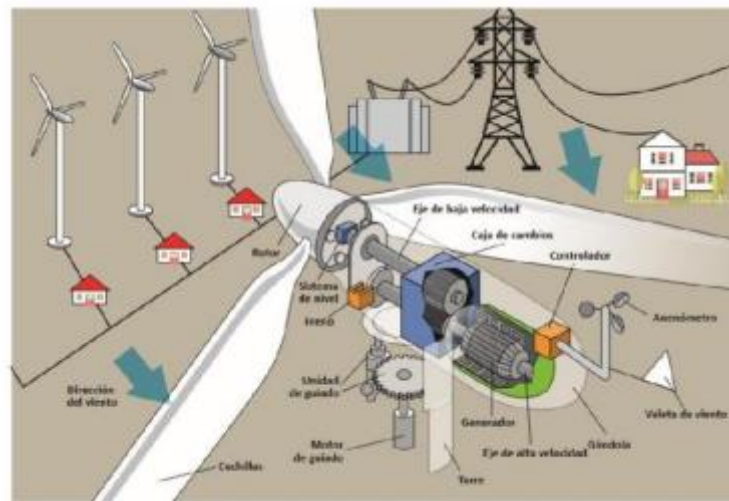
Ilustración 13 Conversión de energía dentro de un aerogenerador.



Fuente [18]

- ✓ Partes de un aerogenerador [19]
 - Anemómetro: dispositivo de medición del viento y transmisión de datos al controlador.
 - Palas: son aquellas que captan los vientos y giran junto con el rotor. En la mayoría de los casos suelen ser 2 o 3.
 - Freno: en ocasiones de emergencia frena el rotor ya sea por medios eléctricos o mecánicos.
 - Controlador: arranca la maquina a bajar velocidades y no permite que la maquina supere las 55mph, ya que pueden dañarse al entrar a estas velocidades.
 - Caja de cambios: comunica los ejes de baja y alta velocidad e incrementa la velocidad de rotación en un factor de 30.
 - Generador: genera electricidad mediante inducción eléctrica.
 - Eje de alta velocidad: conectado al generador.
 - Eje de baja velocidad: conectado a las palas.
 - Góndola: es la caja que contiene los mecanismos de control y de transformación de energía.
 - Sistema de nivel: evita que las palas giren demasiado rápido, con velocidades de viento elevadas.
 - Rotor: es la unión de las palas y el eje.
 - Torre: sirve de soporte para las turbinas.
 - Veleta de viento: comunica el cambio de la dirección del viento.
 - Unidad de guiado: orienta la turbina en la dirección del viento.

Ilustración 14 Descripción interna de la turbina eólica



Fuente [19]

✓ Clasificación de los aerogeneradores [20]



✓ Tipos de aerogeneradores:

✚ Aerogeneradores de eje vertical [20]

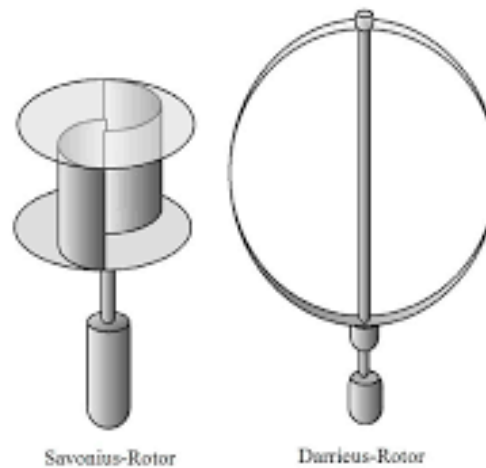
El eje de rotación forma 90° con la dirección de la velocidad del viento.

Estos aerogeneradores no son muy utilizados debido a su baja eficiencia.

Existen muchos tipos, algunos de ellos son:

- Savonius: Rotor de arrastre diferencial.
- Darrieus: Rotor de variación cíclica de incidencia.

Ilustración 15 Aerogeneradores de eje vertical



Fuente [27]

✚ Aerogeneradores de eje horizontal (HAWT). [20]

El eje que rota es paralelo al plano de la dirección del viento. Es el que más se usa por la industria eléctrica. Este tipo de aerogeneradores destacan por su elevado coeficiente de potencia (C_p), es decir, que tiene más capacidad para captar mayores áreas y beneficiarse del incremento de la velocidad del viento, ya que están ubicados a grandes alturas.

El aerogenerador más común es el de 3 palas, pues se considera que la velocidad de diseño es mayor que los multipala.

Materiales y métodos

- Tipo y nivel de investigación

Esta investigación se realizó bajo el tipo aplicada; esta es llamada como investigación práctica o empírica. [23] Tiene como objetivo originar conocimiento en la sociedad con la finalidad de dar soluciones a problemas que son recurrentes en el día a día [24], así como lo es la ausencia de electricidad en Chochor.

Asimismo, se utiliza el método cuantitativo o de paradigma positivista, el cual utiliza análisis estadísticos para comprender mejor cierto fenómeno. [24] Por ello, se obtuvieron datos de la población del caserío Chochor para determinar la demanda máxima proyectada en 20 años, así como registros de la velocidad del viento e irradiancia para el estudio de los fenómenos atmosféricos aprovechables en la zona.

- Diseño de investigación

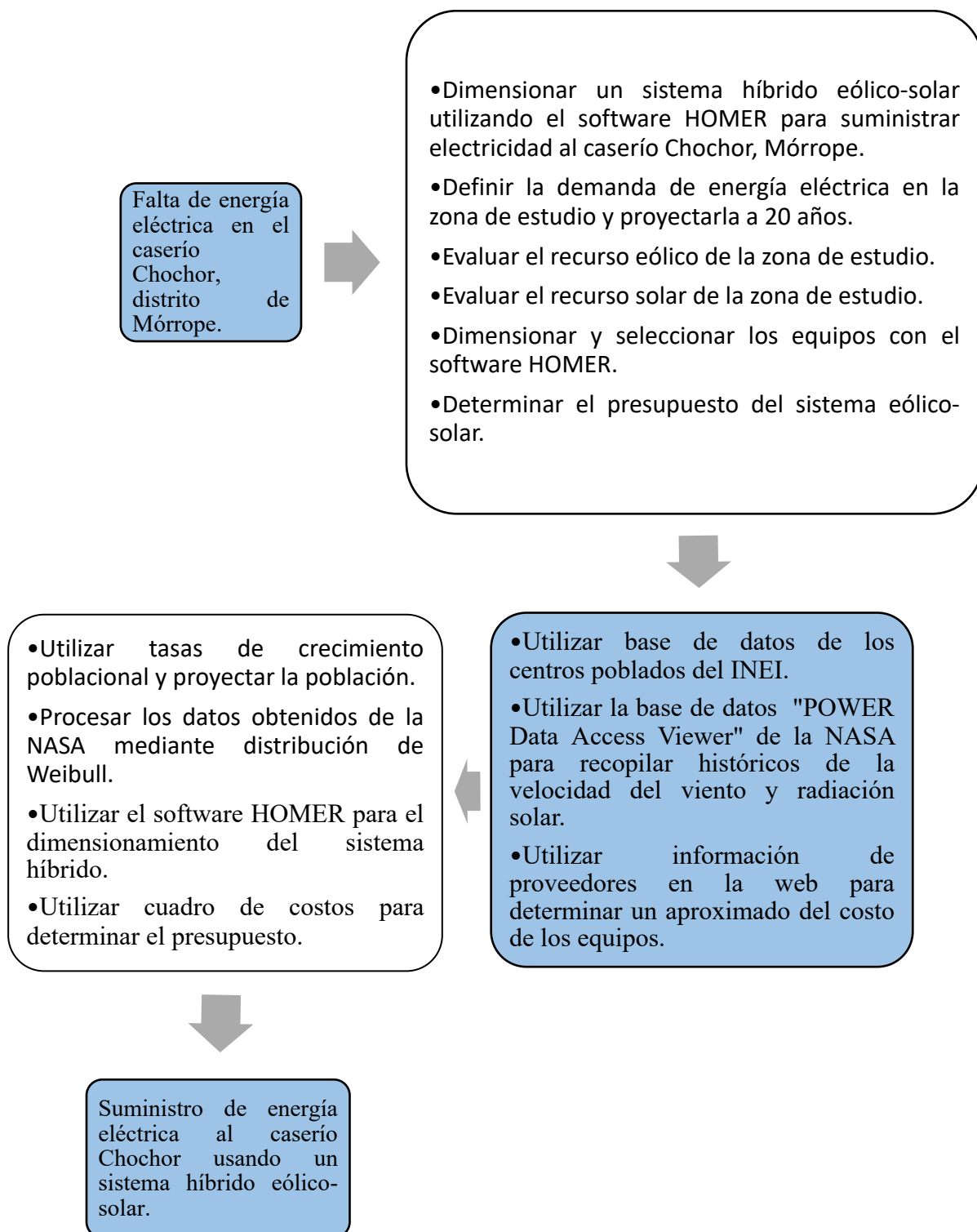
Es de tipo no experimental. Esta se enfoca en la observación y análisis de fenómenos en un contexto natural, es decir, sin alteración del objeto de observación. [22]

- Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	IDICADORES	ITEMS
Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico-solar	Es la nueva modalidad que cubre la demanda de energía eléctrica de los usuarios, mediante el aprovechamiento y la combinación de un sistema eólico y un sistema solar fotovoltaico . De este modo, se solucionan las complicaciones que presentan individualmente, y se repotencian sus virtudes. [15]	El sistema eólico se planteará mediante la evaluación de la velocidad del viento existente en la localidad y la selección de un aerogenerador , por otro lado, el sistema solar fotovoltaico se planteará mediante la evaluación de la irradiación solar existente en la zona y la selección de los paneles fotovoltaicos, controladores, baterías e inversores .	Sistema eólico	Velocidad del viento	m/s
				Selección del aerogenerador	kW
			Sistema solar fotovoltaico	Irradiación solar	kWh/m ²
				Selección de paneles fotovoltaicos	kW
				Selección de controladores	A
				Selección de baterías	Ah
				Selección de inversores	P

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	IDICADORES	ITEMS
Suministro de energía eléctrica	Es un sistema responsable de la generación y de la gestión de la red de transporte de la energía eléctrica .	Será medido mediante el consumo de energía promedio diaria por toda la población, la tensión de suministro y la máxima demanda .	Energía eléctrica	Energía promedio diaria	kWh-día
				Tensión de suministro	V
				Máxima demanda	kW

- Metodología de diseño



- Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Será factible dimensionar un sistema híbrido eólico-solar para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope?	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
	Dimensionar un sistema híbrido eólico-solar utilizando el software HOMER para suministrar electricidad al caserío Chochor, Mórrope.	Si se elabora el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico-solar, entonces, se suministrará energía eléctrica al caserío de Chochor.	Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico-solar INDICADORES Velocidad del viento, selección del aerogenerador, irradiación solar, selección de paneles fotovoltaicos, controladores, baterías e inversores.	Tipo aplicada-correlacional utilizando el software HOMER
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
	1. Definir la demanda de energía eléctrica en la zona de estudio y proyectarla a 20 años.	1. Si se define la demanda de energía eléctrica en la zona de estudio y se proyecta a 20 años, se podrá dimensionar el sistema híbrido.	Suministro de energía eléctrica INDICADORES Energía promedio diaria, tensión de suministro, máxima demanda.	En este proyecto de investigación se usará la observación de datos climatológicos referentes a la zona y mediante el análisis de documentos de distintas investigaciones relacionadas con los sistemas híbridos
	2. Evaluar el recurso eólico de la zona de estudio.	2. Si se evalúa el recurso eólico de la zona de estudio, entonces, se podrá validar si la zona es apta para la implementación de un sistema eólico.		POBLACIÓN Y MUESTRA
	3. Evaluar el recurso solar de la zona de estudio.	3. Si se evalúa el recurso solar de la zona de estudio, entonces, se podrá validar si la zona es apta para la implementación de un sistema solar fotovoltaico.		
				La unidad de estudio es el sistema híbrido eólico-solar para la generación de energía eléctrica.

4.Dimensionar y seleccionar los equipos con el software HOMER.	4.Si se dimensiona y seleccionar los equipos con el software HOMER, entonces, se podrá obtener un sistema híbrido eólico-solar para el caserío Chochor.	La población serán los sistemas híbridos eólico-solar que ya existen.
5.Determinar el presupuesto del sistema eólico-solar.	5.Si se determina el presupuesto del sistema eólico-solar, se podrá implementar el sistema híbrido en el caserío Chochor.	

Resultados y discusión

1. Demanda de energía eléctrica en el caserío Chochor, Mórrope

Para hallar esta demanda energética que requiere el caserío Chochor, es necesario realizar un estudio a su población para que el sistema híbrido pueda suministrar la suficiente energía para que el caserío goce de este servicio en todo el tiempo de vida del sistema.

- Características de la población del caserío Chochor

El caserío Chochor se sitúa en el distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque. La ilustración, muestra las coordenadas en las que está ubicado el caserío de Chochor. Asimismo, se observa que carecen de servicio de energía eléctrica. Por otro lado, su población ronda los 25 habitantes, los cuales residen distribuidos en 10 viviendas.

Características del caserío Chochor. (INEI)

Ilustración 16 Datos del caserío Chochor

=: CHOCHOR =:	
Descripción	Total
DEPARTAMENTO	LAMBAYEGUE
PROVINCIA	LAMBAYEGUE
DISTRITO	MORROPE
CENTRO POBLADO	CHOCHOR
CATEGORIA	-
CODIGO DE UBIGEO Y CENTRO POBLADO	1403060038
LONGITUD	-80.0580530720
LATITUD	-8.54190565200
ALTITUD	-13.81
POBLACION	25
VIVIENDA	10
AGUA POR RED PUBLICA	no
ENERGIA ELECTRICA EN LA VIVIENDA	no
DESAGUE POR RED PUBLICA	no
VIA DE MAYOR USO	camino de herradura / trocha
TRANSPORTE DE MAYOR USO	moto/mototaxi
FRECUENCIA	interdiario
TIEMPO EN MINUTOS HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	30
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO(KM)	10.6
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA EL CENTRO POBLADO EDUCATIVO	4.63
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA EL CENTRO DE SALUD MAS CERCA	5.85
ALUMBRADO PUBLICO	no
TELEFONO PUBLICO	no
LOCAL COMUNAL	no
HOSTAL / ALBERGUE	no
ESTACION DE RADIO	no
INSTITUCION EDUCATIVA PRIMARIA	no
INSTITUCION EDUCATIVA SECUNDARIA	no
ESTABLECIMIENTO/ PUESTO DE SALUD	no
PUESTO POLICIAL	no
OFICINA DE CORREO	no

Fuente INEI

- Proyección de la población del caserío Chochor

La proyección de población y viviendas tiene como finalidad estimar la demanda máxima de energía en un periodo futuro, considerando que el crecimiento poblacional conlleva un aumento en el consumo eléctrico.

Los aerogeneradores y paneles fotovoltaicos poseen el promedio de vida útil de 20 a 25 años, entonces se toma este lapso de tiempo como período de proyección. De esta manera, el caserío podrá beneficiarse sin carencias de energía eléctrica hasta el último año de vida útil de los elementos del sistema híbrido.

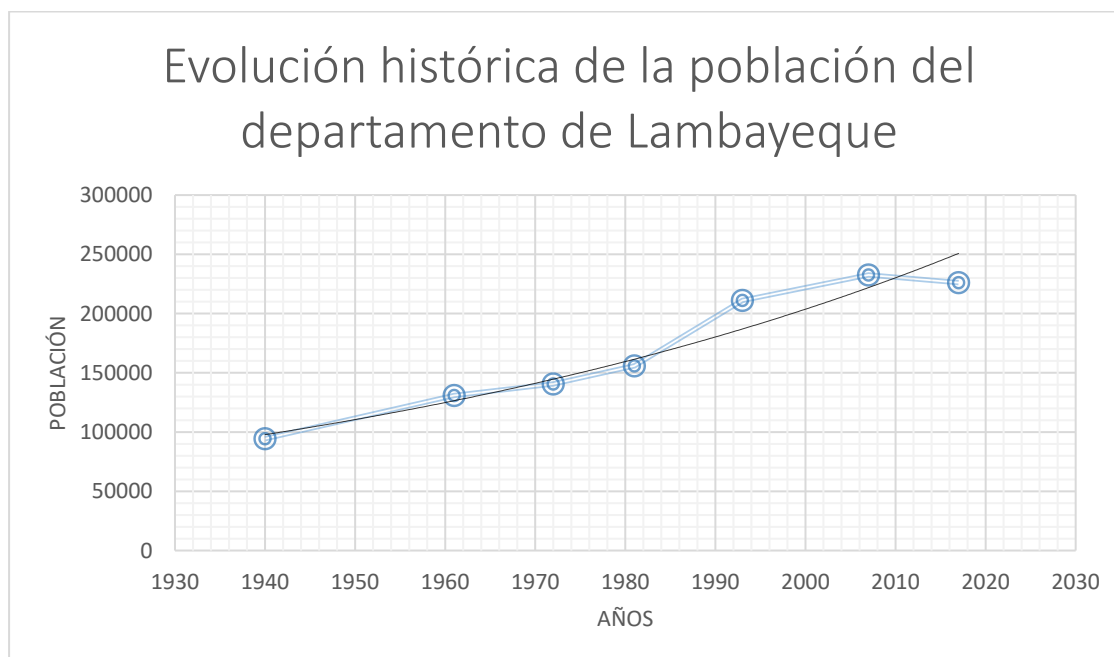
La tabla 1, evidencia datos adquiridos mediante el INEI de la evolución de la población censada rural del departamento de Lambayeque.

Tabla 1 Evolución de la población rural censada del departamento de Lambayeque

Años	Población
1940	94389
1961	130830
1972	140612
1981	155811
1993	211187
2007	232631
2017	226139

Fuente INEI

Gráficas 1 Evolución de población en Lambayeque



Fuente: realizado por el autor

Ya que el INEI no proporciona información sobre la tasa de crecimiento poblacional, se debe calcular mediante la Ecuación:

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_0}} - 1$$

donde:

i: tasa de crecimiento

n: cantidad de años

*P*₀: Población inicial

*P*_f: Población final

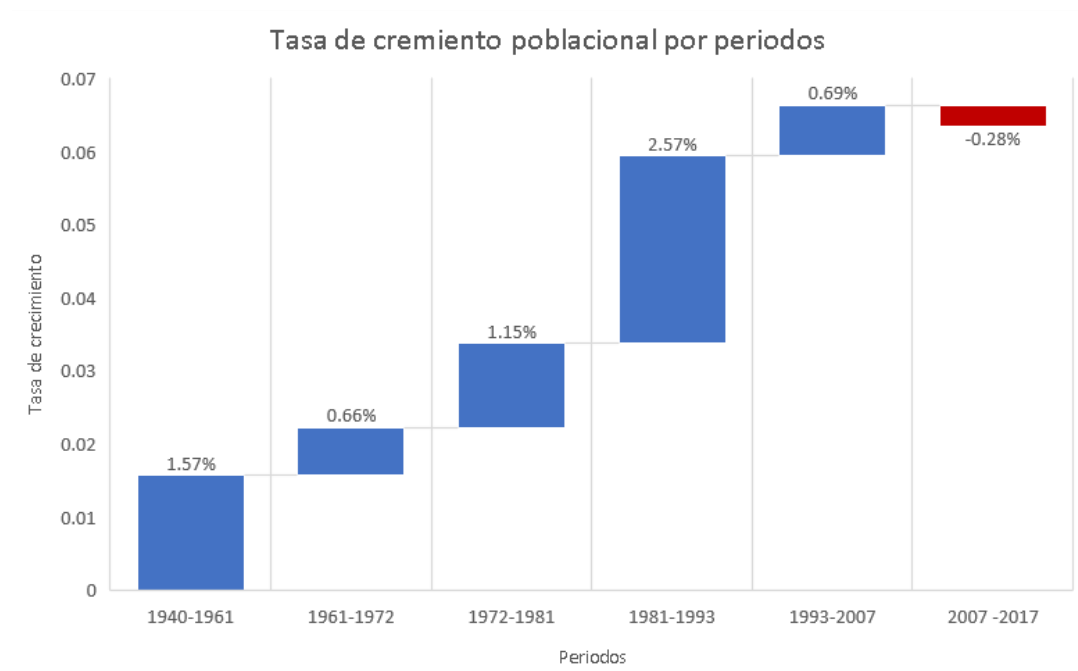
Posteriormente se obtuvo la tabla 2, la cual evidencia las tasas de crecimiento para diferentes periodos junto a la tasa promedio.

Tabla 2 Tasa de crecimiento poblacional por periodos y promedio

Periodos	Tasa de crecimiento poblacional (i)
1940-1961	1.57%
1961-1972	0.66%
1972-1981	1.15%
1981-1993	2.57%
1993-2007	0.69%
2007 -2017	-0.28%
Tasa de crecimiento promedio	1.06%

Fuente: realizado por el autor

Gráficas 2 Tasa de crecimiento poblacional por periodos



Fuente: realizado por el autor

Dada la siguiente expresión para proyectar una población determinada:

$$P_n = P_0(1 + i)^n$$

donde:

P_n : p. proyectada “n” años.

P_0 : p. inicial.

i : índice de crecimiento poblacional

n : cantidad de años

Y la expresión para calcular el número de viviendas:

$$V_{20} = V_0 \left(\frac{P_{20}}{P_0} \right)$$

donde:

V_{20} : Viviendas proyectadas “n” años

Recopilados la información necesaria, ver tabla 5, mediante la base de datos del INEI, se procede a realizar la proyección a 20 años.

Tabla 3 Datos para proyección del caserío de Chochor.

CHOCHOR	
Población	25
Viviendas	10
Tasa de crecimiento poblacional	1,06 %
Años de proyección	20

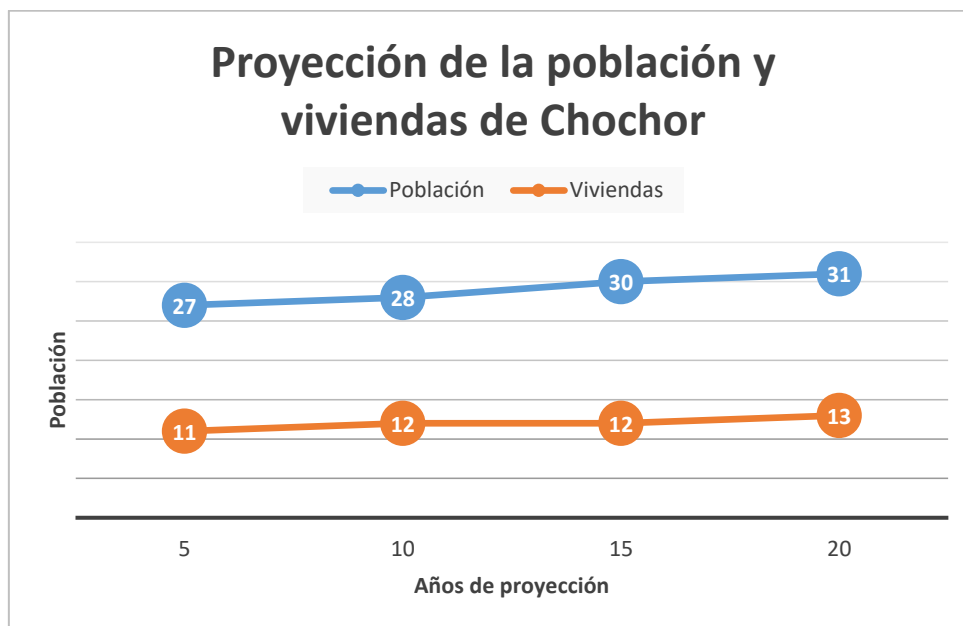
Fuente: realizado por el autor

$$P_{20} = 25(1 + 0.0106)^{20} \approx 31 \text{ habitantes}$$

$$V_{20} = 10 \left(\frac{31}{25} \right) \approx 13 \text{ viviendas}$$

Por ende, después de 20 años la población del caserío de Chochor será de 31 habitantes distribuidos en 13 viviendas, ver grafica 3.

Gráficas 3 Proyección demográfica y habitacional de Chochor.



Fuente: realizado por el autor

- Demanda cotidiana de energía eléctrica
 - a. Vivienda particular

Para determinar la demanda de consumo eléctrico diario, se realizó la tabla 4, donde se listaron las cargas que podrían llegar a consumir energía eléctrica en una vivienda del caserío Chochor después de 20 años.

Tabla 4 Consumo diario y mensual de energía eléctrica en una vivienda particular.

N°	Descripción	Potencia por unidad (W)	Cantidad (und.)	Uso diario (h-día)	Potencia Total (W)	Consumo diario (Wh-día)	Consumo mensual (Wh-mes)
1	Foco LED (Sala)	7,5	1	3	7.5	22.5	675
2	Foco LED (Dormitorio)	7,5	2	2	15	30	900
3	Foco LED (Cocina)	7,5	1	6	7.5	45	1350
4	Foco LED (Comedor)	7,5	1	4	7.5	30	900
5	Televisor	40	1	3	40	120	3600
6	Radio	20	1	3	20	60	1800
7	Celular	5	2	2	10	20	600
TOTAL					107.5	327.5	9825

Fuente: realizado por el autor

La tabla 6, muestra que el consumo diario de una vivienda particular será de 0,33 kWh; de 9.83 kWh al mes, así como una potencia total o instalada de 107,5 W. Por consiguiente, se calcula el consumo diario de todas las viviendas proyectadas.

$$E_{viviendas,dia} = (13viviendas)(0,33kWh) = 4,29kWh - dia$$

$$E_{viviendas,mes} = (13viviendas)(9,83kWh) = 127.79kWh - mes$$

b. Alumbrado público

En cuanto al consumo por alumbrado público, se siguió el procedimiento establecido por la Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales” – Dirección General de Electricidad, Ministerio de Energía y Minas.

i. Cálculo de consumo de energía mensual

Dada la siguiente formula:

$$CMAP = KALP \times NU$$

donde:

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP: Factor de AP en kWh/usuario-mes, el cual tiene un valor de 3,3 para el sector típico 4.

NU: Total de usuarios.

Entonces,

$$CMAP = (3,3)(13) = 42,90kWh - mes$$

ii. Cálculo de número de puntos de iluminación

Dada la siguiente fórmula:

$$PI = \frac{CMAP \times 1000}{NHMAP \times PPL}$$

donde:

PI: puntos de iluminación. Se debe tener en cuenta que si es decimal se debe redondear al entero inferior.

NHMAP: Cantidad de horas de funcionamiento mensual del servicio de alumbrado público.

PPL: Promedio de la potencia nominal de la lámpara utilizada en el alumbrado público (W).

El tipo de control de las luminarias es con células fotosensibles, por ende, las cargas conectadas estarán activas durante 12 horas/día. Por otro lado, según [24], las mejores lámparas para alumbrado público que se adaptan al tiempo de proyección de la demanda energética a 20 años son de vapor de sodio; en este caso se supone una potencia nominal es de 70W. Entonces los puntos de iluminación quedan,

$$PI = \frac{42.9kWh \times 1000}{360horas/mes \times 70W} \approx 1$$

Por lo tanto, la energía diaria debido a cargas por alumbrado público es,

$$E_{alumbrado,dia} = 0.07kW \times 12h = 0.84kWh$$

De este modo, se obtiene la demanda energética diaria del caserío Chochor,

$$E_{total,dia} = 4,29 + 0,84 = 5,13kWh$$

Así como su potencia instalada,

$$P = 107,5(13) + 70(1) = 1467,5W$$

2. Evaluación del recurso eólico

El estudio se realizó mediante el tratamiento de datos de velocidad del viento durante todo el año 2021 en el caserío Chochor, recopilados de Power Data Access de la NASA, donde se redistribuyen en intervalos tal que se calcule la frecuencia de dichos intervalos de velocidades.

La tabla 5 muestra los límites inferior y superior del rango de datos de velocidades del viento, además del intervalo y la amplitud de estos.

Tabla 5 Datos para evaluación estadística

Número de datos	365
Límite inferior (Li)	2.71
Límite superior (Ls)	6.34
Número de intervalos	9
Amplitud	0.4

Fuente: realizado por el autor

El valor de los intervalos se calcula mediante la Regla de Sturges, ya que permite el cálculo de intervalos óptimos para una longitud de datos,

$$I = 1 + 3.3 \log(N)$$

donde:

I: número de intervalos

N: número de datos

Por lo tanto,

$$I = 1 + 3.3 \log(365) \approx 9$$

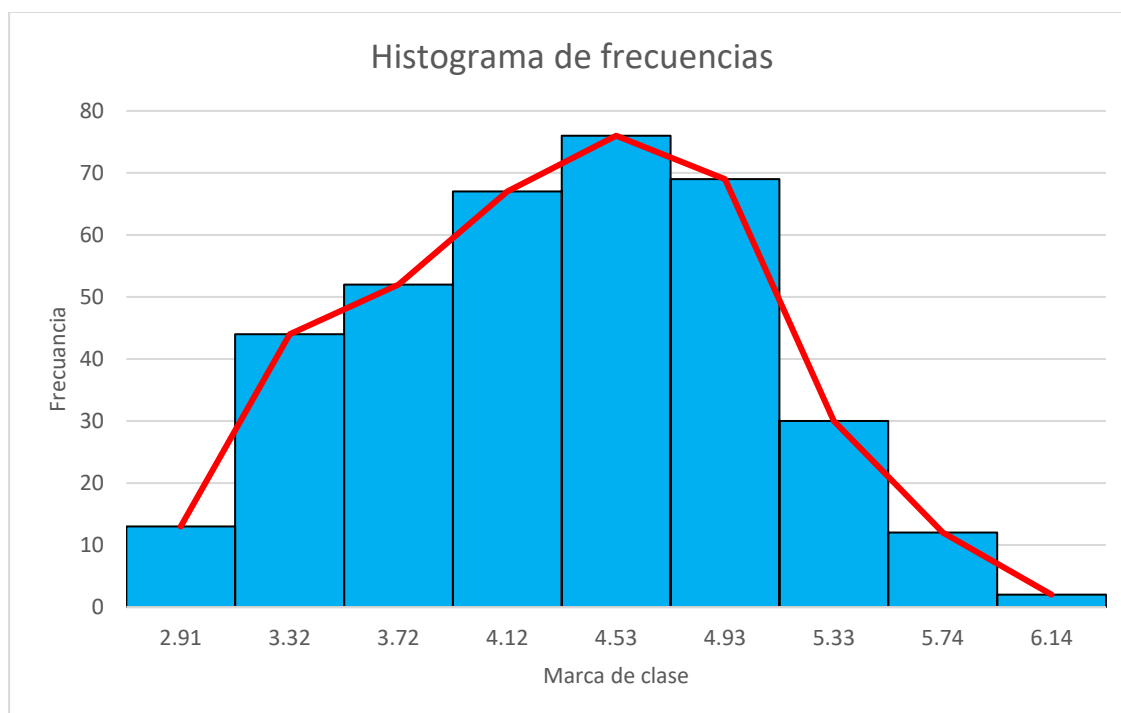
De esta manera, la distribución de los datos de las velocidades del viento se muestra en la tabla 6.

Tabla 6 Distribución de frecuencias de las velocidades del viento

Intervalos		Marca de Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
Li	Ls	Xi	fi	Fi	hi	Hi
2.71	3.11	2.91	13	13	0.0356	0.0356
3.11	3.52	3.32	44	57	0.1205	0.1562
3.52	3.92	3.72	52	109	0.1425	0.2986
3.92	4.32	4.12	67	176	0.1836	0.4822
4.32	4.73	4.53	76	252	0.2082	0.6904
4.73	5.13	4.93	69	321	0.1890	0.8795
5.13	5.53	5.33	30	351	0.0822	0.9616
5.53	5.94	5.74	12	363	0.0329	0.9945
5.94	6.34	6.14	2	365	0.0055	1
			365		1	

Fuente: realizado por el autor

Gráficas 4 Histograma de frecuencias



Fuente: realizado por el autor

En la gráfica 4 evidencia el histograma de frecuencias absolutas de las velocidades promedio del viento en el caserío Chochor, donde se observa que las marcas de clase (velocidades promedio de los intervalos), son 4.12, 4.53 y 4.93.

Teniendo en cuenta la aleatoriedad del valor del viento, es necesario realizar una distribución de probabilidad de Weibull para determinar la potencia eólica del lugar de estudio. Para ello, son pertinentes los indicadores tanto de escala “c”, cuyo valor esta relacionado con la velocidad promedio (m/s), como el de forma “k”, cuyo valor expone el grado de dispersión de los datos. Sin embargo, debe seguirse un procedimiento, el cual tiene punto de partida en aplicar una regresión lineal a los datos. La tabla 9 muestra los 6 primeros valores X e Y para la regresión lineal, obtenidos mediante las ecuaciones,

$$Y = kX + b$$

Donde:

$$Y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - F(v)}\right)\right)$$

$$X = \ln(v)$$

$$b = -k \cdot \ln(c)$$

Donde, “k” y “c” corresponden a los valores explicados y $F(x)$ a la frecuencia acumulada relativa, calculado previamente en la tabla 6.

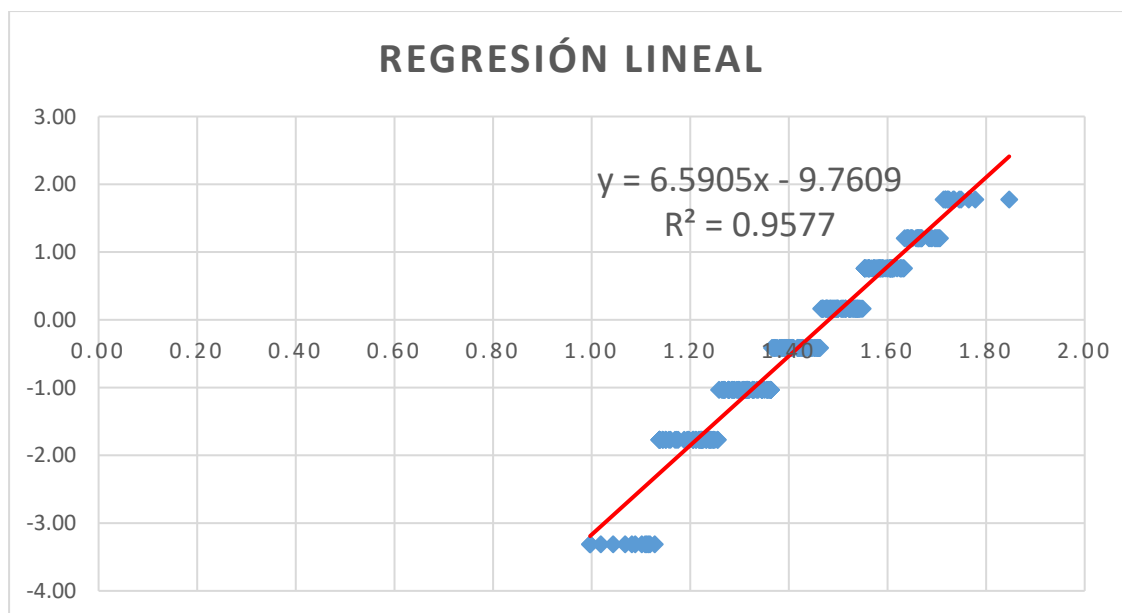
Tabla 7 Datos para la Regresión Lineal

Velocidad Promedio	X	Y
3.23	1.17	-1.77
4.43	1.49	0.16
3.51	1.26	-1.77
2.77	1.02	-3.31
3.09	1.13	-3.31
3.12	1.14	-1.77
...

Fuente: realizado por el autor

Mediante el uso de funciones en una hoja Excel se realiza el reajuste lineal de los puntos, ver gráfica 5. Asimismo, se observa el nivel de semejanza con los datos a través del coeficiente R^2 , cuyo valor, en este caso, se aproxima a la unidad; es decir, es una curva que se adapta muy bien a los datos.

Gráficas 5 Regresión lineal.



Fuente Elaboración propia

Una vez obtenida la ecuación de la regresión lineal, se procede a calcular los valores de los indicadores “c” y “k”.

$$Y = 6.5905X - 9.7909$$

Entonces,

$$k = 6.5905$$

$$b = -9.7909$$

$$\rightarrow c = 4,40 \text{ m/s}$$

De este modo, se consigue establecer la ecuación de distribución de Weibull, cuya solución permitirá predecir velocidades del viento futuras. La ecuación es de la forma,

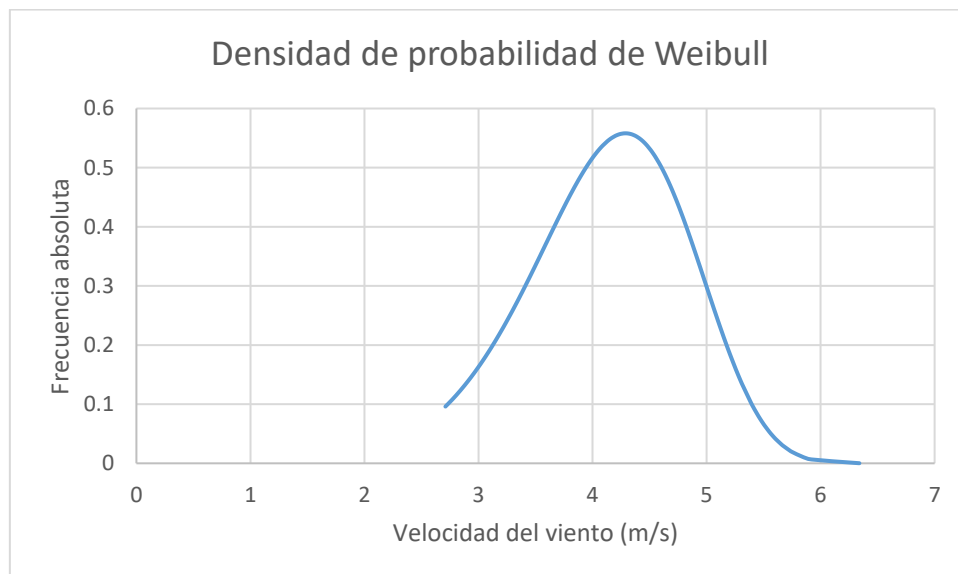
$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Así como la ecuación de densidad de probabilidad,

$$P(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

La gráfica 6 muestra la densidad de probabilidad de las velocidades durante todo el año 2021, es decir, qué velocidades tienen más probabilidad de aparecer, como es el caso del rango de velocidades de 4 – 4.6 m/s.

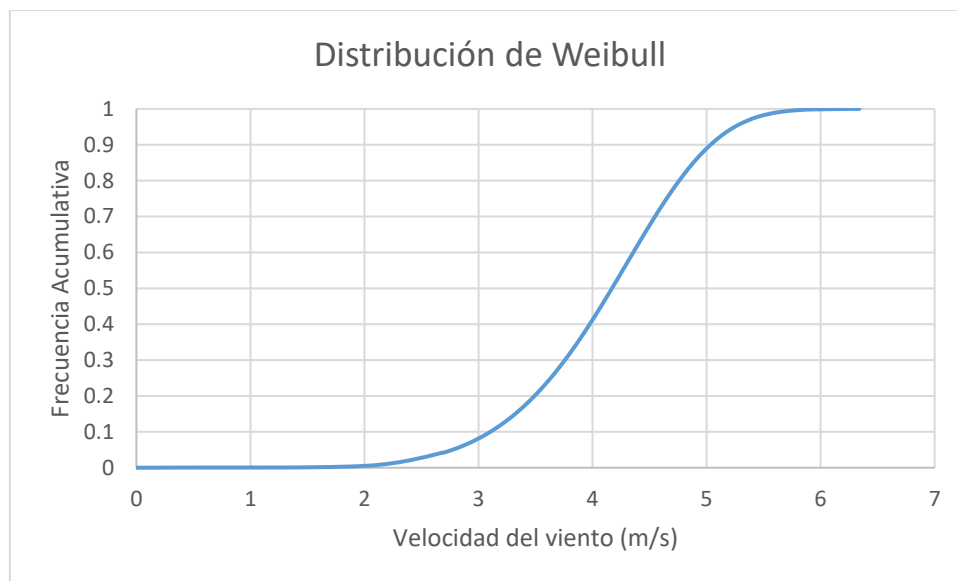
Gráficas 6 Densidad de probabilidad



Fuente: realizado por el autor

Por otro lado, la gráfica 7 muestra la distribución de esta probabilidad, de modo que, se puede predecir las velocidades de manera más acertada, ya que aquellas velocidades cercanas al 50% tienen más o menos posibilidades de aparición; por ejemplo, una velocidad de 4 m/s tiene una probabilidad del 40% de no aparecer, mientras que una velocidad de 4.35 m/s tiene una probabilidad del 60% de no aparecer.

Gráficas 7 Distribución de Weibull



Fuente: realizado por el autor

3. Evaluación del recurso solar

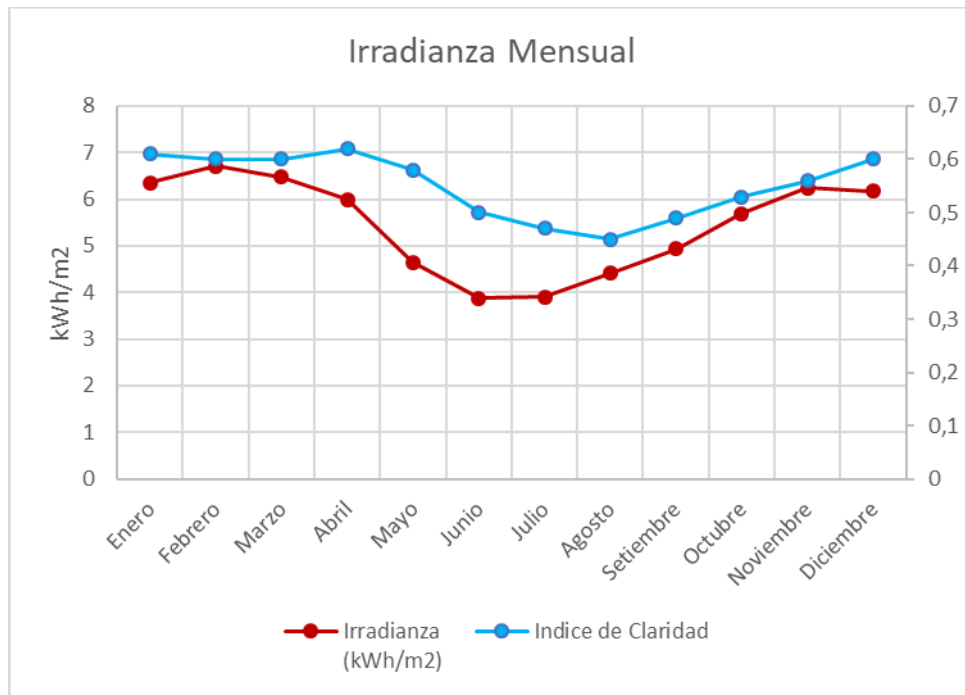
Para evaluar el recurso solar se obtuvo la irradiación solar en la zona de estudio de la base de datos de la NASA, Power Data Access Viewer, asimismo se extrajeron los valores del índice de claridad para mayor comprensión del comportamiento de los rayos solares con la atmósfera. La tabla 8 y la gráfica 8 muestra los valores promedio mensuales de la irradiancia solar con su respectivo índice de claridad.

Tabla 8 Irradiancia solar mensual en el año 2021

Mes	Irradiancia (kWh/m ²)	Índice de Claridad
Enero	6.35	0.61
Febrero	6.71	0.6
Marzo	6.48	0.6
Abril	6	0.62
Mayo	4.65	0.58
Junio	3.88	0.5
Julio	3.91	0.47
Agosto	4.41	0.45
Setiembre	4.93	0.49
Octubre	5.69	0.53
Noviembre	6.25	0.56
Diciembre	6.17	0.6

Fuente Power Data Acces Viewer (NASA)

Gráficas 8 Irradiancia e índice de claridad mensual promedio



Fuente Elaboración propia

La irradiación solar, suele ser más bajo en los meses de junio y julio, ver gráfica 8, a causa de la posición de la tierra en el Afelio, esto es, el solsticio de invierno; llegando a un valor mínimo de 3.88 kWh/m². Puesto que los fenómenos astronómicos carecen de aleatoriedad, se vuelve irrelevante el uso de la distribución de Weibull.

4. Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-solar

4.1. Dimensionamiento del sistema híbrido eólico solar sin software

- Dimensionamiento de la turbina.

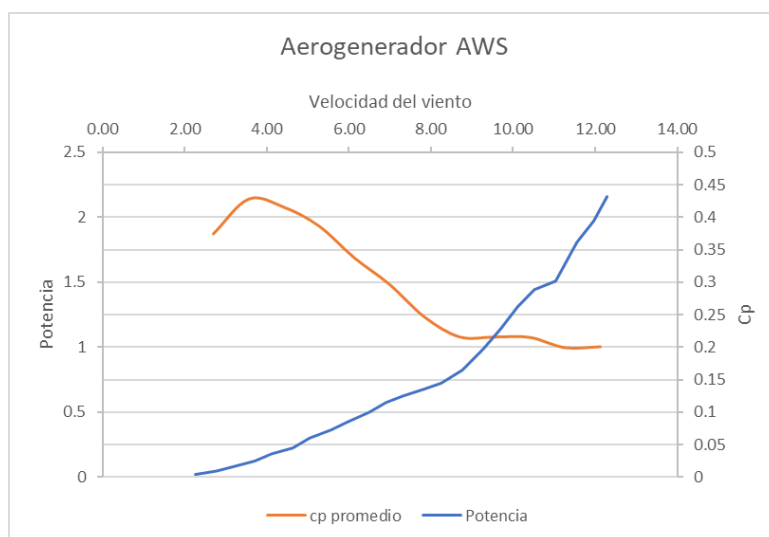
Se propone el aerogenerador AWS 1.5kW, el cual cuenta con una torre de 12m, mediante los datos dados por el fabricante, mostrados en la ilustración 18, se calculará la energía anual producida por este.

Ilustración 17 Aerogenerador AWS -HC 1,5kW



Fuente [27]

Gráficas 9 Curva de Potencia del aerogenerador AWS 1,5kW



Fuente [27]

Para ello se necesita de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{C_p \rho A V^3}{2}$$

Donde:

P: pot. de turbina

C_p : coefic. de pot.

ρ : den. del aire (1.255 Kg/m^3)

A: área de barrido de la turbina eólica

V: v. del viento

De este modo, se obtiene la siguiente tabla (ver tabla completa en Anexo N°02):

Tabla 9 Energía Suministrada por la turbina

Velocidad (m/s)	Horas	Cp	Potencia (kW)	Energía (kWh)
2,71	48,590	0,3746	0,0430	0,2091
2,71	48,590	0,3746	0,0430	0,2091
2,77	54,569	0,3746	0,0460	0,2508
2,84	62,208	0,3746	0,0495	0,3081
2,91	70,587	0,3746	0,0533	0,3761
2,95	75,715	0,3746	0,0555	0,4203
2,97	78,373	0,3746	0,0567	0,4440
3,01	83,875	0,3746	0,0590	0,4946
3,03	86,720	0,3746	0,0602	0,5217
3,04	88,166	0,3746	0,0608	0,5356
...
			TOTAL	1360,01

Fuente: realizado por el autor

Con estos valores se obtuvo la energía anual adquirida por la turbina en un año, cuyo valor es 1360,01 kWh, por ende, el promedio diario de energía suministrada es igual a 3,73 kWh/día.

- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

A. Paneles fotovoltaicos

Para calcular el sist. Fotovol. se requiere tener presente las pérdidas en todo el sistema, siendo relevante hallar el rendimiento global del sistema mediante las siguientes fórmulas:

$$E_{carga} = F \times E_{sistema}$$

$$F = 1 - \frac{f_a \times N}{P_d} - f_b - f_i - f_j$$

Donde:

f_a : fracción de energía perdida por auto descarga = 0,005

f_b : factor de pérdidas por eficiencia de batería = 0,05

f_i : factor de pérdidas por eficiencia del inversor = 0,15

f_j : factor de pérd global por calentamiento, fricc, cableado, conexiones, etc
= 0,05

P_d : profundidad de descarga máxima de las baterías = 0,723

N : Días de autonomía = 1

Entonces,

$$F = 1 - \frac{0,005 \times 1}{0,7} - 0,05 - 0,15 - 0,05$$

$$F = 0.74$$

Por lo tanto, la energía necesaria para el sistema,

$$E_{sistema} = \frac{E_{carga}}{0,74} = \frac{5,13}{0,74} = 6,93 \text{ kWh/día}$$

Y, la energía que necesita abastecer el sistema fotovoltaico es:

$$E_{sistema} = E_{eólico} + E_{fotovoltaico}$$

$$6,93 \text{ kWh/día} = 3,73 \text{ kWh/día} + E_{fotovoltaico}$$

$$E_{fotovoltaico} = 3,20 \text{ kWh/día}$$

Se propone los paneles solares marca Jinko Eagle PERC60 300Wp, cuyo número de paneles se encuentra con la siguiente ecuación:

$$E_{fotovoltaica} = N \times P \times HSP$$

Donde N es el número de paneles, P la potencia del panel y HSP es la hora solar pico mínima.

$$3,20 \text{ kWh/día} = N \times 300 \text{ Wp} \times 4,41 \text{ kW/m}^2 - \text{día}$$

$$\therefore N = 2.42 \sim 3 \text{ paneles}$$

El número de paneles requeridos para el sist. Fotovol. son 3, sin embargo, se debe calcular la distribución de ellos respecto al voltaje de trabajo, cuyo valor es 24V.

$$N_{serie} = \frac{V_{panel}}{V_{trabajo}} = \frac{12V}{24V} = 2 \text{ paneles}$$

$$N_{paralelo} = \frac{N_{paneles}}{N_{serie}} = 3/2 = 1,5 \sim 2 \text{ paneles}$$

Ilustración 18 Paneles Solares Jinko Eagle PERC60 300W



Fuente [28]

Se observa que se necesitaran 4 paneles Jinko Eagle PERC60 300Wp, que suministrará:

$$E_{fotovoltaico,dia} = HSP \times N \times P_{panel}$$

$$E_{fotovoltaico,dia} = 4,41kW/m^2 - dia \times 4 \times 0,3kW$$

$$E_{fotovoltaico,dia} = 5,29 kWh/dia$$

Entonces, la energía diaria suministrada por el sistema híbrido eólico-fotovoltaico es,

$$E_{sistema} = E_{eólico} + E_{fotovoltaico}$$

$$E_{sistema} = 3,73kWh/dia + 5,29 kWh/dia$$

$$E_{sistema} = 9,02kWh/dia$$

La energía suministrada será de 9,02 kWh/día, cuyo valor es superior a 6,93kWh/día necesario para cumplir con la demanda.

B. Regulador Solar

El controlador se selecciona de acuerdo a la corriente máxima que este puede tolerar. Para ello, se utilizará la siguiente ecuación:

$$I_{controlador} = 1,25 \times I_{cc} \times N$$

Donde I_{cc} es la corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos y N el número de paneles del sistema. Entonces,

$$I_{\text{controlador}} = 1,25 \times 9,72 \times 4 = 48,6 \text{ A}$$

Por lo tanto, se propone el regulador Must Solar PC1500B-50-60 de 50A.

Ilustración 19 Regulador Must Solar PC1500B-50-60 de 50A



Fuente. [27]

C. Inversor

Para encontrar un inversor para el sistema, se opera la ecuación:

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{\text{Maxima demanda}}{\text{rendimiento del inversor}}$$

Tomando un rendimiento igual a 0,9:

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{1,47 \text{ kW}}{0,9} = 1,63 \text{ kW}$$

Por lo tanto, el inversor a seleccionar es Studer AJ 2400-24, con una potencia de 2kW con un rendimiento igual a 0,96. Recalculando,

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{1,47 \text{ kW}}{0,96} = 1,53 \text{ kW}$$

Obtenemos que 2 kW son suficientes para el sistema hibrido fotovoltaico.

Ilustración 20 Inversor Studer AJ 2400-24



Fuente. [28]

D. Banco de baterías

El banco de baterías debe cumplir con las necesidades del sistema, por lo tanto, se debe calcular su capacidad mínima mediante la siguiente fórmula:

$$C_T = \frac{N_d \times E_{total}}{P_{D,max} \times V_W}$$

Donde:

C_T : capacidad mínima [Ah]

N_D : Autonomía expresada en días

E_{total} : Total de energía eléctrica por día [Wh/día]

$P_{D,max}$: profundidad máxima de descarga

V_W : Voltaje del sist.

Entonces,

$$C_T = \frac{1 \times 5130}{0,723 \times 24}$$

$$C_T = 295,64Ah$$

Para cubrir la necesidad de capacidad, se propondrán 2 tipos: PowerSafe SBS 100F y BAE 12V 3 PVS 210. Se realizó el procedimiento de cálculo de número de baterías y disposición para las PowerSafe. De este modo, el número de baterías en serie:

$$N_{s,b} = \frac{V_W}{V_b} = \frac{24}{12} = 2$$

Y el número de baterías en paralelo:

$$N_{p,b} = \frac{C_T}{C_b} = \frac{295,64}{116} = 2,54 \approx 3$$

Realizando el mismo cálculo para las BAE se muestra en la tabla 10 la comparación entre la capacidad y costo de ambas baterías. En primera instancia se observa que el costo por Ah es un poco mayor en la batería PowerSafe, sin embargo, se debe tomar en cuenta las unidades requeridas para suplir la necesidad del sistema; pues con ello se mostrará una gran diferencia económica entre ambas, cuyo valor es igual a S/.3750,26.

Tabla 10 Comparación de baterías

Batería	Capacidad (Ah)	Costo (S/.)	Cantidad (und)	Total (S/.)
PowerSafe SBS 100F	116	1915,03	6	11490,18
BAE 12V 3 PVS 210	201	3810,11	4	15240,44

Fuente: realizado por el autor

Por lo tanto, se optó por seleccionar 6 baterías PowerSafe SBS 100F.

Ilustración 21 Batería PowerSafe SBS 100F



Fuente [29]

E. Selección de conductores eléctricos

Los conductores a seleccionar serán los siguientes:

Tabla 11 Tramos para cálculo de sección de conductores eléctricos.

Tramos
Generador fotovoltaico - regulador
Regulador solar - inversor
Regulador eólico - inversor
Batería - regulador solar
Batería - regulador eólico

Fuente: realizado por el autor

Estos serán de tipo unipolares N2XOH, con una caída de tensión permisible de 2,5% para el tramo generador fotovoltaico – regulador y de 1,5% para los demás tramos. Debido a la naturaleza continua de la corriente se utilizó la siguiente expresión para calcular la sección de conductores eléctricos:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

i. Generador fotovoltaico – regulador

Conociendo el valor de la corriente al regulador (48,6A):

$$S = \frac{2 \times 10 \times 48,6}{56 \times 0,6} = 28,93 \text{mm}^2$$

Por lo tanto, la sección es de 35mm².

ii. Regulador solar – inversor

Con ayuda del software, se obtiene un pico máximo de potencia igual a 907W, este valor será usado para calcular la sección del conductor de este tramo.

$$I_d = \frac{1,25 \times P}{V_W \times \eta}$$

Donde P es la potencia de la carga máxima suministrada (según HOMER), V_W , voltaje de trabajo y η , la eficiencia del inversor. Entonces,

$$I_d = \frac{1,25 \times 907}{24 \times 0,96} = 49,21 \text{A}$$

$$S = \frac{2 \times 5 \times 49,21}{56 \times 0,36} = 24,41 \text{mm}^2$$

Por lo tanto, el conductor tiene una sección igual a 25mm².

iii. Regulador eólico – inversor

Con ayuda del software, se obtiene un pico máximo de potencia igual a 2160W, este valor será usado para calcular la sección del conductor de este tramo.

$$I_d = \frac{1,25 \times P}{V_W \times \eta}$$

Entonces,

$$I_d = \frac{1,25 \times 2160}{24 \times 0,96} = 117,19A$$

$$S = \frac{2 \times 5 \times 117,19}{56 \times 0,36} = 58,13 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, el conductor tiene una sección igual a 70mm².

iv. Batería - regulador solar

Para este tramo se considera la potencia de 907W, por ende, una corriente igual a 49,21 A.

$$S = \frac{2 \times 4 \times 49,21}{56 \times 0,36} = 19,53 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, el conductor tiene una sección igual a 25mm².

v. Batería - regulador eólico

Para este tramo se considera la potencia de 2160W, por ende, una corriente igual a 117,19A.

$$S = \frac{2 \times 4 \times 117,19}{56 \times 0,36} = 46,50 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, el conductor tiene una sección igual a 50mm².

La tabla 12, evidencia el resumen de los cálculos anteriores.

Tabla 12 Resumen de sección de conductores.

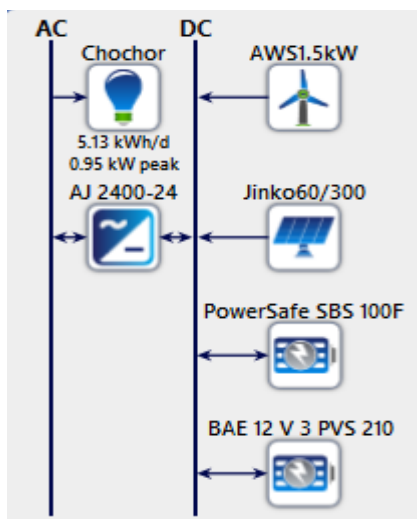
Tramos	Potencia	Id	Long.	% ΔV	Sección (mm ²)	Sección comercial (mm ²)
Generador fotovoltaico - regulador	-	48,6	10	2,5%	28,93	35
Regulador solar - inversor	907	49,21	5	1,5%	24,41	25
Regulador eólico - inversor	2160	117,19	5	1,5%	58,13	70
Baterías - regulador solar	907	49,21	4	1,5%	19,53	25
Baterías - regulador eólico	2160	117,19	4	1,5%	46,50	50

Fuente: realizado por el autor

4.2. Dimensionamiento con el software Homer

Con fines de comparación y muestreo de data más extensa y precisa se hace uso del software HOMER. Teniendo en cuenta los datos previamente calculados y dispositivos seleccionados, se observa en la ilustración 23 el diagrama unifilar del sistema eléctrico según HOMER.

Ilustración 22 Diagrama unifilar en HOMER



Fuente HOMER

Por otro lado, HOMER realiza el cálculo de la máxima demanda, el factor de carga y la energía promedio diaria mínima y máxima (Tabla 11).

Tabla 13 Carga Eléctrica HOMER

Metric	Baseline	Scaled
Average (kWh/day)	11.26	5.13
Average(kW)	.47	.21
Peak (kW)	2.09	.95
Load factor	.22	.22

Fuente HOMER

Luego de calcular todo el sistema con HOMER, se observan los resultados optimizados en la tabla 12. Para discernir entre ellas, se debe tomar en cuenta el costo de la energía por kWh para todas las opciones, si se busca beneficiar a la población; cabe recalcar que los costos de adquisición y operación están asociados a este valor y es solo referencial para comparar las opciones. Por ende, la opción 1 es la más adecuada, además de tener un COE (Cost of energy) más bajo para una producción mucho mayor de energía.

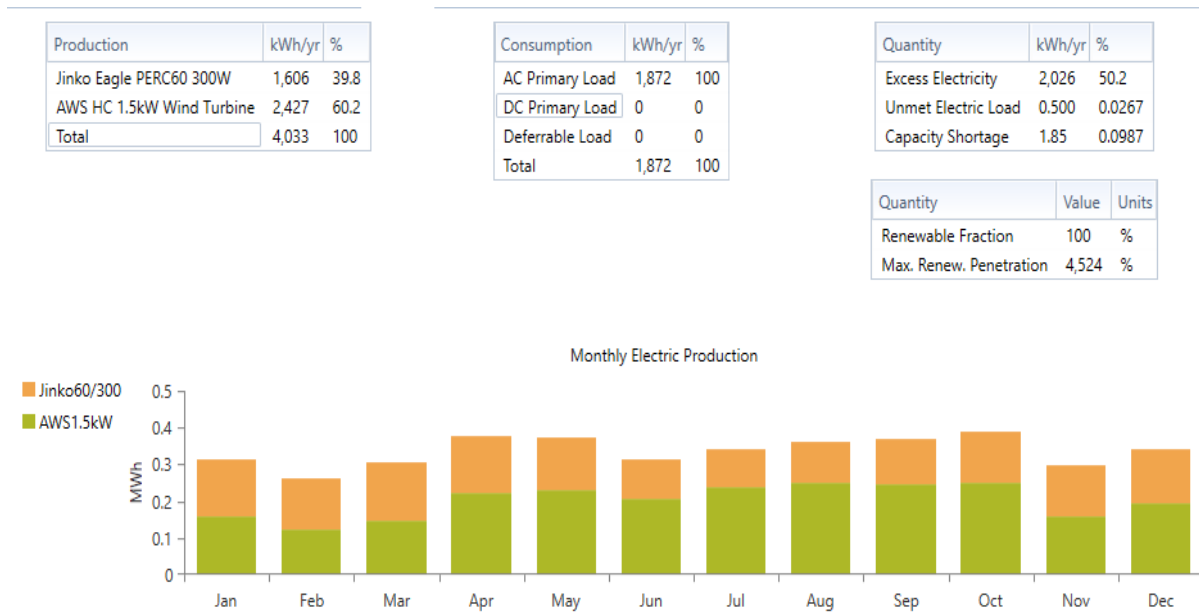
Tabla 14 Resultado de optimización de HOMER

Architecture									Cost			System	
Jinko60/300 (kW)	AWS1.5kW	PowerSafe SBS 100F	BAE 12 V 3 PVS 210	AJ 2400-24 (kW)	Dispatch	NPC (S/)	COE (S/)	Operating cost (S/yr)	Initial capital (S/)	Ren Frac (%)	Elec Prod (kWh/yr)		
0.951	1	6		0.841	CC	S/73,235	S/1.77	S/581.67	S/60,402	100	4,033		
0.847	1		4	0.846	CC	S/74,803	S/1.81	S/488.52	S/64,025	100	3,858		
	1		61	0.844	CC	S/289,983	S/7.02	S/458.69	S/279,863	100	2,427		

Fuente HOMER

En la ilustración 23 se observa que el aerogenerador proporciona el 60.2 % de la energía total anual, mientras que los paneles solares el 39.8%. Sin embargo, se observa que en los meses de verano (enero, febrero y marzo), ambos abastecen aproximadamente el 50% de la energía. También, se cuenta con una reserva del 50% en la producción de energía, y pérdidas menores al 0.03%.

Ilustración 23 Comportamiento eléctrico del sistema híbrido eólico fotovoltaico - HOMER



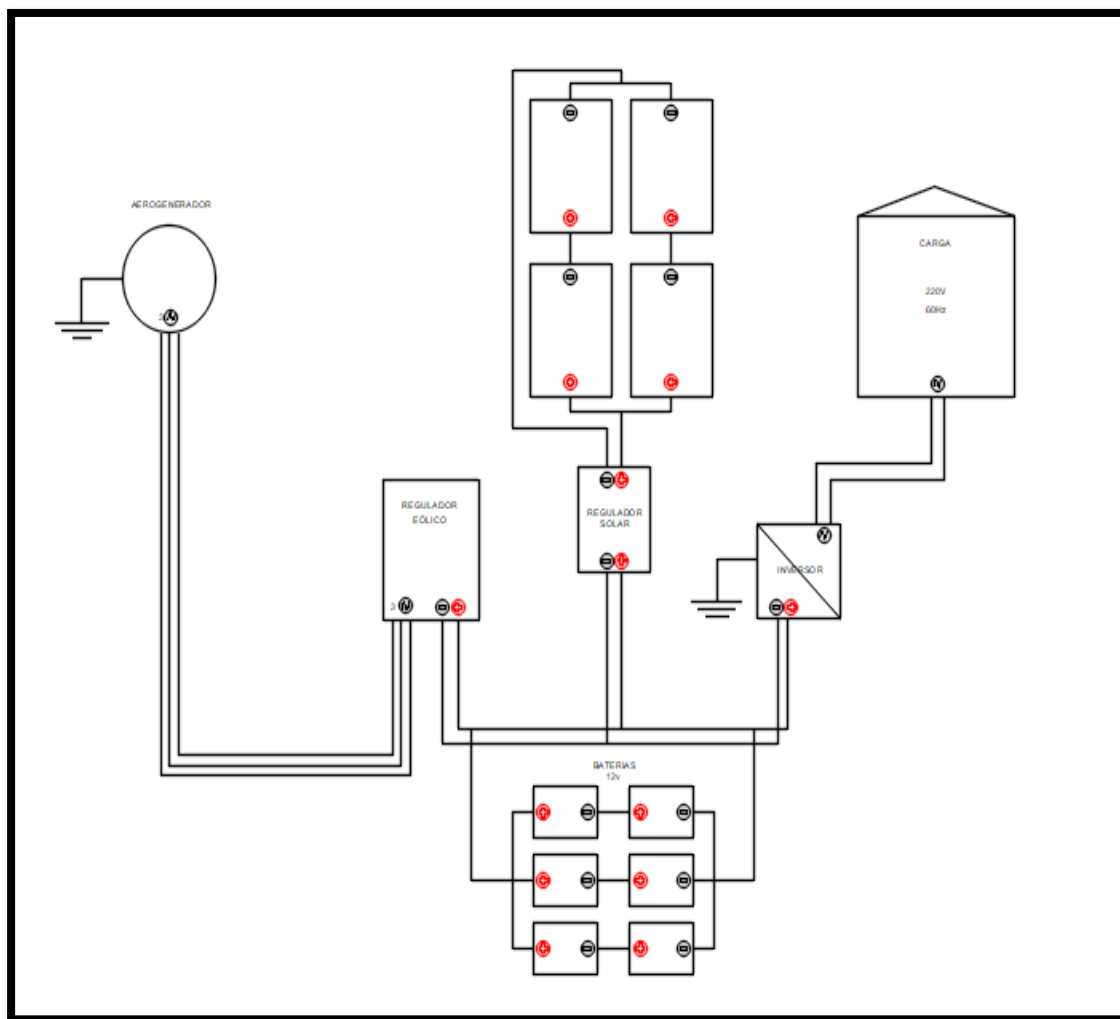
Fuente HOMER.

Después de validar el cálculo manual con uno computarizado, el sistema híbrido eólico fotovoltaico queda complementado por:

- 1 aerogenerador AWS HC 1.5kW
- 4 paneles fotovoltaicos Jinko Eagle PER60 300W
- 1 regulador solar Must Solar PC1500B-50-60 de 50A
- 6 baterías PowerSafe SBS 100F
- 1 inversor Studer AJ 2400-24

La ilustración 24 evidencia el diagrama unifilar del sist. eólico - solar aislado con mayor detalle.

Ilustración 24 Diagrama de conexión del sistema híbrido eólico fotovoltaico.



Fuente: realizado por el autor

5. Análisis Económico y viabilidad del proyecto

5.1. Balance de oferta y demanda

El balance de oferta y demanda energética permite evaluar si el sistema híbrido diseñado satisface la demanda eléctrica del caserío Chochor, Mórrope, a lo largo de 20 años. Se utilizaron datos proporcionados por el software HOMER para estimar la generación anual del sistema.

- Estimación de la demanda energética.

Según el diagnóstico energético del caserío, se estimó que las 13 viviendas en conjunto consumen un promedio de:

Demanda diaria: 5.13 kWh/día

Demanda Anual: 5.13 kWh/día * 365 día/año = 1 872.45 kWh/año.

- Oferta energética del sistema híbrido

Generación solar anual: 1 930.85 kWh

Generación eólica anual: 1 361.45 kWh

Generación anual total: 3 292.30 kWh/año

- Balance de oferta y demanda.

Tabla 15 Excedente energético anual

Concepto	Valor (kWh/año)
Demanda total	1,872.45
Generación solar	1,930.85
Generación eólica	1,361.45
Generación total	3,292.30
Excedente energético	1,419.85

Fuente: realizado por el autor

- Análisis del balance

El sistema híbrido genera un excedente energético de aproximadamente 1,420 kWh/año, lo que representa una cobertura del 176% de la demanda actual. Esto indica que el sistema no solo cubre completamente la demanda del caserío, sino que también tiene un margen de seguridad para:

1. Posible aumento del consumo a lo largo del tiempo (por ejemplo, adquisición de nuevos electrodomésticos).
2. Incorporación de nuevas viviendas o servicios comunales (iluminación pública, refrigeración comunal, etc.).
3. Compensar periodos de menor generación (días nublados, estacionalidad del viento).

- Proyección a 20 años

Considerando un crecimiento de la demanda del 2% anual, se ha elaborado la tabla 16 que permite estimar si el sistema seguirá siendo suficiente a lo largo de su vida útil.

Tabla 16 Balance energético con 2% de crecimiento anual de la demanda

Año	Demanda proyectada (kWh)	Generación disponible (kWh)	Diferencia (kWh)	Situación
1	1872.45	3292.3	1419.85	Excedente
2	1909.9	3292.3	1382.4	Excedente
3	1948.1	3292.3	1344.2	Excedente
4	1987.06	3292.3	1305.24	Excedente
5	2026.8	3292.3	1265.5	Excedente
6	2067.34	3292.3	1224.96	Excedente
7	2108.68	3292.3	1183.62	Excedente
8	2150.86	3292.3	1141.44	Excedente
9	2193.87	3292.3	1098.43	Excedente
10	2237.75	3292.3	1054.55	Excedente
11	2282.51	3292.3	1009.79	Excedente
12	2328.16	3292.3	964.14	Excedente
13	2374.72	3292.3	917.58	Excedente
14	2422.21	3292.3	870.09	Excedente
15	2470.66	3292.3	821.64	Excedente
16	2520.07	3292.3	772.23	Excedente
17	2570.47	3292.3	721.83	Excedente
18	2621.88	3292.3	670.42	Excedente
19	2674.32	3292.3	617.98	Excedente
20	2727.81	3292.3	564.49	Excedente

Fuente: realizado por el autor

El análisis evidencia que el sistema híbrido planteado es capaz de cubrir de manera eficiente y sostenible la demanda energética presente y futura del caserío Chochor durante los próximos 20 años. Esto garantiza confiabilidad en el suministro eléctrico, incluso ante variaciones de consumo o condiciones climáticas adversas.

5.2. Presupuesto del Proyecto

En la tabla 17 se detalla los costos de materiales, costos directos y totales del sistema híbrido eólico fotovoltaico, cuyo valor total es igual a S/.95,069.43 nuevos soles.

Tabla 17 Presupuesto del sistema híbrido eólico fotovoltaico

Ítem	Descripción	Cantidad	PU	Costo
1 Suministro de materiales				S/ 63.622,64
1.01	Aerogenerador AWS 1,5 kW + regulador eólico + torre de 12m	1	S/ 42.241,19	S/ 42.241,19
1.02	Paneles solares Jinko Eagle PER60 300W	4	S/ 468,14	S/ 1.872,56
1.03	Estructura 4 Paneles 144c 15° Inclinada Falcat	1	S/ 671,99	S/ 671,99
1.04	Regulador Must solar PC1500B-50-60	1	S/ 178,75	S/ 178,75
1.05	Baterías PowerSafe SBS 100F	6	S/ 1.915,03	S/ 11.490,18
1.06	Inversor Studer AJ 2400-24	1	S/ 6.167,97	S/ 6.167,97
1.07	Conductores y accesorios	1	S/ 1.000,00	S/ 1.000,00
2 Flete, instalación y montaje				S/ 6.435,89
SUB TOTAL				S/ 70.058,53
GASTOS GENERALES (10%)				S/ 7.005,85
UTILIDADES (5%)				S/ 3.502,93
GASTO TOTAL				S/ 80.567,31
IGV				S/ 14.502,12
COSTO TOTAL + IGV				S/ 95.069,43

Fuente: realizado por el autor

5.3. Costos de mantenimiento y reposición de equipos

El presupuesto de mantenimiento y reposición de equipos se calculó teniendo en cuenta el valor de la inversión total y también el tiempo de vida útil del proyecto, el cual es de 20 años. El costo de mantenimiento será el 2.5% de la inversión total, siendo este S/.2,376.74 nuevos soles. Y habrá un cambio de equipos después de 10 años, en el cual se realizará un gasto de S/.15,978.96 nuevos soles. En la tabla 18 se detallan los costos por cambio de equipos.

Tabla 18 Presupuesto por cambio de equipos

CAMBIO DE EQUIPOS						
Ítem	Descripción	10 Años	Cantidad	PU	Costo	10 Años
1 Suministro de materiales						S/ 13,541.49
1.01	Aerogenerador AWS 1,5 kW + regulador eólico + torre de 12m	NO	0	S/ 42,241.19	S/ 0.00	S/ 0.00
1.02	Paneles solares Jinko Eagle PER60 300W	SI	4	S/ 468.14	S/ 1,872.56	S/ 1,872.56
1.03	Estructura 4 Paneles 144c 15° Inclinada Falcat	NO	0	S/ 671.99	S/ 0.00	S/ 0.00
1.04	Regulador Must solar PC1500B-50-60	SI	1	S/ 178.75	S/ 178.75	S/ 178.75
1.05	Baterías PowerSafe SBS 100F	SI	6	S/ 1,915.03	S/ 11,490.18	S/ 11,490.18
1.06	Inversor Studer AJ 2400-24	NO	0	S/ 6,167.97	S/ 0.00	S/ 0.00
1.07	Conductores y accesorios	NO	0	S/ 1,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00
SUB TOTAL						S/ 13,541.49
IGV						S/ 2,437.47
COSTO TOTAL + IGV						S/ 15,978.96

Fuente: realizado por el autor

5.4. Cálculo de costo nivelado de energía (LCOE)

Para la estimación del costo de kW generado se usó la fórmula del LCOE que sirve para establecer el precio por kWh generado por el sistema híbrido.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

t = vida útil del proyecto (20 años)

i = Inversión inicial del proyecto (S/.95,069.43)

Mt = Costo de mantenimiento y reposición de equipos (S/.15,978.96)

E = Energía generada anual (3292.3kWh)

r = tasa de descuento (12%)

Tabla 19 Cálculo de costo nivelado de energía (LCOE)

AÑO	$\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$	$\sum_{t=0}^T \frac{E_t}{(1+r)^t}$
0	S/ 95,069.43	S/ 3,292.30
1	S/ 2,122.09	S/ 2,939.55
2	S/ 1,894.72	S/ 2,624.60
3	S/ 1,691.71	S/ 2,343.39
4	S/ 1,510.46	S/ 2,092.32
5	S/ 1,348.62	S/ 1,868.14
6	S/ 1,204.13	S/ 1,667.98
7	S/ 1,075.11	S/ 1,489.27
8	S/ 959.92	S/ 1,329.70
9	S/ 857.07	S/ 1,187.24
10	S/ 765.25	S/ 1,060.03
11	S/ 683.25	S/ 946.46
12	S/ 610.05	S/ 845.05
13	S/ 544.69	S/ 754.51
14	S/ 486.33	S/ 673.67
15	S/ 434.22	S/ 601.49
16	S/ 387.70	S/ 537.05
17	S/ 346.16	S/ 479.50
18	S/ 309.07	S/ 428.13
19	S/ 275.96	S/ 382.26
20	S/ 246.39	S/ 341.30
SUMA	S/ 112,822.32	S/ 27,883.95
LCOE	S/ 5.46	

Fuente: realizado por el autor

El costo nivelado de energía (LCOE) será aproximadamente S/. 5.46 nuevos soles. Teniendo en cuenta la energía generada de manera diaria que son 9.02 kWh, se calcula el ingreso anual de del sistema híbrido el cual tendrá un valor de S/ 17,983.49 nuevos soles.

5.5. Valorización del proyecto VAN y TIR

- Para realizar el cálculo manual del VAN se deben tener en cuenta las siguientes variables.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

FC_t = Flujo de caja Neto (ingresos – egresos)

r = tasa de descuento (12%)

I_0 = Inversión inicial (S/.95,069.43)

t = vida útil del proyecto (20 años)

Tabla 20 Cálculo manual de VAN

AÑO	INVERSIÓN	FLUJO NETO ANUAL	VAN
0	-S/ 95,069.43	S/ 15,606.75	S/ -
1		S/ 15,606.75	S/ 13,934.60
2		S/ 15,606.75	S/ 12,441.61
3		S/ 15,606.75	S/ 11,108.58
4		S/ 15,606.75	S/ 9,918.37
5		S/ 15,606.75	S/ 8,855.69
6		S/ 15,606.75	S/ 7,906.87
7		S/ 15,606.75	S/ 7,059.70
8		S/ 15,606.75	S/ 6,303.31
9		S/ 15,606.75	S/ 5,627.95
10		-S/ 372.21	-S/ 119.84
11		S/ 15,606.75	S/ 4,486.57
12		S/ 15,606.75	S/ 4,005.86
13		S/ 15,606.75	S/ 3,576.66
14		S/ 15,606.75	S/ 3,193.45
15		S/ 15,606.75	S/ 2,851.30
16		S/ 15,606.75	S/ 2,545.80
17		S/ 15,606.75	S/ 2,273.04
18		S/ 15,606.75	S/ 2,029.50
19		S/ 15,606.75	S/ 1,812.05
20		S/ 15,606.75	S/ 1,617.90
VAN			S/ 16,359.53

Fuente: realizado por el autor

➤ Cálculo del VAN y TIR con fórmula de Excel

Tabla 21 Data para cálculo de VAN en Excel

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
EGRESOS	-S/ 95,069.43	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74
INVERSIÓN	-S/ 95,069.43									
REPOSICIÓN DE EQUIPOS										
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74
INGRESOS		S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49
VENTA DE ENERGÍA		S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49
BENEFICIO	-S/ 95,069.43	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-S/ 18,355.69	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74
-S/ 15,978.96										
-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74	-S/ 2,376.74
S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49
S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49	S/ 17,983.49
-S/ 372.21	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75	S/ 15,606.75

Fuente: realizado por el autor

Tabla 22 Resultado VAN y TIR

VAN	S/ 16,359.53
TIR	17%

Fuente: realizado por el autor

Los resultados del VAN y TIR obtenidos después de realizar la valorización del proyecto son: S/. 16,359.53 nuevos soles y 17% respectivamente, Esto evidencia que el proyecto resulta rentable en un horizonte de 20 años con una tasa del 12%, periodo en el cual se logra recuperar la inversión inicial y obtener beneficios.

5.6. Análisis del periodo de recuperación de la inversión.

Como parte de la evaluación económica del proyecto, se realizó un análisis del periodo de recuperación de la inversión con el objetivo de identificar en qué momento la inversión inicial de S/ 95,069.43 nuevos soles sería completamente recuperada a través de las ganancias netas anuales generadas por el proyecto.

Mediante el seguimiento del flujo de caja acumulado año tras año, se determinó que la inversión fue recuperada en el año 7, es decir, a partir de ese momento el proyecto comenzó a generar beneficios netos. Este resultado demuestra que el proyecto alcanza su punto de equilibrio en un plazo razonable dentro de su ciclo de vida de 20 años. Al final dicho ciclo, el proyecto alcanza una ganancia acumulada superior a los S/ 200,000.00 nuevos soles, lo que refleja una rentabilidad significativa y valida la viabilidad financiera de la inversión realizada.

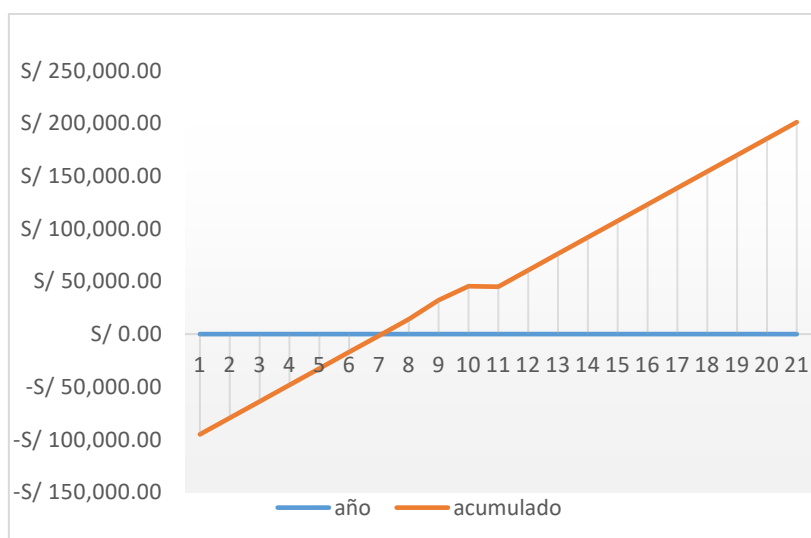
Tabla 23 Análisis del periodo de recuperación de la inversión.

Año	Ingreso Anual (S/)	Gasto Anual (S/)	Flujo Neto Anual (S/)	Acumulado (S/)
0	S/ -	S/ 95,069.43	-S/ 95,069.43	-S/ 95,069.43
1	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 79,462.68
2	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 63,855.93
3	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 48,249.17
4	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 32,642.42
5	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 17,035.67
6	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	-S/ 1,428.92
7	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 14,177.84
8	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 29,784.59
9	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 45,391.34
10	S/ 17,983.49	-S/ 18,355.69	-S/ 372.21	S/ 45,019.13
11	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 60,625.89
12	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 76,232.64
13	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 91,839.39
14	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 107,446.14
15	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 123,052.89
16	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 138,659.65
17	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 154,266.40
18	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 169,873.15
19	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 185,479.90
20	S/ 17,983.49	-S/ 2,376.74	S/ 15,606.75	S/ 201,086.65

Fuente: realizado por el autor

El análisis del flujo de caja acumulado evidencia que la inversión se recuperó en el año 7, comenzando desde entonces a generar ganancias. Al finalizar los 20 años de vida útil, el proyecto acumuló más de S/ 200,000.00 en beneficios, lo que confirma su rentabilidad y viabilidad financiera.

Ilustración 25 Monto de recupero - Año



Fuente: realizado por el autor

Conclusiones

1. La demanda máxima eléctrica del caserío Chochor situado en Mórrope, proyectada a 20 años, tiene un valor de 5,13 kWh para las 10 viviendas existentes y las 3 adicionales proyectadas.
2. Con la información obtenida de Power Data Access de la NASA y análisis estadístico, así como la regla de Sturges y distribución de Weibull, se estudió a profundidad la naturaleza del viento en la zona del caserío de Chochor; teniendo la certeza de un 60% de encontrar una velocidad de viento media de 4m/s, suficientes para el funcionamiento del aerogenerador propuesto.
3. Con la data brindada por la base de datos Power Data Access de la NASA y análisis estadístico, se estudió a profundidad la naturaleza del recurso solar en la zona del caserío de Chochor, donde se obtuvo como resultado una irradiancia mínima de 4,41 kWh/m² en todo el año, en el mes de agosto.
4. Se realizó el dimensionamiento y selección de componentes del sistema híbrido eólico fotovoltaico. Asimismo, se corroboró y complementó el cálculo mediante el dimensionamiento en el software HOMER. De este modo, el sistema híbrido estará constituido por un aerogenerador AWS de 1,5kW, 4 paneles fotovoltaicos Jinko Eagle PER60 300W, 1 regulador solar Must Solar PC1500B-50-60, 6 baterías PowerSafe SBS 100F y 1 inversor Studer AJ 2400-24. Se determinó que el sistema produce 3292.3 kWh al año.
5. La evaluación económica del proyecto demuestra su viabilidad financiera. Con una inversión inicial de S/ 95,069.43 y costos de mantenimiento anuales equivalentes al 2.5% de dicha inversión, el análisis contempla además un reemplazo de equipos a los 10 años por un valor de S/ 15,978.96. Los resultados obtenidos reflejan un Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/ 16,359.53 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 17%, la cual supera la tasa de descuento asumida del 12%. Esto indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que también genera un rendimiento atractivo. Por tanto, se concluye que la implementación del proyecto es rentable desde el punto de vista económico, lo que justifica su ejecución bajo las condiciones analizadas.

Recomendaciones

1. El clima es muy volátil, por lo que, se sugiere tomar medidas exactas de las velocidades del viento e irradiancia específicamente de la zona respecto al tiempo más actual posible.
2. Debido a que la generación esta dimensionada para una población dentro de 20 años, mucha energía no será consumida en un lapso de tiempo, por lo que puede tomarse esta investigación como base para un sistema hibrido eólico fotovoltaico On-grid, de modo que se defina una ubicación estratégica tanto para suministrar energía al caserío y enviar el resto de energía a la red pública.
3. Los precios expuestos pueden variar de proveedor a proveedor, así como la devaluación de la moneda, el tipo de cambio, etc. Por lo que para implementar este proyecto es necesario realizar un análisis económico minucioso con el fin de que el proyecto sea mucho más viable.
4. Ya que estos equipos deben estar protegidos de los efectos del ambiente, se debe realizar el diseño de una habitación para albergarlos.

Referencias

- [1] INEI, “Atlas de Desarrollo Humano,” [En línea]. Disponible: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [2] E. Velo García, “Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano,” Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2014.
- [3] E. De La Cruz Fernández, *Diseño de un sistema aislado utilizando el software HOMER para electrificar el caserío Santa Rosa de Tumar*, Tesis de licenciatura, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2019.
- [4] N. H. H. School, “Guía de Estudio de Física - Cuarto Medio,” Ñuñoa, 2019.
- [5] Electrostatica.com, “¿Qué es la electrostática? - Definición,” [En línea]. Disponible: <https://electrostatica.com/definicion-que-es-la-electrostatica/>. [Último acceso: 14 oct. 2022].
- [6] EcuRed, “Electrodinámica,” [En línea]. Disponible: <https://www.ecured.cu/Electrodin%C3%A1mica>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [7] Junta de Castilla y León, “Corriente eléctrica,” [En línea]. Disponible: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/corriente-electrica.html>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [8] Naciones Unidas, “¿Qué es la energía renovable?” [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [9] Md. R. Islam, *Renewable Energy and the Environment*, Singapore: Springer Nature, 2018.
- [10] IDEAM, “La radiación solar y su paso por la atmósfera,” [En línea]. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>. [Último acceso: 2022].
- [11] UNAM, “El potencial de radiación solar,” [En línea]. Disponible: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [12] Wikimedia Commons, “Green Mountain Wind Farm,” [En línea]. Disponible: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/GreenMountainWindFarm_Fluvanna_2004.jpg. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [13] M. Villarrubia, *Ingeniería de la Energía Eólica*, México: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
- [14] Omega Electric, “Sistema de suministro de electricidad,” [En línea]. Disponible: <https://transformadoressiosac.com/sistema-de-suministro-electrico/>. [Último acceso: 2022].
- [15] S. Escoda S.A., *Libro Blanco de las Energías Renovables*, Barcelona: Salvador Escoda S.A., 2017.

- [16] Cumbre de los Pueblos COP20, “Sistema híbrido,” [En línea]. Disponible: <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/sistema-hibrido/>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [17] R. L. González León, *Propuesta de un Sistema Híbrido Eólico - Fotovoltaico para el Hotel Santa Clara Libre*, Tesis de licenciatura, Univ. Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2019.
- [18] V. C. Herrera Barros, *Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico para la Generación de Energía Eléctrica*, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2011.
- [19] Acciona, “Aerogeneradores,” [En línea]. Disponible: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [20] J. Carta, R. Calero, A. Colmenar y M. Castro, *Centrales de Energías Renovables*, Madrid: Pearson Education, 2009.
- [21] E. Cruz, *Diseño y simulación del comportamiento de un sistema híbrido de potencia*, Tesis, Univ. de Piura, Perú, 2010.
- [22] W. Murillo, “La investigación científica,” [En línea]. Disponible: [faltan datos del enlace]. [Último acceso: 18 sep. 2022].
- [23] J. Lozada, “Investigación Aplicada,” *Dialnet*, vol. 3, no. 1, pp. 47–50, 2014.
- [24] R. A. Hernández Sampieri, *Metodología de la Investigación*, México: McGraw-Hill Interamericana, 2003.
- [25] Instituto Profesional, *Tipos de Investigación*, Colombia: Instituto de Educación Técnica Profesional, 2018.
- [26] J. B. Córdor Piarpuezán, *Selección y dimensionamiento óptimo de sistemas de alumbrado público*, Tesis, Univ. Politécnica Salesiana, Quito, 2018.
- [27] Wixstatic, “Documento técnico,” [En línea]. Disponible: https://docs.wixstatic.com/ugd/3830e3_1a870c7d65a14b5a93f8051320a75f94.pdf. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [28] ENF Solar, “Panel fotovoltaico,” [En línea]. Disponible: <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/33723>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [29] Must-Solar, “PC1500B,” [En línea]. Disponible: <https://www.must-solar.es/must-solar-pc1500b/>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [30] REBACAS, “Inversor Studer AJ 2400 24V,” [En línea]. Disponible: <https://www.rebacas.com/24-voltios/1247-inversor-studer-aj-2400-24v.html>. [Último acceso: 14 jul. 2025].

- [31] OSI Batteries, “Energys PowerSafe SBS 100F,” [En línea]. Disponible: <https://www.osibatteries.com/energys-powersafe-sbs-100f-battery-12v-100ah-front-term>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [32] D. E. Díaz Avello, *Factibilidad de un sistema híbrido de energías renovables solar y eólica para control de temperatura*, Tesis, Univ. Andrés Bello, 2018.
- [33] Y. Fernández Ribaya, E. Villicaña Ortiz y J. Xilberta Bernat, “Sistema híbrido solar-eólico con apoyo de gas natural para generar electricidad en Baja California Sur,” Univ. de Oviedo, 2008.
- [34] R. S. Delgadillo, *Análisis técnico y económico del potencial de generación eléctrica*, Bogotá, Colombia, 2018.
- [35] E. H. Salazar, *Prototipo de vivienda rural bioclimatizada utilizando energía solar para zonas frías en la región Puno*, Juliaca, Perú, 2018, p. 165.
- [36] J. R. Gonzales, *Diseño de una central fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío Nuevo Amanecer*, Chiclayo, 2018, p. 110.
- [37] AutoSolar, “Perú tiene la radiación solar más alta del mundo,” *Blog AutoSolar*, 14 sept. 2021. [En línea]. Disponible: <https://autosolar.pe/blog/actualidad-de-energia-solar/peru-radiacion-solar-mas-alta-de-todo-el-planeta>. [Último acceso: 25 sept. 2021].
- [38] Revista Minería y Energía, 24 jul. 2019. [En línea]. [Último acceso: 25 sept. 2021].
- [39] G. C. Rivera Vizcarra, *Diseño de una minicentral solar térmica de 200kVA para electrificación rural aislada*, Tesis, Univ. Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2018.
- [40] E. C. Leskow, “Concepto de energía eléctrica,” *Concepto.de*, 15 jul. 2021. [En línea]. Disponible: <https://concepto.de/energia-electrica/>. [Último acceso: 10 nov. 2021].
- [41] FAO, “La calidad del agua, un problema mundial,” [En línea]. Disponible: <https://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [42] Banco Mundial, “El agua en la agricultura,” 12 jul. 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [43] MIDAGRI, “Problemática en la sierra por prácticas agronómicas,” 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.midagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje/385-problematica>. [Último acceso: 14 jul. 2025].
- [44] I. Mendoza Uribe, *Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero*, Tesis, Univ. Autónoma de Yucatán, México, 2018.
- [45] Windpower Web, “Operación y mantenimiento de turbinas eólicas,” [En línea]. Disponible: <http://xn--drmrstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/econ/oandm.htm>. [Último acceso: 14 jul. 2025].

Anexos

Anexo N°01

Cuadro densidad de
probabilidad de Weibull para
velocidades de viento

Fecha	Velocidad (m/s)	Frecuencia Relativa Acumulativa	X [Ln(v)]	Y [Ln(Ln(1/(1-F(v))))]	Densidad de probabilidad P(v)	Distribución Acumulativa F(x)
4/02/2021	2,71	0,035714286	1,00	-3,31	0,096034566	4%
10/02/2021	2,71	0,035714286	1,00	-3,31	0,096034566	4%
4/01/2021	2,77	0,035714286	1,02	-3,31	0,107850223	5%
8/03/2021	2,84	0,035714286	1,04	-3,31	0,122948395	5%
28/02/2021	2,91	0,035714286	1,07	-3,31	0,139509589	6%
5/03/2021	2,95	0,035714286	1,08	-3,31	0,149644296	7%
27/02/2021	2,97	0,035714286	1,09	-3,31	0,154896447	7%
11/03/2021	3,01	0,035714286	1,10	-3,31	0,165771418	8%
12/03/2021	3,03	0,035714286	1,11	-3,31	0,171394157	8%
9/02/2021	3,04	0,035714286	1,11	-3,31	0,174251731	8%
3/03/2021	3,05	0,035714286	1,12	-3,31	0,177140034	9%
18/03/2021	3,06	0,035714286	1,12	-3,31	0,180058996	9%
5/01/2021	3,09	0,035714286	1,13	-3,31	0,188998921	9%
6/01/2021	3,12	0,156593407	1,14	-1,77	0,198210919	10%
15/01/2021	3,12	0,156593407	1,14	-1,77	0,198210919	10%
17/01/2021	3,12	0,156593407	1,14	-1,77	0,198210919	10%
18/01/2021	3,12	0,156593407	1,14	-1,77	0,198210919	10%
16/03/2021	3,12	0,156593407	1,14	-1,77	0,198210919	10%
16/01/2021	3,14	0,156593407	1,14	-1,77	0,204501386	10%
2/03/2021	3,14	0,156593407	1,14	-1,77	0,204501386	10%
9/03/2021	3,16	0,156593407	1,15	-1,77	0,210909394	11%
19/03/2021	3,16	0,156593407	1,15	-1,77	0,210909394	11%
22/02/2021	3,18	0,156593407	1,16	-1,77	0,21743314	11%
14/03/2021	3,19	0,156593407	1,16	-1,77	0,220737778	11%
5/02/2021	3,22	0,156593407	1,17	-1,77	0,230819278	12%
1/01/2021	3,23	0,156593407	1,17	-1,77	0,23423457	12%
1/03/2021	3,24	0,156593407	1,18	-1,77	0,237676675	13%
29/01/2021	3,28	0,156593407	1,19	-1,77	0,25170539	13%
18/02/2021	3,3	0,156593407	1,19	-1,77	0,258869872	14%
14/02/2021	3,31	0,156593407	1,20	-1,77	0,262487987	14%
4/03/2021	3,31	0,156593407	1,20	-1,77	0,262487987	14%
21/02/2021	3,34	0,156593407	1,21	-1,77	0,27347951	15%
20/03/2021	3,34	0,156593407	1,21	-1,77	0,27347951	15%
22/12/2021	3,34	0,156593407	1,21	-1,77	0,27347951	15%
22/01/2021	3,36	0,156593407	1,21	-1,77	0,280915803	16%
21/11/2021	3,36	0,156593407	1,21	-1,77	0,280915803	16%
26/12/2021	3,38	0,156593407	1,22	-1,77	0,28843324	16%
27/12/2021	3,38	0,156593407	1,22	-1,77	0,28843324	16%
26/02/2021	3,39	0,156593407	1,22	-1,77	0,292220733	16%
3/11/2021	3,39	0,156593407	1,22	-1,77	0,292220733	16%
24/01/2021	3,4	0,156593407	1,22	-1,77	0,29602648	17%
13/03/2021	3,4	0,156593407	1,22	-1,77	0,29602648	17%
17/03/2021	3,4	0,156593407	1,22	-1,77	0,29602648	17%
26/11/2021	3,4	0,156593407	1,22	-1,77	0,29602648	17%
6/02/2021	3,41	0,156593407	1,23	-1,77	0,299849754	17%
15/02/2021	3,43	0,156593407	1,23	-1,77	0,307545857	18%

10/03/2021	3,43	0,156593407	1,23	-1,77	0,307545857	18%
3/05/2021	3,45	0,156593407	1,24	-1,77	0,315302741	18%
14/11/2021	3,45	0,156593407	1,24	-1,77	0,315302741	18%
28/01/2021	3,46	0,156593407	1,24	-1,77	0,3192019	19%
7/03/2021	3,46	0,156593407	1,24	-1,77	0,3192019	19%
4/11/2021	3,47	0,156593407	1,24	-1,77	0,323113711	19%
26/01/2021	3,48	0,156593407	1,25	-1,77	0,327037276	19%
23/03/2021	3,48	0,156593407	1,25	-1,77	0,327037276	19%
11/02/2021	3,49	0,156593407	1,25	-1,77	0,33097167	20%
3/01/2021	3,51	0,156593407	1,26	-1,77	0,338869113	20%
8/06/2021	3,51	0,156593407	1,26	-1,77	0,338869113	20%
30/10/2021	3,52	0,299450549	1,26	-1,03	0,342830185	21%
21/12/2021	3,54	0,299450549	1,26	-1,03	0,35077189	21%
6/03/2021	3,55	0,299450549	1,27	-1,03	0,354750391	22%
18/11/2021	3,55	0,299450549	1,27	-1,03	0,354750391	22%
19/02/2021	3,56	0,299450549	1,27	-1,03	0,358732524	22%
7/06/2021	3,56	0,299450549	1,27	-1,03	0,358732524	22%
23/01/2021	3,59	0,299450549	1,28	-1,03	0,370689283	23%
17/02/2021	3,59	0,299450549	1,28	-1,03	0,370689283	23%
25/02/2021	3,59	0,299450549	1,28	-1,03	0,370689283	23%
2/11/2021	3,59	0,299450549	1,28	-1,03	0,370689283	23%
11/11/2021	3,59	0,299450549	1,28	-1,03	0,370689283	23%
2/05/2021	3,61	0,299450549	1,28	-1,03	0,378657194	24%
20/11/2021	3,62	0,299450549	1,29	-1,03	0,382636468	24%
12/12/2021	3,62	0,299450549	1,29	-1,03	0,382636468	24%
25/01/2021	3,63	0,299450549	1,29	-1,03	0,386610916	25%
14/06/2021	3,63	0,299450549	1,29	-1,03	0,386610916	25%
19/01/2021	3,65	0,299450549	1,29	-1,03	0,394540066	25%
28/10/2021	3,66	0,299450549	1,30	-1,03	0,398492073	26%
10/11/2021	3,66	0,299450549	1,30	-1,03	0,398492073	26%
22/03/2021	3,67	0,299450549	1,30	-1,03	0,402433862	26%
15/03/2021	3,69	0,299450549	1,31	-1,03	0,410281129	27%
4/08/2021	3,7	0,299450549	1,31	-1,03	0,414183715	27%
1/11/2021	3,7	0,299450549	1,31	-1,03	0,414183715	27%
17/04/2021	3,71	0,299450549	1,31	-1,03	0,418070306	28%
18/04/2021	3,72	0,299450549	1,31	-1,03	0,421939396	28%
19/11/2021	3,72	0,299450549	1,31	-1,03	0,421939396	28%
27/11/2021	3,72	0,299450549	1,31	-1,03	0,421939396	28%
7/01/2021	3,73	0,299450549	1,32	-1,03	0,425789462	29%
20/02/2021	3,73	0,299450549	1,32	-1,03	0,425789462	29%
6/06/2021	3,73	0,299450549	1,32	-1,03	0,425789462	29%
23/12/2021	3,73	0,299450549	1,32	-1,03	0,425789462	29%
5/05/2021	3,74	0,299450549	1,32	-1,03	0,429618956	29%
15/11/2021	3,74	0,299450549	1,32	-1,03	0,429618956	29%
23/02/2021	3,77	0,299450549	1,33	-1,03	0,440968209	30%
10/04/2021	3,77	0,299450549	1,33	-1,03	0,440968209	30%
1/12/2021	3,77	0,299450549	1,33	-1,03	0,440968209	30%
2/06/2021	3,78	0,299450549	1,33	-1,03	0,444699517	31%
21/03/2021	3,8	0,299450549	1,34	-1,03	0,452074603	32%
4/05/2021	3,81	0,299450549	1,34	-1,03	0,455715027	32%

15/04/2021	3,84	0,299450549	1,35	-1,03	0,466427347	34%
31/10/2021	3,84	0,299450549	1,35	-1,03	0,466427347	34%
9/11/2021	3,84	0,299450549	1,35	-1,03	0,466427347	34%
29/12/2021	3,84	0,299450549	1,35	-1,03	0,466427347	34%
29/04/2021	3,86	0,299450549	1,35	-1,03	0,473377388	35%
9/01/2021	3,88	0,299450549	1,36	-1,03	0,480157744	35%
24/07/2021	3,88	0,299450549	1,36	-1,03	0,480157744	35%
19/04/2021	3,89	0,299450549	1,36	-1,03	0,483479816	36%
3/02/2021	3,9	0,299450549	1,36	-1,03	0,486754076	36%
27/03/2021	3,91	0,299450549	1,36	-1,03	0,489978707	37%
3/04/2021	3,91	0,299450549	1,36	-1,03	0,489978707	37%
20/12/2021	3,91	0,299450549	1,36	-1,03	0,489978707	37%
28/12/2021	3,91	0,299450549	1,36	-1,03	0,489978707	37%
29/09/2021	3,92	0,483516484	1,37	-0,41	0,493151885	37%
2/02/2021	3,93	0,483516484	1,37	-0,41	0,496271779	38%
16/02/2021	3,94	0,483516484	1,37	-0,41	0,499336553	38%
13/12/2021	3,94	0,483516484	1,37	-0,41	0,499336553	38%
23/11/2021	3,95	0,483516484	1,37	-0,41	0,502344366	39%
30/11/2021	3,96	0,483516484	1,38	-0,41	0,505293377	39%
9/12/2021	3,98	0,483516484	1,38	-0,41	0,511007613	40%
7/02/2021	3,99	0,483516484	1,38	-0,41	0,513769151	41%
25/07/2021	4	0,483516484	1,39	-0,41	0,516464514	41%
25/11/2021	4	0,483516484	1,39	-0,41	0,516464514	41%
20/07/2021	4,01	0,483516484	1,39	-0,41	0,519091867	42%
13/02/2021	4,02	0,483516484	1,39	-0,41	0,521649379	42%
24/03/2021	4,02	0,483516484	1,39	-0,41	0,521649379	42%
6/05/2021	4,03	0,483516484	1,39	-0,41	0,524135227	43%
12/11/2021	4,03	0,483516484	1,39	-0,41	0,524135227	43%
8/02/2021	4,04	0,483516484	1,40	-0,41	0,526547597	44%
22/11/2021	4,04	0,483516484	1,40	-0,41	0,526547597	44%
14/01/2021	4,05	0,483516484	1,40	-0,41	0,528884685	44%
12/02/2021	4,05	0,483516484	1,40	-0,41	0,528884685	44%
30/05/2021	4,05	0,483516484	1,40	-0,41	0,528884685	44%
25/12/2021	4,05	0,483516484	1,40	-0,41	0,528884685	44%
29/05/2021	4,06	0,483516484	1,40	-0,41	0,531144699	45%
11/07/2021	4,06	0,483516484	1,40	-0,41	0,531144699	45%
15/06/2021	4,07	0,483516484	1,40	-0,41	0,533325861	45%
21/01/2021	4,08	0,483516484	1,41	-0,41	0,535426409	46%
1/05/2021	4,08	0,483516484	1,41	-0,41	0,535426409	46%
22/06/2021	4,09	0,483516484	1,41	-0,41	0,537444596	46%
7/07/2021	4,09	0,483516484	1,41	-0,41	0,537444596	46%
26/10/2021	4,09	0,483516484	1,41	-0,41	0,537444596	46%
16/12/2021	4,09	0,483516484	1,41	-0,41	0,537444596	46%
27/01/2021	4,13	0,483516484	1,42	-0,41	0,544659519	48%
2/10/2021	4,13	0,483516484	1,42	-0,41	0,544659519	48%
25/10/2021	4,13	0,483516484	1,42	-0,41	0,544659519	48%
24/12/2021	4,13	0,483516484	1,42	-0,41	0,544659519	48%
8/01/2021	4,14	0,483516484	1,42	-0,41	0,546240437	49%
13/06/2021	4,14	0,483516484	1,42	-0,41	0,546240437	49%
11/12/2021	4,14	0,483516484	1,42	-0,41	0,546240437	49%

19/12/2021	4,15	0,483516484	1,42	-0,41	0,547728978	49%
27/09/2021	4,16	0,483516484	1,43	-0,41	0,549123566	50%
10/01/2021	4,17	0,483516484	1,43	-0,41	0,550422655	51%
11/01/2021	4,17	0,483516484	1,43	-0,41	0,550422655	51%
1/02/2021	4,17	0,483516484	1,43	-0,41	0,550422655	51%
30/04/2021	4,2	0,483516484	1,44	-0,41	0,553732	52%
28/05/2021	4,22	0,483516484	1,44	-0,41	0,555434018	53%
24/11/2021	4,22	0,483516484	1,44	-0,41	0,555434018	53%
27/04/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
3/06/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
17/06/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
30/09/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
6/12/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
14/12/2021	4,23	0,483516484	1,44	-0,41	0,556129691	54%
4/04/2021	4,24	0,483516484	1,44	-0,41	0,556720099	54%
28/04/2021	4,24	0,483516484	1,44	-0,41	0,556720099	54%
2/04/2021	4,25	0,483516484	1,45	-0,41	0,55720402	55%
12/05/2021	4,25	0,483516484	1,45	-0,41	0,55720402	55%
26/09/2021	4,27	0,483516484	1,45	-0,41	0,557847754	56%
31/12/2021	4,27	0,483516484	1,45	-0,41	0,557847754	56%
16/11/2021	4,28	0,483516484	1,45	-0,41	0,558005373	57%
16/04/2021	4,29	0,483516484	1,46	-0,41	0,558052121	57%
27/05/2021	4,3	0,483516484	1,46	-0,41	0,557987039	58%
26/06/2021	4,3	0,483516484	1,46	-0,41	0,557987039	58%
23/08/2021	4,3	0,483516484	1,46	-0,41	0,557987039	58%
10/09/2021	4,3	0,483516484	1,46	-0,41	0,557987039	58%
30/01/2021	4,31	0,483516484	1,46	-0,41	0,557809224	58%
1/09/2021	4,31	0,483516484	1,46	-0,41	0,557809224	58%
7/11/2021	4,31	0,483516484	1,46	-0,41	0,557809224	58%
4/07/2021	4,32	0,483516484	1,46	-0,41	0,557517837	59%
15/12/2021	4,33	0,692307692	1,47	0,16	0,557112097	59%
12/01/2021	4,34	0,692307692	1,47	0,16	0,556591288	60%
4/06/2021	4,34	0,692307692	1,47	0,16	0,556591288	60%
21/07/2021	4,34	0,692307692	1,47	0,16	0,556591288	60%
21/10/2021	4,34	0,692307692	1,47	0,16	0,556591288	60%
5/06/2021	4,35	0,692307692	1,47	0,16	0,555954761	61%
24/06/2021	4,35	0,692307692	1,47	0,16	0,555954761	61%
20/08/2021	4,37	0,692307692	1,47	0,16	0,554332285	62%
14/10/2021	4,37	0,692307692	1,47	0,16	0,554332285	62%
8/04/2021	4,38	0,692307692	1,48	0,16	0,553345377	62%
8/07/2021	4,38	0,692307692	1,48	0,16	0,553345377	62%
14/08/2021	4,38	0,692307692	1,48	0,16	0,553345377	62%
17/08/2021	4,38	0,692307692	1,48	0,16	0,553345377	62%
19/08/2021	4,38	0,692307692	1,48	0,16	0,553345377	62%
26/03/2021	4,39	0,692307692	1,48	0,16	0,552240834	63%
3/08/2021	4,39	0,692307692	1,48	0,16	0,552240834	63%
28/11/2021	4,39	0,692307692	1,48	0,16	0,552240834	63%
26/05/2021	4,41	0,692307692	1,48	0,16	0,54967772	64%
3/07/2021	4,41	0,692307692	1,48	0,16	0,54967772	64%
10/12/2021	4,41	0,692307692	1,48	0,16	0,54967772	64%

18/12/2021	4,41	0,692307692	1,48	0,16	0,54967772	64%
22/08/2021	4,42	0,692307692	1,49	0,16	0,548218776	64%
13/11/2021	4,42	0,692307692	1,49	0,16	0,548218776	64%
2/01/2021	4,43	0,692307692	1,49	0,16	0,546641452	65%
1/07/2021	4,43	0,692307692	1,49	0,16	0,546641452	65%
15/07/2021	4,44	0,692307692	1,49	0,16	0,544945755	66%
29/11/2021	4,44	0,692307692	1,49	0,16	0,544945755	66%
31/05/2021	4,45	0,692307692	1,49	0,16	0,543131773	66%
2/12/2021	4,45	0,692307692	1,49	0,16	0,543131773	66%
6/07/2021	4,46	0,692307692	1,50	0,16	0,541199673	67%
6/09/2021	4,46	0,692307692	1,50	0,16	0,541199673	67%
19/07/2021	4,47	0,692307692	1,50	0,16	0,539149705	67%
24/09/2021	4,47	0,692307692	1,50	0,16	0,539149705	67%
17/11/2021	4,47	0,692307692	1,50	0,16	0,539149705	67%
28/03/2021	4,48	0,692307692	1,50	0,16	0,536982202	68%
6/04/2021	4,48	0,692307692	1,50	0,16	0,536982202	68%
9/06/2021	4,48	0,692307692	1,50	0,16	0,536982202	68%
22/07/2021	4,48	0,692307692	1,50	0,16	0,536982202	68%
14/04/2021	4,51	0,692307692	1,51	0,16	0,529779071	69%
28/09/2021	4,51	0,692307692	1,51	0,16	0,529779071	69%
10/06/2021	4,52	0,692307692	1,51	0,16	0,527146441	70%
9/07/2021	4,52	0,692307692	1,51	0,16	0,527146441	70%
20/01/2021	4,53	0,692307692	1,51	0,16	0,524399209	70%
5/07/2021	4,53	0,692307692	1,51	0,16	0,524399209	70%
23/07/2021	4,54	0,692307692	1,51	0,16	0,521538222	71%
14/05/2021	4,55	0,692307692	1,52	0,16	0,518564411	71%
25/06/2021	4,55	0,692307692	1,52	0,16	0,518564411	71%
18/08/2021	4,55	0,692307692	1,52	0,16	0,518564411	71%
8/11/2021	4,55	0,692307692	1,52	0,16	0,518564411	71%
18/05/2021	4,58	0,692307692	1,52	0,16	0,508976662	73%
5/11/2021	4,58	0,692307692	1,52	0,16	0,508976662	73%
13/05/2021	4,59	0,692307692	1,52	0,16	0,505562621	73%
1/06/2021	4,59	0,692307692	1,52	0,16	0,505562621	73%
23/06/2021	4,59	0,692307692	1,52	0,16	0,505562621	73%
2/07/2021	4,59	0,692307692	1,52	0,16	0,505562621	73%
17/12/2021	4,6	0,692307692	1,53	0,16	0,502041724	74%
10/07/2021	4,61	0,692307692	1,53	0,16	0,498415426	74%
11/04/2021	4,62	0,692307692	1,53	0,16	0,494685268	75%
12/06/2021	4,62	0,692307692	1,53	0,16	0,494685268	75%
24/02/2021	4,63	0,692307692	1,53	0,16	0,490852875	75%
25/04/2021	4,64	0,692307692	1,53	0,16	0,486919958	76%
28/06/2021	4,64	0,692307692	1,53	0,16	0,486919958	76%
13/08/2021	4,64	0,692307692	1,53	0,16	0,486919958	76%
29/03/2021	4,65	0,692307692	1,54	0,16	0,482888311	76%
8/12/2021	4,65	0,692307692	1,54	0,16	0,482888311	76%
13/01/2021	4,66	0,692307692	1,54	0,16	0,478759812	77%
9/04/2021	4,66	0,692307692	1,54	0,16	0,478759812	77%
27/06/2021	4,66	0,692307692	1,54	0,16	0,478759812	77%
2/09/2021	4,66	0,692307692	1,54	0,16	0,478759812	77%
21/06/2021	4,67	0,692307692	1,54	0,16	0,474536419	77%

4/12/2021	4,67	0,692307692	1,54	0,16	0,474536419	77%
25/03/2021	4,68	0,692307692	1,54	0,16	0,470220173	78%
9/09/2021	4,68	0,692307692	1,54	0,16	0,470220173	78%
4/10/2021	4,69	0,692307692	1,55	0,16	0,465813191	78%
30/08/2021	4,7	0,692307692	1,55	0,16	0,461317672	79%
4/09/2021	4,71	0,692307692	1,55	0,16	0,456735886	79%
16/05/2021	4,73	0,881868132	1,55	0,76	0,447322978	80%
21/08/2021	4,73	0,881868132	1,55	0,76	0,447322978	80%
5/09/2021	4,73	0,881868132	1,55	0,76	0,447322978	80%
20/09/2021	4,73	0,881868132	1,55	0,76	0,447322978	80%
22/10/2021	4,73	0,881868132	1,55	0,76	0,447322978	80%
16/08/2021	4,74	0,881868132	1,56	0,76	0,442496766	81%
9/08/2021	4,75	0,881868132	1,56	0,76	0,437594104	81%
5/08/2021	4,76	0,881868132	1,56	0,76	0,432617616	81%
5/04/2021	4,77	0,881868132	1,56	0,76	0,427569992	82%
7/04/2021	4,77	0,881868132	1,56	0,76	0,427569992	82%
26/04/2021	4,77	0,881868132	1,56	0,76	0,427569992	82%
6/08/2021	4,77	0,881868132	1,56	0,76	0,427569992	82%
10/10/2021	4,77	0,881868132	1,56	0,76	0,427569992	82%
3/12/2021	4,78	0,881868132	1,56	0,76	0,422453983	82%
30/06/2021	4,8	0,881868132	1,57	0,76	0,412028099	83%
20/04/2021	4,82	0,881868132	1,57	0,76	0,401363099	84%
8/05/2021	4,82	0,881868132	1,57	0,76	0,401363099	84%
11/05/2021	4,82	0,881868132	1,57	0,76	0,401363099	84%
17/05/2021	4,82	0,881868132	1,57	0,76	0,401363099	84%
16/07/2021	4,83	0,881868132	1,57	0,76	0,395948382	84%
15/08/2021	4,84	0,881868132	1,58	0,76	0,390482921	85%
29/07/2021	4,85	0,881868132	1,58	0,76	0,384969819	85%
8/08/2021	4,86	0,881868132	1,58	0,76	0,379412217	86%
27/10/2021	4,86	0,881868132	1,58	0,76	0,379412217	86%
21/04/2021	4,87	0,881868132	1,58	0,76	0,373813291	86%
3/10/2021	4,87	0,881868132	1,58	0,76	0,373813291	86%
26/07/2021	4,88	0,881868132	1,59	0,76	0,368176246	86%
17/09/2021	4,88	0,881868132	1,59	0,76	0,368176246	86%
17/10/2021	4,88	0,881868132	1,59	0,76	0,368176246	86%
30/12/2021	4,88	0,881868132	1,59	0,76	0,368176246	86%
31/08/2021	4,89	0,881868132	1,59	0,76	0,362504318	87%
11/06/2021	4,9	0,881868132	1,59	0,76	0,356800764	87%
19/06/2021	4,9	0,881868132	1,59	0,76	0,356800764	87%
29/10/2021	4,9	0,881868132	1,59	0,76	0,356800764	87%
9/05/2021	4,91	0,881868132	1,59	0,76	0,351068864	87%
1/10/2021	4,91	0,881868132	1,59	0,76	0,351068864	87%
12/07/2021	4,93	0,881868132	1,60	0,76	0,339533218	88%
29/08/2021	4,95	0,881868132	1,60	0,76	0,327923876	89%
11/10/2021	4,95	0,881868132	1,60	0,76	0,327923876	89%
19/09/2021	4,96	0,881868132	1,60	0,76	0,322099875	89%
23/09/2021	4,97	0,881868132	1,60	0,76	0,316267418	89%
13/04/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
15/05/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
25/05/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%

18/07/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
2/08/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
11/08/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
12/08/2021	4,98	0,881868132	1,61	0,76	0,31042982	90%
14/09/2021	4,99	0,881868132	1,61	0,76	0,304590384	90%
18/10/2021	4,99	0,881868132	1,61	0,76	0,304590384	90%
7/05/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
20/05/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
24/05/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
27/07/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
18/09/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
20/10/2021	5	0,881868132	1,61	0,76	0,298752402	90%
30/07/2021	5,01	0,881868132	1,61	0,76	0,292919147	91%
5/12/2021	5,01	0,881868132	1,61	0,76	0,292919147	91%
18/06/2021	5,02	0,881868132	1,61	0,76	0,287093867	91%
5/10/2021	5,02	0,881868132	1,61	0,76	0,287093867	91%
27/08/2021	5,05	0,881868132	1,62	0,76	0,269697968	92%
14/07/2021	5,08	0,881868132	1,63	0,76	0,252487907	92%
12/04/2021	5,09	0,881868132	1,63	0,76	0,246806782	93%
28/08/2021	5,09	0,881868132	1,63	0,76	0,246806782	93%
16/09/2021	5,09	0,881868132	1,63	0,76	0,246806782	93%
23/10/2021	5,1	0,881868132	1,63	0,76	0,241158373	93%
1/08/2021	5,11	0,881868132	1,63	0,76	0,235545559	93%
29/06/2021	5,12	0,881868132	1,63	0,76	0,229971159	93%
11/09/2021	5,12	0,881868132	1,63	0,76	0,229971159	93%
19/10/2021	5,13	0,964285714	1,64	1,20	0,224437933	94%
3/09/2021	5,15	0,964285714	1,64	1,20	0,213505701	94%
23/04/2021	5,16	0,964285714	1,64	1,20	0,208111869	94%
6/11/2021	5,16	0,964285714	1,64	1,20	0,208111869	94%
7/12/2021	5,17	0,964285714	1,64	1,20	0,202769556	95%
30/03/2021	5,19	0,964285714	1,65	1,20	0,192249006	95%
13/07/2021	5,2	0,964285714	1,65	1,20	0,187075329	95%
12/10/2021	5,2	0,964285714	1,65	1,20	0,187075329	95%
31/01/2021	5,21	0,964285714	1,65	1,20	0,181962282	95%
21/09/2021	5,25	0,964285714	1,66	1,20	0,162156423	96%
16/06/2021	5,26	0,964285714	1,66	1,20	0,157375749	96%
19/05/2021	5,27	0,964285714	1,66	1,20	0,15266675	96%
17/07/2021	5,27	0,964285714	1,66	1,20	0,15266675	96%
7/08/2021	5,27	0,964285714	1,66	1,20	0,15266675	96%
22/04/2021	5,28	0,964285714	1,66	1,20	0,148030936	96%
31/07/2021	5,29	0,964285714	1,67	1,20	0,143469724	97%
12/09/2021	5,29	0,964285714	1,67	1,20	0,143469724	97%
25/09/2021	5,3	0,964285714	1,67	1,20	0,138984432	97%
13/10/2021	5,31	0,964285714	1,67	1,20	0,134576277	97%
24/10/2021	5,31	0,964285714	1,67	1,20	0,134576277	97%
20/06/2021	5,39	0,964285714	1,68	1,20	0,102201733	98%
10/05/2021	5,41	0,964285714	1,69	1,20	0,09493499	98%
9/10/2021	5,42	0,964285714	1,69	1,20	0,091427646	98%
24/04/2021	5,45	0,964285714	1,70	1,20	0,081410133	98%
10/08/2021	5,46	0,964285714	1,70	1,20	0,078238732	98%

8/09/2021	5,47	0,964285714	1,70	1,20	0,075150797	99%
28/07/2021	5,48	0,964285714	1,70	1,20	0,072145953	99%
25/08/2021	5,49	0,964285714	1,70	1,20	0,069223745	99%
24/08/2021	5,5	0,964285714	1,70	1,20	0,06638364	99%
22/05/2021	5,51	0,964285714	1,71	1,20	0,063625028	99%
1/04/2021	5,55	0,997252747	1,71	1,77	0,053390868	99%
15/09/2021	5,57	0,997252747	1,72	1,77	0,048741857	99%
15/10/2021	5,57	0,997252747	1,72	1,77	0,048741857	99%
31/03/2021	5,59	0,997252747	1,72	1,77	0,044394233	99%
13/09/2021	5,6	0,997252747	1,72	1,77	0,042330639	99%
21/05/2021	5,61	0,997252747	1,72	1,77	0,040338933	99%
23/05/2021	5,66	0,997252747	1,73	1,77	0,031413798	99%
22/09/2021	5,67	0,997252747	1,74	1,77	0,029825981	100%
26/08/2021	5,73	0,997252747	1,75	1,77	0,021558966	100%
6/10/2021	5,75	0,997252747	1,75	1,77	0,019247425	100%
8/10/2021	5,84	0,997252747	1,76	1,77	0,011170543	100%
16/10/2021	5,92	0,997252747	1,78	1,77	0,006560035	100%
7/10/2021	6,34	1	1,85	1,77	0,0001676	100%

Anexo N°02

Cuadro de Potencia Generada por el
aerogenerador por todo el año

Velocidad del viento (m/s)	Horas	Cp	Potencia (kW)	Energía (kWh)
2.71	4.8590	0.3746	0.0430	0.2091
2.71	4.8590	0.3746	0.0430	0.2091
2.77	5.4569	0.3746	0.0460	0.2508
2.84	6.2208	0.3746	0.0495	0.3081
2.91	7.0587	0.3746	0.0533	0.3761
2.95	7.5715	0.3746	0.0555	0.4203
2.97	7.8373	0.3746	0.0567	0.4440
3.01	8.3875	0.3746	0.0590	0.4946
3.03	8.6720	0.3746	0.0602	0.5217
3.04	8.8166	0.3746	0.0608	0.5356
3.05	8.9627	0.3746	0.0614	0.5499
3.06	9.1104	0.3746	0.0620	0.5645
3.09	9.5627	0.3746	0.0638	0.6101
3.12	10.0288	0.3746	0.0657	0.6587
3.12	10.0288	0.3746	0.0657	0.6587
3.12	10.0288	0.3746	0.0657	0.6587
3.12	10.0288	0.3746	0.0657	0.6587
3.12	10.0288	0.3746	0.0657	0.6587
3.14	10.3471	0.4279	0.0765	0.7912
3.14	10.3471	0.4279	0.0765	0.7912
3.16	10.6713	0.4279	0.0779	0.8317
3.16	10.6713	0.4279	0.0779	0.8317
3.18	11.0014	0.4279	0.0794	0.8738
3.19	11.1686	0.4279	0.0802	0.8955
3.22	11.6787	0.4279	0.0825	0.9631
3.23	11.8515	0.4279	0.0832	0.9865
3.24	12.0257	0.4279	0.0840	1.0103
3.28	12.7355	0.4279	0.0872	1.1100
3.3	13.0980	0.4279	0.0888	1.1626
3.31	13.2811	0.4279	0.0896	1.1896
3.31	13.2811	0.4279	0.0896	1.1896
3.34	13.8372	0.4279	0.0920	1.2734
3.34	13.8372	0.4279	0.0920	1.2734
3.34	13.8372	0.4279	0.0920	1.2734
3.36	14.2134	0.4279	0.0937	1.3317
3.36	14.2134	0.4279	0.0937	1.3317
3.38	14.5938	0.4279	0.0954	1.3919
3.38	14.5938	0.4279	0.0954	1.3919
3.39	14.7854	0.4279	0.0962	1.4227
3.39	14.7854	0.4279	0.0962	1.4227
3.4	14.9780	0.4279	0.0971	1.4541
3.4	14.9780	0.4279	0.0971	1.4541
3.4	14.9780	0.4279	0.0971	1.4541
3.4	14.9780	0.4279	0.0971	1.4541
3.41	15.1714	0.4279	0.0979	1.4859
3.43	15.5608	0.4279	0.0997	1.5510
3.43	15.5608	0.4279	0.0997	1.5510

3.45	15.9533	0.4279	0.1014	1.6181
3.45	15.9533	0.4279	0.1014	1.6181
3.46	16.1506	0.4279	0.1023	1.6524
3.46	16.1506	0.4279	0.1023	1.6524
3.47	16.3485	0.4279	0.1032	1.6872
3.48	16.5470	0.4279	0.1041	1.7225
3.48	16.5470	0.4279	0.1041	1.7225
3.49	16.7461	0.4279	0.1050	1.7583
3.51	17.1457	0.4279	0.1068	1.8313
3.51	17.1457	0.4279	0.1068	1.8313
3.52	17.3461	0.4279	0.1077	1.8686
3.54	17.7479	0.4279	0.1096	1.9447
3.55	17.9492	0.4279	0.1105	1.9835
3.55	17.9492	0.4279	0.1105	1.9835
3.56	18.1507	0.4279	0.1114	2.0227
3.56	18.1507	0.4279	0.1114	2.0227
3.59	18.7557	0.4279	0.1143	2.1434
3.59	18.7557	0.4279	0.1143	2.1434
3.59	18.7557	0.4279	0.1143	2.1434
3.59	18.7557	0.4279	0.1143	2.1434
3.59	18.7557	0.4279	0.1143	2.1434
3.61	19.1589	0.4279	0.1162	2.2263
3.62	19.3602	0.4279	0.1172	2.2685
3.62	19.3602	0.4279	0.1172	2.2685
3.63	19.5613	0.4279	0.1181	2.3111
3.63	19.5613	0.4279	0.1181	2.3111
3.65	19.9625	0.4279	0.1201	2.3977
3.66	20.1624	0.4279	0.1211	2.4416
3.66	20.1624	0.4279	0.1211	2.4416
3.67	20.3619	0.4279	0.1221	2.4861
3.69	20.7589	0.4279	0.1241	2.5762
3.7	20.9564	0.4279	0.1251	2.6219
3.7	20.9564	0.4279	0.1251	2.6219
3.71	21.1530	0.4279	0.1261	2.6680
3.72	21.3488	0.4279	0.1272	2.7145
3.72	21.3488	0.4279	0.1272	2.7145
3.72	21.3488	0.4279	0.1272	2.7145
3.73	21.5436	0.4279	0.1282	2.7615
3.73	21.5436	0.4279	0.1282	2.7615
3.73	21.5436	0.4279	0.1282	2.7615
3.73	21.5436	0.4279	0.1282	2.7615
3.74	21.7374	0.4279	0.1292	2.8088
3.74	21.7374	0.4279	0.1292	2.8088
3.77	22.3116	0.4279	0.1323	2.9529
3.77	22.3116	0.4279	0.1323	2.9529
3.77	22.3116	0.4279	0.1323	2.9529
3.78	22.5004	0.4279	0.1334	3.0016
3.8	22.8735	0.4279	0.1355	3.1001
3.81	23.0577	0.4279	0.1366	3.1498
3.84	23.5997	0.4279	0.1399	3.3006

3.84	23.5997	0.4279	0.1399	3.3006
3.84	23.5997	0.4279	0.1399	3.3006
3.84	23.5997	0.4279	0.1399	3.3006
3.86	23.9514	0.4279	0.1421	3.4024
3.88	24.2945	0.4279	0.1443	3.5051
3.88	24.2945	0.4279	0.1443	3.5051
3.89	24.4625	0.4279	0.1454	3.5567
3.9	24.6282	0.4279	0.1465	3.6084
3.91	24.7914	0.4279	0.1476	3.6604
3.91	24.7914	0.4279	0.1476	3.6604
3.91	24.7914	0.4279	0.1476	3.6604
3.91	24.7914	0.4279	0.1476	3.6604
3.92	24.9519	0.4279	0.1488	3.7124
3.93	25.1098	0.4279	0.1499	3.7646
3.94	25.2648	0.4279	0.1511	3.8168
3.94	25.2648	0.4279	0.1511	3.8168
3.95	25.4170	0.4279	0.1522	3.8691
3.96	25.5662	0.4279	0.1534	3.9214
3.98	25.8554	0.4279	0.1557	4.0262
3.99	25.9951	0.4155	0.1524	3.9609
4	26.1315	0.4155	0.1535	4.0117
4	26.1315	0.4155	0.1535	4.0117
4.01	26.2644	0.4155	0.1547	4.0624
4.02	26.3938	0.4155	0.1558	4.1130
4.02	26.3938	0.4155	0.1558	4.1130
4.03	26.5196	0.4155	0.1570	4.1635
4.03	26.5196	0.4155	0.1570	4.1635
4.04	26.6416	0.4155	0.1582	4.2139
4.04	26.6416	0.4155	0.1582	4.2139
4.05	26.7599	0.4155	0.1593	4.2641
4.05	26.7599	0.4155	0.1593	4.2641
4.05	26.7599	0.4155	0.1593	4.2641
4.05	26.7599	0.4155	0.1593	4.2641
4.06	26.8742	0.4155	0.1605	4.3141
4.06	26.8742	0.4155	0.1605	4.3141
4.07	26.9846	0.4155	0.1617	4.3640
4.08	27.0909	0.4155	0.1629	4.4135
4.08	27.0909	0.4155	0.1629	4.4135
4.09	27.1930	0.4155	0.1641	4.4628
4.09	27.1930	0.4155	0.1641	4.4628
4.09	27.1930	0.4155	0.1641	4.4628
4.09	27.1930	0.4155	0.1641	4.4628
4.13	27.5580	0.4155	0.1690	4.6567
4.13	27.5580	0.4155	0.1690	4.6567
4.13	27.5580	0.4155	0.1690	4.6567
4.13	27.5580	0.4155	0.1690	4.6567
4.14	27.6380	0.4155	0.1702	4.7042
4.14	27.6380	0.4155	0.1702	4.7042
4.14	27.6380	0.4155	0.1702	4.7042
4.15	27.7133	0.4155	0.1714	4.7513

4.16	27.7839	0.4155	0.1727	4.7979
4.17	27.8496	0.4155	0.1739	4.8440
4.17	27.8496	0.4155	0.1739	4.8440
4.17	27.8496	0.4155	0.1739	4.8440
4.2	28.0171	0.4155	0.1777	4.9791
4.22	28.1032	0.4155	0.1803	5.0661
4.22	28.1032	0.4155	0.1803	5.0661
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.23	28.1384	0.4155	0.1816	5.1086
4.24	28.1683	0.4155	0.1828	5.1504
4.24	28.1683	0.4155	0.1828	5.1504
4.25	28.1928	0.4155	0.1841	5.1914
4.25	28.1928	0.4155	0.1841	5.1914
4.27	28.2253	0.4155	0.1868	5.2711
4.27	28.2253	0.4155	0.1868	5.2711
4.28	28.2333	0.4155	0.1881	5.3097
4.29	28.2357	0.4155	0.1894	5.3475
4.3	28.2324	0.4155	0.1907	5.3844
4.3	28.2324	0.4155	0.1907	5.3844
4.3	28.2324	0.4155	0.1907	5.3844
4.3	28.2324	0.4155	0.1907	5.3844
4.31	28.2234	0.4155	0.1920	5.4203
4.31	28.2234	0.4155	0.1920	5.4203
4.31	28.2234	0.4155	0.1920	5.4203
4.32	28.2086	0.4155	0.1934	5.4552
4.33	28.1881	0.4155	0.1947	5.4892
4.34	28.1618	0.4155	0.1961	5.5222
4.34	28.1618	0.4155	0.1961	5.5222
4.34	28.1618	0.4155	0.1961	5.5222
4.34	28.1618	0.4155	0.1961	5.5222
4.35	28.1295	0.4155	0.1974	5.5541
4.35	28.1295	0.4155	0.1974	5.5541
4.37	28.0475	0.4155	0.2002	5.6146
4.37	28.0475	0.4155	0.2002	5.6146
4.38	27.9975	0.4155	0.2016	5.6432
4.38	27.9975	0.4155	0.2016	5.6432
4.38	27.9975	0.4155	0.2016	5.6432
4.38	27.9975	0.4155	0.2016	5.6432
4.38	27.9975	0.4155	0.2016	5.6432
4.39	27.9416	0.4155	0.2029	5.6706
4.39	27.9416	0.4155	0.2029	5.6706
4.39	27.9416	0.4155	0.2029	5.6706
4.41	27.8119	0.4155	0.2057	5.7217
4.41	27.8119	0.4155	0.2057	5.7217
4.41	27.8119	0.4155	0.2057	5.7217
4.41	27.8119	0.4155	0.2057	5.7217

4.42	27.7381	0.4155	0.2071	5.7455
4.42	27.7381	0.4155	0.2071	5.7455
4.43	27.6583	0.4155	0.2085	5.7679
4.43	27.6583	0.4155	0.2085	5.7679
4.44	27.5725	0.4155	0.2100	5.7890
4.44	27.5725	0.4155	0.2100	5.7890
4.45	27.4807	0.4155	0.2114	5.8088
4.45	27.4807	0.4155	0.2114	5.8088
4.46	27.3830	0.4155	0.2128	5.8273
4.46	27.3830	0.4155	0.2128	5.8273
4.47	27.2793	0.4155	0.2142	5.8443
4.47	27.2793	0.4155	0.2142	5.8443
4.47	27.2793	0.4155	0.2142	5.8443
4.48	27.1696	0.4155	0.2157	5.8600
4.48	27.1696	0.4155	0.2157	5.8600
4.48	27.1696	0.4155	0.2157	5.8600
4.48	27.1696	0.4155	0.2157	5.8600
4.51	26.8051	0.4155	0.2200	5.8983
4.51	26.8051	0.4155	0.2200	5.8983
4.52	26.6719	0.4155	0.2215	5.9081
4.52	26.6719	0.4155	0.2215	5.9081
4.53	26.5329	0.4155	0.2230	5.9164
4.53	26.5329	0.4155	0.2230	5.9164
4.54	26.3882	0.4155	0.2245	5.9232
4.55	26.2377	0.4155	0.2260	5.9284
4.55	26.2377	0.4155	0.2260	5.9284
4.55	26.2377	0.4155	0.2260	5.9284
4.55	26.2377	0.4155	0.2260	5.9284
4.58	25.7526	0.4155	0.2305	5.9347
4.58	25.7526	0.4155	0.2305	5.9347
4.59	25.5799	0.4155	0.2320	5.9336
4.59	25.5799	0.4155	0.2320	5.9336
4.59	25.5799	0.4155	0.2320	5.9336
4.59	25.5799	0.4155	0.2320	5.9336
4.6	25.4017	0.4155	0.2335	5.9309
4.61	25.2182	0.4155	0.2350	5.9265
4.62	25.0295	0.4155	0.2365	5.9205
4.62	25.0295	0.4155	0.2365	5.9205
4.63	24.8356	0.4155	0.2381	5.9129
4.64	24.6366	0.4155	0.2396	5.9036
4.64	24.6366	0.4155	0.2396	5.9036
4.64	24.6366	0.4155	0.2396	5.9036
4.65	24.4326	0.4155	0.2412	5.8926
4.65	24.4326	0.4155	0.2412	5.8926
4.66	24.2237	0.4155	0.2427	5.8800
4.66	24.2237	0.4155	0.2427	5.8800
4.66	24.2237	0.4155	0.2427	5.8800
4.66	24.2237	0.4155	0.2427	5.8800
4.67	24.0100	0.4155	0.2443	5.8658
4.67	24.0100	0.4155	0.2443	5.8658

4.68	23.7916	0.4155	0.2459	5.8498
4.68	23.7916	0.4155	0.2459	5.8498
4.69	23.5687	0.4155	0.2475	5.8322
4.7	23.3412	0.4155	0.2490	5.8130
4.71	23.1094	0.4155	0.2506	5.7920
4.73	22.6331	0.4155	0.2538	5.7452
4.73	22.6331	0.4155	0.2538	5.7452
4.73	22.6331	0.4155	0.2538	5.7452
4.73	22.6331	0.4155	0.2538	5.7452
4.73	22.6331	0.4155	0.2538	5.7452
4.74	22.3889	0.4155	0.2555	5.7194
4.75	22.1409	0.4155	0.2571	5.6919
4.76	21.8891	0.4155	0.2587	5.6628
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.77	21.6337	0.4155	0.2603	5.6320
4.78	21.3748	0.4155	0.2620	5.5997
4.8	20.8473	0.4155	0.2653	5.5304
4.82	20.3077	0.4155	0.2686	5.4548
4.82	20.3077	0.4155	0.2686	5.4548
4.82	20.3077	0.4155	0.2686	5.4548
4.82	20.3077	0.4155	0.2686	5.4548
4.83	20.0337	0.4155	0.2703	5.4148
4.84	19.7572	0.3865	0.2530	4.9988
4.85	19.4783	0.3865	0.2546	4.9589
4.86	19.1971	0.3865	0.2562	4.9176
4.86	19.1971	0.3865	0.2562	4.9176
4.87	18.9138	0.3865	0.2577	4.8750
4.87	18.9138	0.3865	0.2577	4.8750
4.88	18.6286	0.3865	0.2593	4.8311
4.88	18.6286	0.3865	0.2593	4.8311
4.88	18.6286	0.3865	0.2593	4.8311
4.88	18.6286	0.3865	0.2593	4.8311
4.89	18.3416	0.3865	0.2609	4.7860
4.9	18.0530	0.3865	0.2625	4.7396
4.9	18.0530	0.3865	0.2625	4.7396
4.9	18.0530	0.3865	0.2625	4.7396
4.91	17.7630	0.3865	0.2642	4.6921
4.91	17.7630	0.3865	0.2642	4.6921
4.93	17.1793	0.3865	0.2674	4.5936
4.95	16.5919	0.3865	0.2707	4.4908
4.95	16.5919	0.3865	0.2707	4.4908
4.96	16.2972	0.3865	0.2723	4.4378
4.97	16.0021	0.3865	0.2740	4.3838
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289

4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.98	15.7068	0.3865	0.2756	4.3289
4.99	15.4113	0.3865	0.2773	4.2731
4.99	15.4113	0.3865	0.2773	4.2731
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5	15.1159	0.3865	0.2789	4.2165
5.01	14.8208	0.3865	0.2806	4.1590
5.01	14.8208	0.3865	0.2806	4.1590
5.02	14.5260	0.3865	0.2823	4.1008
5.02	14.5260	0.3865	0.2823	4.1008
5.05	13.6459	0.3865	0.2874	3.9218
5.08	12.7751	0.3865	0.2925	3.7373
5.09	12.4876	0.3865	0.2943	3.6749
5.09	12.4876	0.3865	0.2943	3.6749
5.09	12.4876	0.3865	0.2943	3.6749
5.1	12.2018	0.3865	0.2960	3.6120
5.11	11.9179	0.3865	0.2978	3.5487
5.12	11.6358	0.3865	0.2995	3.4851
5.12	11.6358	0.3865	0.2995	3.4851
5.13	11.3558	0.3865	0.3013	3.4212
5.15	10.8027	0.3865	0.3048	3.2928
5.16	10.5298	0.3865	0.3066	3.2283
5.16	10.5298	0.3865	0.3066	3.2283
5.17	10.2595	0.3865	0.3084	3.1638
5.19	9.7272	0.3865	0.3120	3.0346
5.2	9.4654	0.3865	0.3138	2.9700
5.2	9.4654	0.3865	0.3138	2.9700
5.21	9.2067	0.3865	0.3156	2.9055
5.25	8.2046	0.3865	0.3229	2.6494
5.26	7.9627	0.3865	0.3248	2.5860
5.27	7.7245	0.3865	0.3266	2.5229
5.27	7.7245	0.3865	0.3266	2.5229
5.27	7.7245	0.3865	0.3266	2.5229
5.28	7.4899	0.3865	0.3285	2.4603
5.29	7.2591	0.3865	0.3303	2.3980
5.29	7.2591	0.3865	0.3303	2.3980
5.3	7.0322	0.3865	0.3322	2.3363
5.31	6.8091	0.3865	0.3341	2.2750
5.31	6.8091	0.3865	0.3341	2.2750
5.39	5.1711	0.3865	0.3494	1.8070
5.41	4.8034	0.3865	0.3533	1.6973
5.42	4.6259	0.3865	0.3553	1.6436
5.45	4.1191	0.3865	0.3612	1.4880
5.46	3.9586	0.3865	0.3632	1.4379
5.47	3.8024	0.3865	0.3652	1.3888

5.48	3.6504	0.3865	0.3672	1.3406
5.49	3.5025	0.3865	0.3693	1.2933
5.5	3.3588	0.3865	0.3713	1.2470
5.51	3.2192	0.3865	0.3733	1.2017
5.55	2.7014	0.3865	0.3815	1.0306
5.57	2.4662	0.3865	0.3856	0.9510
5.57	2.4662	0.3865	0.3856	0.9510
5.59	2.2462	0.3865	0.3898	0.8756
5.6	2.1418	0.3865	0.3919	0.8394
5.61	2.0410	0.3865	0.3940	0.8042
5.66	1.5894	0.3865	0.4046	0.6431
5.67	1.5091	0.3865	0.4068	0.6139
5.73	1.0908	0.3379	0.3670	0.4003
5.75	0.9739	0.3379	0.3708	0.3611
5.84	0.5652	0.3379	0.3885	0.2196
5.92	0.3319	0.3379	0.4047	0.1343
6.34	0.0085	0.3379	0.4971	0.0042

Anexo N°03

Ficha técnica de aerogenerador AWS –
HC 1,5kW



AUSTRALIAN WIND AND SOLAR

Your best solution for all your power needs

AWS - HC 1.5kW

AWS HC are the next evolution in Horizontal Wind Turbines. AWS HC Wind Turbines have the lowest start-up speed in their class, highest efficiency, superior build quality, including cast body, carbon-fibre blades and revolutionary full body passive pitch control. AWS HC Wind Turbines can operate at full capacity in all wind conditions whilst protecting itself in extreme weather conditions. AWS HC Wind Turbines have a minimum 20 year life expectancy.

AWS HC Wind Controller is available in 12V, 24V, 48V or Grid Connect. It offers superior performance with absolute Wind Turbine protection. It includes power smoothing and surge protection.

There are a range of sizes available:
650W, 1.5kW, 1.8kW, 3.3kW,
4.2kW, 5.1kW.



1.5kW HORIZONTAL WIND TURBINE

www.australianwindandsolar.com

MODEL	AWS—HC 1.5kW
RATED OUTPUT	1500W
RATED WIND SPEED m/s / mph	10.5 / 24
PEAK OUTPUT	1700W
CUT IN m/s / mph	2.7 / 6
YAW SYSTEM	Passive by tail Vane
YAW / TOWER CABLE	N x 360° Freedom
GENERATOR	PM 3 phase alternator (variable speed)
INSULATION CLASS & EFFICIENCY	Class “H” > 87%
STATOR SKEW	1 slot pitch
MAX STATOR CORE TEMPERATURE	180°C
POLES	16
RPM—50hz/60hz	375 / 450
OVER SPEED LIMIT RPM / Hz	525 / 70
MONTHLY KWH 10mph / 4.5 m/s PLF %	166 kWh (18%)
MONTHLY KWH 12mph / 5.4 m/s PLF (%)	288 kWh (255)
ROTOR DIAMETER	3.2m / 11ft
NUMBER OF BLADES	3
BLADE MATERIAL & COMPOSITION	Carbon fibre composite ~ 0.37
SWEPT AREA	9.2 sq.m / 95 sq.feet
MINIMUM TIP CLEARANCE cm / in	28 / 11
TIP SPEED RATIO (TSR)	8.5
LATERAL THRUST (MAX)	1200 nts
GOVERNOR / OVER SPEED LIMIT	Uptilt tilt (Hydraulic assisted)
GOVERN SPEED	27mph
GOV. SHUT-DOWN / OPTIONAL STOP	Electro-dynamic Switch
UNIT WEIGHT (TOWER TOP)	34Kg
TOWER TOP PIPE / YAW ADAPTOR	P 2.5” Shd 40
VOLTAGE OPTIONS	12 to 48 LV / 60—140 HV
ELECTRONIC CONTROLLER	Incl. but separate
WARRANTY	2 years
OPERATING LIFE	20 years
SURVIVAL WIND SPEED	55 m/s
SUGGESTED ROUTINE MAINTENANCE	Annual inspection



Phone: 1300 736 458

Email: admin@australianwindandsolar.com

Website: australianwindandsolar.com

Anexo N°04

Ficha técnica de panel solar Jinko Eagle
PER60 300W

Eagle PERC 60

280-300 Watt

MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.
IEC61215, IEC61730 certified products.



PERC

(4BB)



KEY FEATURES



4 Busbar Solar Cell:

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Efficiency:

Higher module conversion efficiency (up to 18.33%) benefit from Passivated Emmitter Rear Contact (PERC) technology.



PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85°C/85%RH, 96 hours) for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

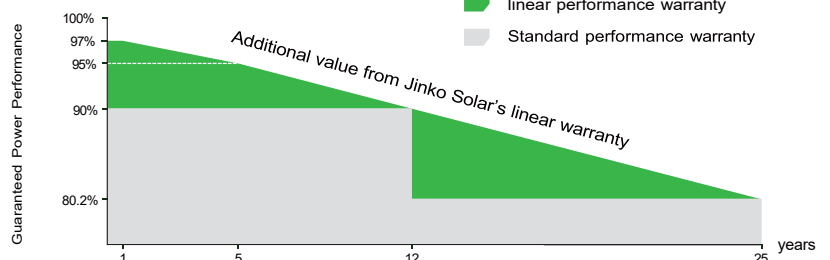


Durability against extreme environmental conditions:

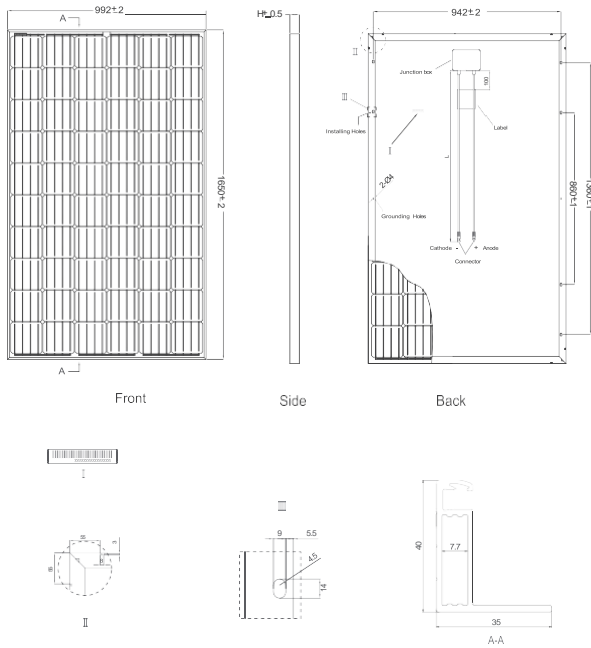
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

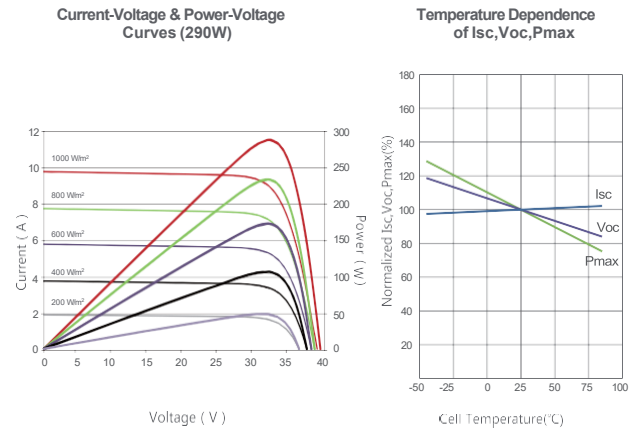


Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 728 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC	156×156mm (6 inch)
No. of cells	60 (6×10)	
Dimensions	1650×992×40mm (65.00×39.05×1.57 inch)	
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)	
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length: 900mm or Customized Length	

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM280M-60		JKM285M-60		JKM290M-60		JKM295M-60		JKM300M-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	280Wp	209Wp	285Wp	212Wp	290Wp	216Wp	295Wp	220Wp	300Wp	224Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.8V	29.7V	32.0V	29.9V	32.2V	30.2V	32.4V	30.4V	32.6V	30.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.81A	7.01A	8.90A	7.12A	9.02A	7.15A	9.10A	7.24A	9.21A	7.32A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.6V	36.2V	38.7V	36.4V	39.5V	36.6V	39.7V	36.8V	40.1V	37.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.49A	7.62A	9.51A	7.72A	9.55A	7.81A	9.61A	7.89A	9.72A	8.01A
Module Efficiency STC (%)	17.11%		17.41%		17.72%		18.02%		18.33%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀️ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁️ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Anexo N°05

Ficha técnica de regulador solar Must
Solar PC1500B-50-60



Model: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM Solar Charge Controller

Feature:

- 10A 20A 30A 50A 60A solar charge controller
- Vivid LCD graphic symbols
- Simple button operation
- Automatic identification of system voltage level
- Intelligent PWM charging mode
- Adjustable charge-discharge protection
- Automatic temperature compensation
- Settable operation mode of load
- Battery reverse-discharge protection
- Battery low voltage disconnection(LVD)
- Battery reverse connection protection
- Over current protection
- USB output

Introduction:

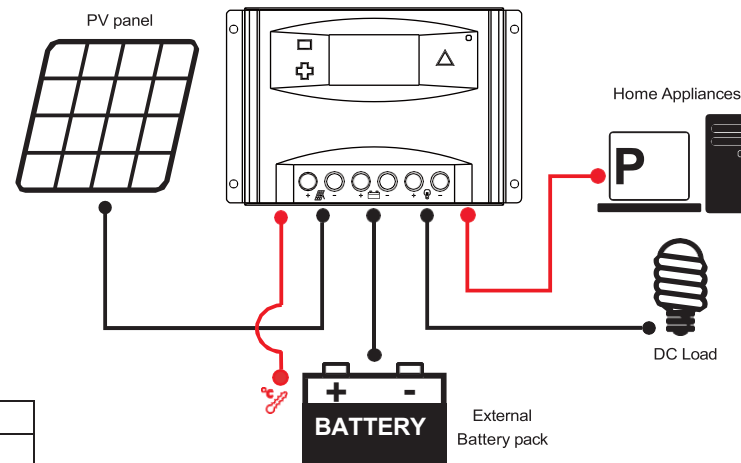
This intelligent, multi-purpose solar charge and discharge controller has a very friendly interface of fixed LCD display. Various control parameters can be flexibly set, fully meet your various application requirements.

LCD Display Information

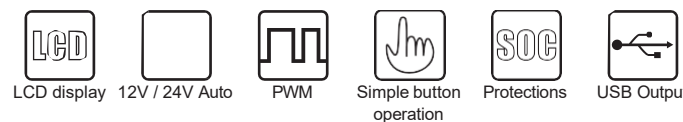


1. PV array positive terminal
PV array negative terminal
2. Battery positive terminal
Battery negative terminal
3. The load positive terminal
The load negative terminal
4. LCD display

Solar System Connection



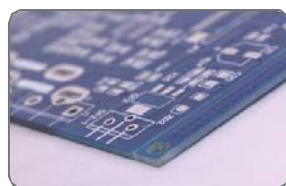
Functions:



Inner Details



Stability, high efficiency, high integration



Optimized circuit design



SCM accurate control



Selection of quality materials

PC1500B SERIES Controllers



Model: PC1500B-20DU



Rated Voltage: 12V/24V Auto identified
Rated Current: 20A
USB Port: 5V, 1A x 2

Packing info: 30pcs / carton
Carton size: 535mm x 425mm x 200mm
Gross weight: 12Kg
Volume: 0.045m³



Model: PC1500B-30DU



Rated Voltage: 12V/24V Auto identified
Rated Current: 30A
USB Port: 5V, 1A x 2
LCD screen size: 2.2"

Packing info: 30pcs / carton
Carton size: 535mm x 425mm x 200mm
Gross weight: 12Kg
Volume: 0.045m³



Model: PC1500B-50D / 5048D

Rated Voltage: 12V/24V Auto identified or 48V
Rated Current: 40A, 50A

LCD screen size: 2.6"
Temperature sensor port: x1
Communication port: RJ45 (Optional)

Packing info: 24pcs / carton
Carton size: 545mm x 425mm x 205mm
Gross weight: 14Kg
Volume: 0.047m³



Model: PC1500B-60D / 6048D

Rated Voltage: 12V/24V Auto identified or 48V
Rated Current: 60A

LCD screen size: 2.6"
Temperature sensor port: x1
Communication port: RJ45 (Optional)

Packing info: 24pcs / carton
Carton size: 545mm x 425mm x 205mm
Gross weight: 17Kg
Volume: 0.047m³

Application



RV, boat & field power supply solar system



Off-grid home solar system



Farm solar generation system

Model		PC1500B-50D	PC1500B-60DU	PC1500B-5048D	PC1500B-6048D
INPUT	PV voltage	≤50V			≤100V
	Rated current	40A	50A	60A	40A 50A 60A
OUTPUT	System voltage	12/24V Auto			48V
	High voltage disconnection	16.00V x 1/ x 2/ x 3/ x 4 (0.5V)			
	Rated discharging current	40A	50A	60A	40A 50A 60A
	No load loss	≤13mA			≤25mA
	Charge loop voltage drop	≤0.21V	≤0.24V	≤0.25V	≤0.25V
	Discharge loop voltage drop	≤0.12V	≤0.10V	≤0.12V	≤0.10V
	Charging mode	PWM 4-stage bulk, absorption, float, equalized			
	Float charging voltage	13.8V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4			
	Absorption charging voltage	Duration 2 hours	14.4V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4		
	Equalized charging voltage		14.6V (13V~15.5V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4		
Low voltage protection	10.7V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4				
Low voltage reconnecting	12.6V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4				
USB output	5V, 1A		None		
OTHER	Installing cables size	≤6mm ²	≤16mm ²	≤6mm ²	≤16mm ²
	Working temperature	-20°C~55°C			
	Dimension(L x W x H)	188mm x 95mm x 46.5mm			
	Net weight	355g	360g	355g	360g

Product specifications are subject to change without further notice.

Anexo N°06

Ficha técnica de baterías PowerSafe SBS
100F



Battery Range Summary

EnerSys[®] outstanding EON Technology[®] further extends the technical leadership of PowerSafe[®] SBS[®] batteries: not only do PowerSafe[®] SBS EON Technology cells and monoblocs retain the benefits typically associated with EnerSys' Thin Plate Pure Lead Technology (long life, high energy density, superior shelf life, etc.), they also deliver exceptional cyclic performance in both float and fast charge applications, even in the hottest and harshest operating environments.

Where conventional VRLA AGM batteries struggle to cope with harsh conditions and frequent power outages, EON Technology makes PowerSafe SBS 2V and 12V batteries the perfect solution for the challenging operating conditions of today's telecommunication networks. The specification of PowerSafe SBS EON Technology also makes SBS B14 - 900 suitable for large-scale UPS and off-grid energy storage applications.

The PowerSafe SBS EON Technology battery range is available in several configurations: the front terminal SBS B14 - 190F designs which make installation and inspection quick and easy, the classic top terminal SBS 410 design and the SBS 320 - 900 series which offers industry-leading capacities (up to 900Ah) in OPzV's DIN container sizes.

For superior energy and power, high performance and proven reliability, there is no substitute to PowerSafe SBS EON Technology batteries.

Features and Benefits

- Capacity range: 62 - 900Ah
- Superior cyclic performance
- Exceptional fast charge acceptance ability
- High energy density
- Resilient to harsh environments
- Long design life
- Up to two year shelf life



Construction

- Positive plates - pure lead grids manufactured using a unique process
- Negative plates - provide perfect balance with the positive plates to ensure optimum recombination efficiency
- Separators - superior quality microporous glass mat separator with high absorption and stability
- Containers and lids - UL94 V-0 rated flame retardant ABS material, highly resistant to shock and vibration
- Electrolyte - high grade dilute sulphuric acid absorbed into separator material
- Terminal design - proven, high integrity leak resistant terminal seal design
- Self-regulating pressure relief valves - prevent ingress of atmospheric oxygen
- Flame arrestors - built into each bloc/cell for increased operational safety

Installation & Operation

- Designed for operation in traditional float applications and cyclic/hybrid applications
- PowerSafe® SBS® batteries are designed for use in cabinets or on stands, close to the point of use. A separate battery room is not required
- SBS EON Technology® models can be mounted in any orientation except inverted. In cyclic/hybrid applications, EnerSys® recommend to install SBS 320 - 900 cells in horizontal orientation
- Up to two year shelf life
- Low maintenance: no water addition required
- Wide operating temperature range: -40°C to +50°C

Standards

- Designed to be compliant with international standard IEC 60896/21 & 22
- Classified as "Long Life" according to Eurobat guide 1999
- UL recognised component
- Approved as non-hazardous cargo for ground, sea and air transportation in accordance with US DOT Regulation 49 and ICAO & IATA Packing Instruction 872
- The management systems governing the manufacture of PowerSafe SBS products are ISO 9001:2008 and ISO 14001:2004 certified

General Specifications

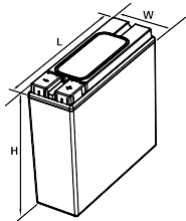
Battery Type	Nominal Voltage (V)	Nominal Capacity (Ah)		Nominal Dimensions (mm)			Typical Weight (kg)	Short Circuit Current (A) ⁽¹⁾	Internal Resistance (mΩ) ⁽¹⁾	Terminals
		10 hr rate to 1.80Vpc @ 20°C	8 hr rate to 1.75Vpc @ 77°F	Length	Width	Height (over insulation)				
SBS B14	12	62	62	280	97	264	19.1	1800	7.0	2 x M8 F
SBS B14F	12	62	62	303	97	264	19.1	1800	7.0	2 x M6 M
SBS C11 ⁽²⁾	12	92	91	395	105	264	28.0	2300	5.5	2 x M8 F
SBS C11F ⁽²⁾	12	92	91	417	105	256	28.0	2300	5.5	2 x M6 M
SBS 100 ⁽²⁾	12	100	100	395	108	287	32.6	2210	5.6	2 x M8 F
SBS 100F ⁽²⁾	12	100	100	395	108	287	32.6	2210	5.6	2 x M6 M
SBS 170F ⁽²⁾	12	170	170	561	125	283	52.5	3500	3.5	2 x M6 M
SBS 190F ⁽²⁾	12	190	190	561	125	316	60.0	3990	3.2	2 x M6 M
SBS 410 ⁽²⁾	2	410	410	200	208	239	23.2	4725	1.3	2 x M8 M
SBS 320 ⁽³⁾	2	320	320	103	206	403	20.0	6320	0.33	2 x M10 F
SBS 400 ⁽³⁾	2	400	400	124	206	403	24.0	7320	0.28	2 x M10 F
SBS 480 ⁽³⁾	2	480	480	145	206	403	28.0	8050	0.25	2 x M10 F
SBS 580 ⁽³⁾	2	580	580	124	206	520	33.0	7470	0.28	2 x M10 F
SBS 680 ⁽³⁾	2	680	680	145	206	520	38.5	8800	0.24	2 x M10 F
SBS 780 ⁽³⁾	2	780	780	166	206	520	44.0	9000	0.23	2 x M10 F
SBS 900 ⁽³⁾	2	900	900	145	206	695	50.0	8110	0.26	2 x M10 F

Notes:

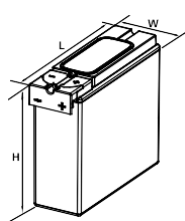
⁽¹⁾ Figures obtained via IEC method.
⁽²⁾ With integral or rope handles.

⁽³⁾ In horizontal orientation, the above indicated heights become the lengths, lengths become widths and widths become heights.

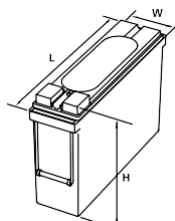
Outline Drawings



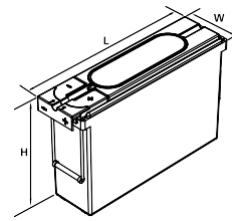
SBS B14



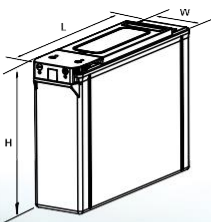
SBS B14F



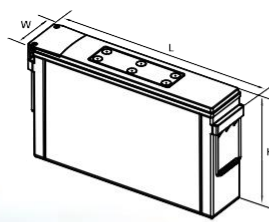
SBS C11



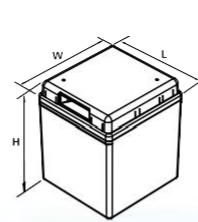
SBS C11F



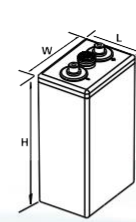
SBS 100 & 100F



SBS 170F & 190F



SBS 410



SBS 320 - 900



www.enersys-emea.com

EnerSys World Headquarters 2366 Bernville Road, Reading, PA 19605, USA Tel: +1-610-208-1991 / +1-800-538-3627

EnerSys EMEA EH Europe GmbH, Löwenstrasse 32, 8001 Zurich, Switzerland

EnerSys Asia 152 Beach Road, Gateway East Building Level 11, 189721 Singapore Tel: +65 6508 1780

© 2014 EnerSys. All rights reserved.

Trademarks and logos are the property of EnerSys and its affiliates, except ISO, which is not the property of EnerSys.

Subject to revisions without prior notice. E.&O.E.

EN-SBS-EON-RS-007 - March 2014

Anexo N°07

Ficha técnica de inversor Studer AJ
2400-24

Gama AJ



Modelo	AJ 275-12	AJ 350-24	AJ 400-48	AJ 500-12	AJ 600-24	AJ 700-48	AJ 1000-12	AJ 1300-24	AJ 2100-12	AJ 2400-24
Inversor										
Tensión nominal de batería	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	12 Vdc	24 Vdc	12 Vdc	24 Vdc
Rango de tensión de entrada	10.5 - 16 Vdc	21 - 32 Vdc	42 - 64 Vdc	10.5 - 16 Vdc	21 - 32 Vdc	42 - 64 Vdc	10.5 - 16 Vdc	21 - 32 Vdc	10.5 - 16 Vdc	21 - 32 Vdc
Potencia continua @ 25°C	200 VA	300 VA	300 VA	400 VA	500 VA	500 VA	800 VA	1000 VA	2000 VA	2000 VA
Potencia 30 min. @ 25°C	275 VA	350 VA	400 VA	500 VA	600 VA	700 VA	1000 VA	1300 VA	2100 VA	2400 VA
Potencia 5 min. @ 25°C	350 VA	500 VA	600 VA	575 VA	675 VA	900 VA	1200 VA	2000 VA	2450 VA	2800 VA
Potencia 5 sec. @ 25°C	450 VA	650 VA	1000 VA	1000 VA	1200 VA	1400 VA	2200 VA	2800 VA	5000 VA	5200 VA
Carga asimétrica	150 VA	150 VA	200 VA	250 VA	300 VA	300 VA	500 VA	600 VA	1000 VA	1200 VA
Rendimiento máximo (%)	93 %	94 %	94 %	93 %	94 %	94 %	93 %	94 %	92 %	94%
Cos φ max.	0.1 - 1 hasta 200VA	0.1 - 1 hasta 300VA	0.1 - 1 hasta 300VA	0.1 - 1 hasta 400VA	0.1 - 1 hasta 500VA	0.1 - 1 hasta 500VA	0.1 - 1 hasta 800VA	0.1 - 1 hasta 1000VA	0.1 - 1 hasta 2000VA	0.1 - 1 hasta 2000VA
Detección de carga	2W únicamente con la opción solar -S						Ajustable: 1 a 20 W			
Corriente de corto circuito AC 2 seg.	2.3 Aac (4.6 Aac*)	3.2 Aac (6.4 Aac*)	4.6 Aac (9.2 Aac*)	5.2 Aac (10.4 Aac*)	5.7 Aac (11.4 Aac*)	7 Aac (14 Aac*)	10 Aac (20 Aac*)	13 Aac (26 Aac*)	26 Aac (52 Aac*)	30 Aac (60 Aac*)
Tensión de salida	Onda sinusoidal 230 Vac (120 Vac*) ±5%									
Frecuencia	50 Hz (60 Hz*) ± 0.05 % (controlado por cuarzo)									
Distorsión THD (carga resistiva)	< 3% (@ Pnom & Uin nom.)									
Consumo Stand-by	0.3 W**	0.5 W**	1.1 W**	0.4 W	0.6 W	1.5 W	0.7 W	1.2 W	0.7 W	1.2 W
Consumo «ON» sin carga	2.4 W	3.5 W	5.2 W	4.6 W	7.2 W	12 W	10 W	13 W	16 W	16 W
Protección de sobre temperatura (±5°C)	Apagado @ 75°C - reinicio automático @ 70°C									
Protección de sobre temperatura y corto circuito	Desconexión automática con 2 intentos de reinicio									
Protección polarización inversa por fusible interno	60 A	40 A	25 A	120 A	90 A	60 A	125 A	100 A	Sin protección	150 A
Protección contra descargas excesivas	Apagado @ 0.87 x Unom - reinicio automático @ Unom									
Corte sobretensión	Apagado @ >1.33 x Unom - reinicio automático @ < Umax									
Alarma acústica	Desconexión antes de batería baja o sobre temperatura									
Datos generales										
Peso	2.4 kg	2.6 kg		4.5 kg			8.5 kg		19 kg	18 kg
Dimensiones A/a/L [mm]	142 / 163 / 84			142 / 240 / 84			142 / 428 / 84		273 / 399 / 117	
Índice de protección IP	IP 30 conforme con DIN 40050						IP 30 conforme a DIN 40050		IP 20 conforme a DIN 40050	
Certificación ECE-R 10 (E24)	•	•	No disponible	•	•	No disponible	•	•	•	•
Declaración UE de conformidad	Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE: - EN 62109-1:2010 Directiva de Compatibilidad Electromagnética (CEM) 2014/30/UE: - EN 61000-6-2:2005, EN 61000-6-4:2007 / A1:2011									
Temperatura de trabajo	-20°C a +50°C									
Humedad relativa de funcionamiento	95 % sin condensación									
Ventilación forzada	A partir de 45°C ± 5°C									
Nivel acústico	< 45 dB (con ventilación)									
Garantía	10 años									
Certificado ISO	9001:2008 / 14001:2004									
Corrección aproximada de Pnom	-1.5%/°C a partir +25°C									
Capacidad de batería recomendada	> 5 x Pnom/Unom (valor recomendado en Ah)									
Longitud de cables (Batería/salida AC)	1.2 m / 1 m			1.5 m / 1 m			1.5 m / 1 m		1.7 m / 1 m	

Anexo N°08

Ficha técnica de cables N2XOH

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

Descripción

Aplicación:

En redes eléctricas de distribución de baja tensión. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados, aplicación directa en lugares de alta afluencia de público. Se puede instalar en ductos o directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.
3. Cubierta externa: Compuesto termoplástico libre de halógenos.

Principales características:

El cable tiene excelentes propiedades eléctricas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior tiene las siguientes características: No propaga el incendio, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Calibre:

Desde 2.5 mm² hasta 500 mm².

Marcación:

FREETOX N2XOH 0.6/1 kV Sección.

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

Aislamiento: Natural.

Cubierta externa: Negro.

Normas nacionales

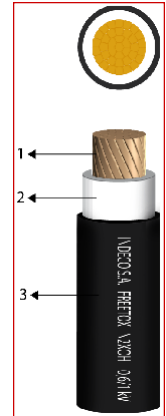
NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

NTP-IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

Normas internacionales aplicables

IEC 60228: Conductores para cables aislados.

IEC 60332-1: Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable



Norma

Internacional IEC 60228;
IEC 60332-1; IEC 60332-3-22 Cat.A;
IEC 60502-1; IEC 60684-2;
IEC 60754-2; IEC 60811-1-1;
IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-3;
IEC 60811-1-4; IEC 60811-2-1;
IEC 60811-3-1; IEC 61034

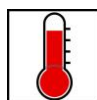
Nacional NTP-IEC 60228; NTP-IEC 60502-1



Libre de halógenos
IEC 60754-2



Tensión nominal de servicio U₀/U
0.6/1 kV



Temperatura máxima del conductor
90 °C



Densidad de los humos
IEC 61034



No propagador del incendio
IEC 60332-3 Cat.A



No propagación de la llama
IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

simple.

IEC 60332-3-22: Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría A.

IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

IEC 60684-2: Tubos aislantes flexibles - Métodos de ensayo.

IEC 60754-2: Determinación del grado de acidez de los gases producidos durante la combustión de los materiales de los cables por la medición del pH y la conductividad.

IEC 60811-1-1: Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

IEC 60811-1-2: Métodos de envejecimiento térmico.

IEC 60811-1-3: Ensayos de absorción de agua - Ensayo de contracción.

IEC 60811-1-4: Ensayo a baja temperatura.

IEC 60811-2-1: Ensayo de resistencia al ozono, ensayo de alargamiento en caliente y resistencia al aceite mineral.

IEC 60811-3-1: Ensayo de presión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

IEC 61034-2: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

Características

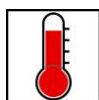
Características de construcción	
Material del conductor	Cobre
Material de aislamiento	XLPE
Cubierta exterior	Compuesto Termoplástico Libre de Halógenos
Color de cubierta	Negro
Libre de halógenos	IEC 60754-2
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U	0.6/1 kV
Características de uso	
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Densidad de los humos	IEC 61034
No propagador del incendio	IEC 60332-3 Cat.A
No propagación de la llama	IEC 60332-1



Libre de halógenos
IEC 60754-2



Tensión nominal de servicio Uo/U
0.6/1 kV



Temperatura máxima del conductor
90 °C



Densidad de los humos
IEC 61034



No propagador del incendio
IEC 60332-3 Cat.A



No propagación de la llama
IEC 60332-1

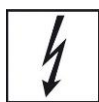
FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

Datos Dimensionales

Sección [mm ²]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
2,5	7	1,92	0,7	0,9	5,3	47
4	7	2,44	0,7	0,9	5,8	64
6	7	2,98	0,7	0,9	6,3	86
10	7	3,99	0,7	0,9	7,1	128
16	7	4,67	0,7	0,9	8,0	189
25	7	5,88	0,9	0,9	9,7	287
35	7	6,92	0,9	0,9	10,7	384
50	19	8,15	1,0	0,9	12,1	507
70	19	9,78	1,1	0,9	14,0	713
95	19	11,55	1,1	1,0	15,9	975
120	37	13,0	1,2	1,0	17,6	1216
150	37	14,41	1,4	1,1	19,6	1497
185	37	16,16	1,6	1,2	22,0	1879
240	37	18,51	1,7	1,2	24,6	2436
300	37	20,73	1,8	1,3	27,2	3040
400	61	23,51	2,0	1,4	30,6	3877
500	61	26,57	2,2	1,5	34,2	4931

Datos Eléctricos

Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
2,5	50	40	38
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525
300	775	790	600


 Libre de halógenos
 IEC 60754-2

 Tensión nominal de servicio U_o/U
 0,6/1 kV

 Temperatura máxima del conductor
 90 °C

 Densidad de los humos
 IEC 61034

 No propagador del incendio
 IEC 60332-3 Cat.A

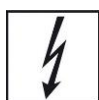
 No propagación de la llama
 IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

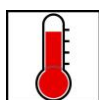
Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
400	895	955	680
500	1010	1100	700



Libre de halógenos
IEC 60754-2



Tensión nominal de servicio U₀/U
0.6/1 kV



Temperatura máxima del conductor
90 °C



Densidad de los humos
IEC 61034



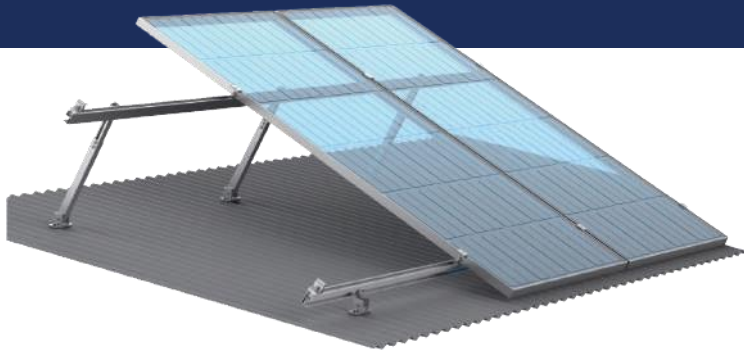
No propagador del incendio
IEC 60332-3 Cat.A



No propagación de la llama
IEC 60332-1

Anexo N°09

Ficha técnica Estructura 4 Paneles
144c 15° Inclinada Falcat



Especificaciones

Materiales: aluminio anodizado 6005 T5

Acero inoxidable 304

Velocidad del viento: hasta 45 m/s

Carga de nieve: hasta 50 cm

Accesorios

144 células

Cantidad/
paneles



2 paneles

2

2

2

2

4

3 paneles

3

3

2

4

4

72 células

Cantidad/
paneles



2 paneles

2

2

4

2

2

4

3 paneles

3

3

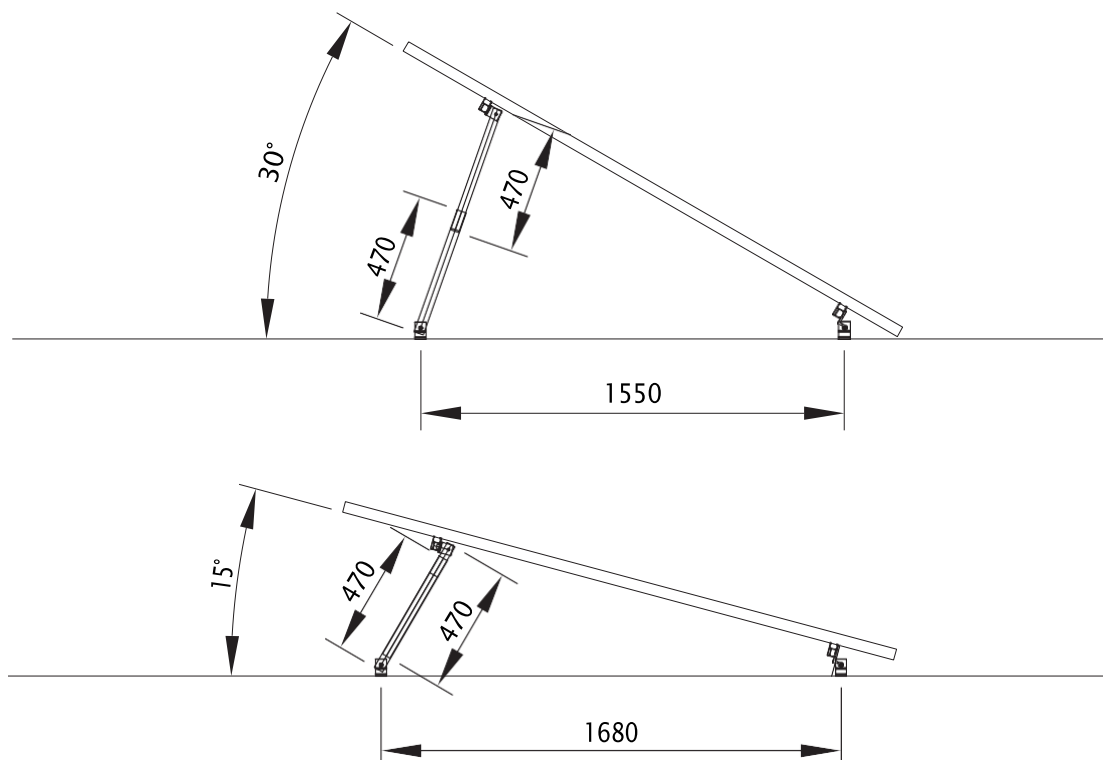
6

4

4

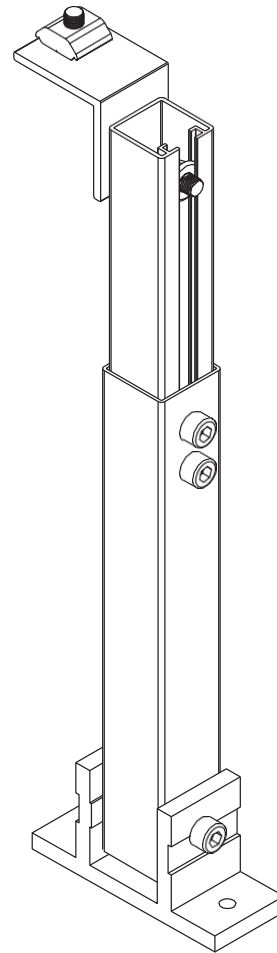
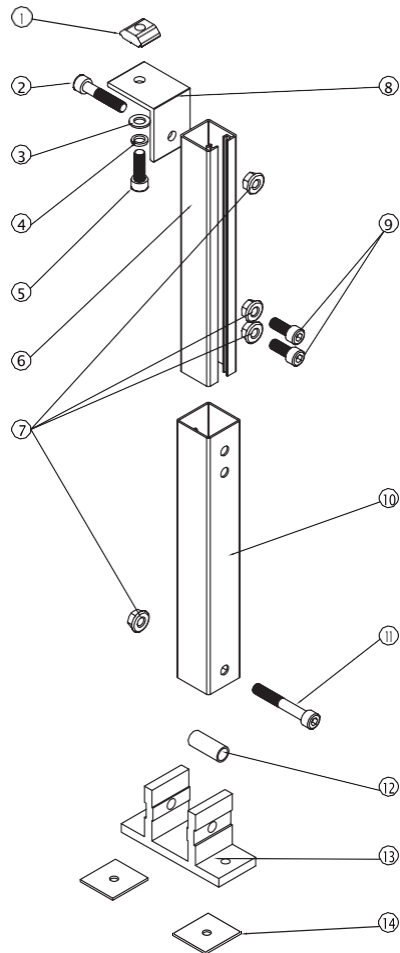
4

Desglose y medidas

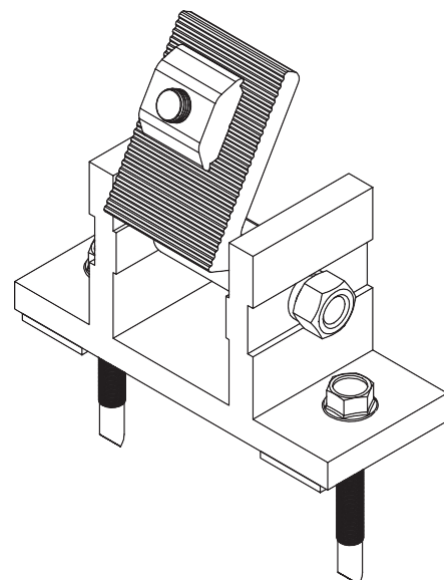
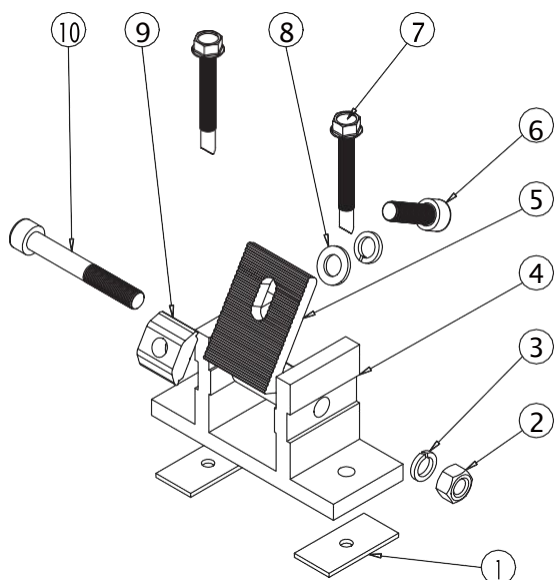


Desglose y medidas

Patas traseras ajustables

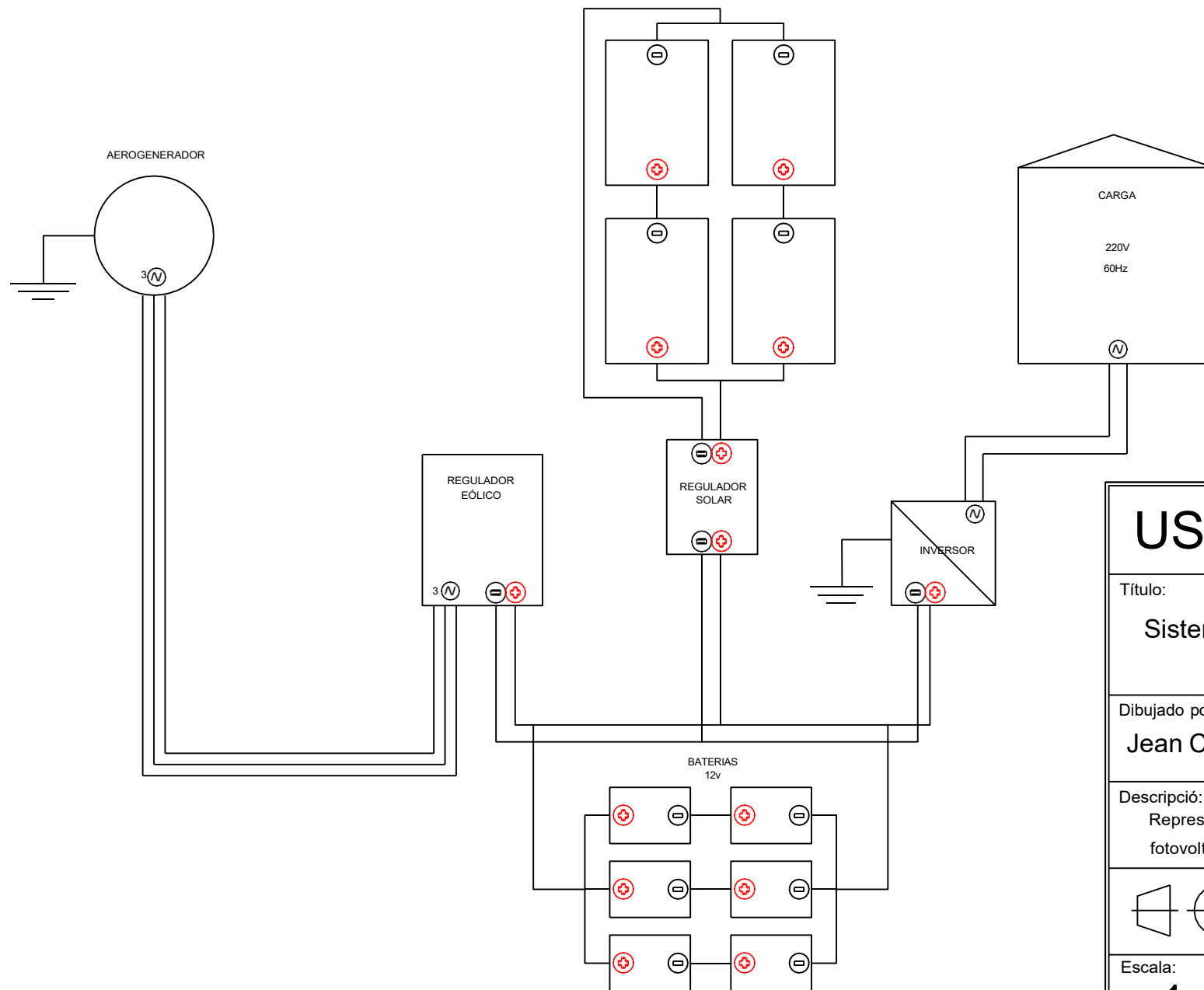


Patas frontales



Anexo N°10

Esquema del Sistema hibrido eólico- Solar



USAT EIME

Título:

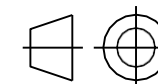
**Sistema Híbrido Eólico
Fotovoltaico**

Dibujado por:

Jean Carlo Abad Heredia

Descripción:

Representación del sistema
fotovoltaico y eólico en conjunto.



Fecha:

02/11/2023

Escala:

1:1

Plano:

N° 01