



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Optimización de la generación de energía eléctrica en la
localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de
Chota, Cajamarca, con el software Homer”**

Autor:

Bach. Paredes Villalobos Elías

Asesor:

Yupanqui Rodríguez Carlos

LAMBAYEQUE – PERÚ

2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Optimización de la generación de energía eléctrica en la
localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de
Chota, Cajamarca, con el software Homer”**

Bach: Paredes Villalobos Elías

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Dr. ING. Carranza Montenegro Daniel:

SECRETARIO: MSC. ING. Niño Vásquez Percy:

MIEMBRO: MSC. Lic. Gutiérrez Atoche Egberto Serafín:

ASESOR: MSC. Ing. Yupanqui Rodríguez Carlos:

Lambayeque – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

CONTENIDOS:

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

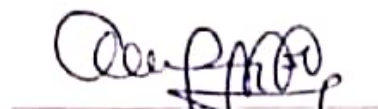
CAPÍTULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA Y LINKOGRAFÍA.


PRESIDENTE

MIEMBRO


SECRETARIO


ASESOR

**Lambayeque – Perú
2021
DEDICATORIA**

Primeramente, agradecer a mis padres por su fortaleza y esfuerzo por educarme para llegar a ser profesional, doy gracias a mis amigos con quienes he compartido en las aulas de la Universidad y además por su apoyo en realizar nuestras labores académicas sobre todo, con mucha humildad y ética.

RESUMEN

En la comunidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región de Cajamarca hoy en día carece de energía en algunas comunidades, actualmente el número de personas vivientes es reducido; es decir la gran mayoría han migrado a la provincia o no viven por lo sus viviendas están abandonadas. Para solucionar se realizó un estudio a esta tesis denominada “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca; aplicado con el software Homer”. En esta tesis se basó principalmente en la data de radiación solar y velocidad del viento por una recolección de datos de 05 años hacia adelante.

De la recolección de datos se concluyó que su temperatura máxima ha tenido valores óptimos respecto a los años anteriores, como también su velocidad del viento alcanza una velocidad de hasta un intervalo de 3 a 4 m/s en el horario de las 3 p.m. hasta las 6:30 p.m. Analizando estos resultados en la localidad de Alto Perú y en todo el distrito de Chalamarca se dispuso dimensionar un sistema eólico solar para realizar una evaluación económica respecto a la producción de energía por estos sistemas (optimización) tratando de instalar alguna industria para dar un mejor uso de la energía, en el distrito. Para ello se analizó la data correspondiente a las HSP presentada a continuación:

- Existe un valor de $4 \text{ kW.h/m}^2/\text{día}$ en HSP (mínimo valor) y un máximo de $5.17 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$.
- En el año 2019 sus valores de velocidad de viento son de 1.53 (valor mínimo) a 2.49 m/s/día (valor máximo) promedio por mes obtenido.

Realizando estas mediciones en la misma localidad, se trató de calcular la máxima demanda, dimensionamiento, selección para abastecer a todos los usuarios abonados incluyendo las cargas especiales como se describe en el siguiente párrafo:

- Se determinó que la máxima demanda actual en la localidad de Alto Perú es de 3.79 kW, la demanda proyectada a 20 años es de 4.19 kW, existiendo 17 usuarios abonados, 0 proyectados

y existentes, entre ellos se conectaría a 03 cargas especiales, se considera como sector típico en el factor 2, coeficiente de alumbrado público (KLAP) de 11, las luminarias tienen una potencia nominal de 50W con pérdidas de 10W, se seleccionó 11 und. Presenta una potencia proyectada a 20 años de 4.65 k VA, de tal manera que se seleccionó un transformador de 5 kVA.

Se concluye lo siguiente en su dimensionamiento.

- Se seleccionó 10 und de paneles de marca Canadian Solar MaxPower, modelo CS6U-330P, de tipo Flat plate policristalino.
- Se seleccionó 04 und de acumuladores: 03 und de acumuladores litio con una capacidad de 1k Wh Li (02 und), 100Li (01 und) y 01 und de acido de litio con una capacidad de 1k Wh Li.
- Se seleccionó 02 und de inversores marca Fronius Symo con una potencia de 4.5 kW.
- Se concluye el dimensionamiento de 02 und de aerogeneradores E44- 900 kW de potencia fabricada por la empresa Enercon; cuyas especificaciones técnicas son: Rotor de 44m de diámetro, con una altura de sus torres son de 55m, presenta un rotor activado a un control de freno mecánico para realizar mantenimientos, su velocidad de arranque es independiente; es decir puede arrancar con sus velocidades mínimas por día hasta una velocidad de desconexión de 28 a 34 m/s.

Con estos datos se calculó el total de componentes, así como también su selección de los mismos (paneles solares, acumuladores de energía, inversores, reguladores de carga como aerogeneradores, etc.) para la producción de energía y posteriormente realizar una evaluación económica respecto a ellos mismos para otetener un financiamiento de parte del gobierno central para mejorar el uso de energía en todo el distrito con energías limpias sin emisión de CO₂, reduciendo las tarifas eléctricas para dar un mejor servicio al poblador sin interrupciones, armónicos.

ABSTRACT

In the community of Alto Perú, district of Chalamarca, province of Chota, region of Cajamarca today lacks energy in some communities, currently the number of living people is small; In other words, the vast majority have migrated to the province or are not living, so their homes are abandoned. To solve this, a study was carried out on this thesis called “Optimization of electric power generation in the town of Alto Perú, district of Chalamarca, province of Chota, Cajamarca region; applied with Homer software”. In this thesis was based mainly on the data of solar radiation and wind speed by a data collection of 05 years onwards. From the data collection it was concluded that its maximum temperature has had optimal values compared to previous years, as well as its wind speed reaches a speed of up to an interval of 3 to 4 m / s at 3 p.m. until 6:30 p.m. Analyzing these results in the town of Alto Peru and throughout the district of Chalamarca, it was decided to size a solar wind system to carry out an economic evaluation regarding the production of energy by these systems (optimization) trying to install some industry to give better use of energy, in the district. For this, the data corresponding to the HSPs presented below was analyzed:

- There is a value of 4 kW.h / m² / day in HSP (minimum value) and a maximum of 5.17 kW.h / m² / day.
- In 2019, its wind speed values are from 1,53 (minimum value) to 2,49 m / s / day (maximum value) average per month obtained.

Carrying out these measurements in the same location, an attempt was made to calculate the maximum demand, dimensioning, selection to supply all subscribing users including special loads as described in the following paragraph:

- It was determined that the current maximum demand in the town of Alto Perú is 3.79 kW, the projected demand for 20 years is 4.19 kW, with 17 subscribing users, 0 projected and existing

ones, between them it would be connected to 03 special loads, it is considered as a typical sector in factor 2, public lighting coefficient (KLAP) of 11, the luminaires have a nominal power of 50W with losses of 10W, 11 und was selected. It has a 20-year projected power of 4.65 kVA, in such a way that a 5 kVA transformer was selected.

The following is concluded in its sizing.

- We selected 10 units of Canadian Solar MaxPower brand panels, model CS6U-330P, of the polycrystalline Flat plate type.
- 04 units of batteries were selected: 03 units of lithium batteries with a capacity of 1k Wh Li (02 units), 100Li (01 units) and 01 units of lithium acid with a capacity of 1k Wh Li.
- 02 units of Fronius Symo brand inverters with a power of 4.5 kW were selected.
- The sizing of 02 units of E44 wind turbines- 900 kW of power manufactured by the company Enercon is concluded; whose technical specifications are: 44m diameter rotor, with a height of its towers are 55m, presents a rotor activated to a mechanical brake control to carry out maintenance, its starting speed is independent; in other words, it can start up with its minimum speeds per day up to a cut-off speed of 28 to 34 m / s.

With these data, the total components were calculated, as well as their selection (solar panels, energy accumulators, inverters, charge regulators such as wind turbines, etc.) for energy production and later an economic evaluation regarding themselves to obtain financing from the central government to improve the use of energy throughout the district with clean energies without CO2 emission, reducing electricity rates to provide a better service to the population without interruptions, harmonics.

ÍNDICE

DEDICATORIA	5
ABSTRACT	7
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	12
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. Realidad problemática.	13
1.2. Formulación del Problema.	13
1.3. Delimitación de la investigación.	13
1.4. Justificación e importancia del estudio.	18
1.5. Limitaciones.	21
1.6. Objetivos.	21
1.6.1. Objetivo General	21
1.6.2. Objetivo Específicos	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes del Problema	22
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	23
2.3. Estudio de sistemas híbridos de generación	24
2.4. Aplicaciones del software HOMER	26
2.4.1. Funcionamiento del HOMER	26
2.4.2. Sistemas fotovoltaicos.....	26
2.4.3. Energía eólica.....	34
2.5. Sistemas de energía renovable y sistemas híbridos.	38
2.6. Dimensionamiento de sistemas híbridos.	39
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	48
3.1. Tipo de investigación	48
3.2. Población y muestra	49
3.3. Hipótesis	49
3.4. Variables – operacionalización	50
3.5. Métodos y técnicas de investigación	50
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	51
Técnicas	51
Instrumentos	51
Observación directa	51
La entrevista	51
Análisis de documentos	51
3.7. Análisis estadístico e interpretación de datos.	52
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	53

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	54
5.1. Evaluación del recurso solar y eólico en el distrito de Chalamarca, provincia de Chota, Región Cajamarca.....	54
5.1.1. Recurso solar.....	54
5.1.2. Recurso eólico.....	62
5.1.3. Análisis de la temperatura máxima y mínima.	71
5.2. Dimensionamiento y optimización utilizando hommer.	74
5.2.1. Ubicación del lugar en el software homer.....	78
5.2.2. Diagrama de carga calculado por homer.....	78
5.2.3. Selección de parámetros de temperatura (°C), radiación solar (kW.h/m2/día) y velocidad del viento (m/s) por Homer.	82
5.2.4. Selección de los componentes utilizando hommer.....	85
5.2.5. Optimización generada por el sistema eólico y solar.....	93
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES RECOMENDACIONES	98
6.1. Conclusiones.....	98
6.2. Recomendaciones.....	99
Referencias bibliográficas.....	100
Linkografía.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1: Ubicación de la provincia de Chota, región Cajamarca.	15
Fig. N° 2: Mapa político de la Provincia de Chota.....	16
Fig. N° 3: Mapa físico del distrito de Chalamarca.	17
Fig. N° 4: Cadena de valor de la electricidad.....	24
Fig. N° 5: Diagrama de los equipos a considerar para la generación de energía.	26
Fig. N° 6: El sol, la fuente principal.	27
Fig. N° 7: Efecto photovoltaic dentro de los paneles solares.	30
Fig. N° 8: Componentes de un Sistema photovoltaic aislado.	31
Fig. N° 9: Componentes de la radiación solar que llegan a la superficie terrestre.....	33
Fig. N° 10: Orientación del panel photovoltaic en distintas zonas.	33
Fig. N° 11: Central eólica para generar electricidad.	36
Fig. N° 12: Componentes de una turbina eólica.	38
Fig. N° 13: Esquema de una instalación eólica photovoltaic.....	39
Fig. N° 14: Conexión típica de un Sistema photovoltaic integrador a la red.	40
Fig N° 15: Esquema de generación Eólica	42

Fig. N° 16: Flujo a través de un disco.	42
Fig. N° 17: Energy exorable del viento.	44
Fig. N° 18: Rosa de viento.	45
Fig. N° 19: Distribución de Weibull.....	46
Fig N° 20: Energía photovoltaics producida en los últimos 10 años en el Perú.....	55
Fig. N° 21: Distrito de Chalamarca.	56
Fig. N° 22: Ubicación de la localidad de Alto Perú.	56
Fig. N° 23: Irradiación solar en hora solar punta promedio (kWh/m ² - mes) año 2 015.....	57
Fig. N° 24: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kWh/m ² - mes) año 2 016.....	58
Fig. N° 25: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kWh/m ² - mes) año 2 017.....	59
Fig. N° 26: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kWh/m ² - mes) año 2 018.....	60
Fig. N° 27: Irradiation salary end hora solar punt promotion (kWh/m ² - mes) año 2019.	61
Fig. N° 28: Precious de la energía solar y eólica en el Perú (2016).	62
Fig. N° 29: Production de energies removable en el Perú año 2011- 2017.....	63
Fig. N° 30: Situati3n actual en el Perú (energía eólica) hasta la actualidad.....	64
Fig. N° 31: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2015.	66
Fig. N° 32: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2016.	67
Fig. N° 33: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2017.	68
Fig. N° 34: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2018.	69
Fig. N° 35: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2019.	70
Fig. N° 36: Temperature minima promotion (°C- mes)- 2015- 2019.....	72
Fig. N° 37: Temperature maxima promotion (°C- mes)- 2015- 2019.....	73
Fig. N° 38: Ingreso al satélite de la NASA prediction of worldwide Energy Resources.....	76
Fig. N° 39: Ingreso a la pantalla de descarga del software Homer.	77
Fig. N° 40: Ubicación del Lugar en la herramienta de Homer.....	78
Fig. N° 41: Diagram de charge seleccionado por Homer.....	80
Fig. N° 42: Diagrama de carga seleccionado por Homer.	81
Fig. N° 43: Temperature promotion (°C) seleccionado por Homer.	82
Fig. N° 44: Radiation solar (kWh/m ² /día) seleccionado por Homer.	83
Fig. N° 45: Velocidad del viento (m/s/día) seleccionado por Homer.	84
Fig. N° 46: Dimensionamiento del Eolic, utilizando Homer	92
Fig. N° 47: Dimensionamiento del Sistema Eolic solar, utilizando Homer.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. N° 1: Variation de la densidad, temperature y presión con la altitude a una atmósfera standar.....	43
Tabla. N° 2: Definición de variables utilizadas.....	50
Tabla. N° 3: Instrumentos utilizados.	51
Tabla N° 4: Potential Eolic (MW) en el Perú (100m) según el Atlas eólico.....	65
Tabla. N° 5: Maxima demanda del caserío de Alto Perú	79
Tabla. N° 6: Panels solaces seleccionados por Homer.	85
Tabla. N° 7: Storage seleccionados por Homer.....	87
Tabla. N° 8: Converter seleccionados por Homer.	88
Tabla. N° 9: Aerogenerador seleccionados por Homer.	90
Tabla. N° 10: Curve de potencies del aerogenerador seleccionados por Homer.	91
Tabla. N° 11: Capacidad installed del Sistema solar, utilizando Homer.....	93
Tabla. N° 12: Optimization del Sistema Eolic solar, utilizando Homer.....	94



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: **Elias Paredes Villalobos**
Assignment title: **TESIS ELIAS REVISION UNO**
Submission title: **OPTIMIZACION DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA ...**
File name: **TESIS_EL_AS.docx_CJC-CY.pdf**
File size: **4.33M**
Page count: **113**
Word count: **16,703**
Character count: **90,864**
Submission date: **10-Oct-2021 12:44PM (UTC-0500)**
Submission ID: **1670113002**



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Optimización de la generación de energía eléctrica en la
localidad de Alto Perú, distrito de Chulucuma, provincia de
Chota, Cajamarca, con el software Matlab"

Autor:

Ruiz Paredes Villalobos Elias

Aseor:

Yupenqui Rodríguez Carlos

LAMBATEQUE - PERÚ

2021

OPTIMIZACION DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA
EN LA LOCALIDAD DE ALTO PERU, DISTRITO DE CHALAMARCA,
PROVINCIA DE CHOTA, CAJAMARCA, CON EL SOFTWARE
HOMER

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unprg.edu.pe Internet Source	2%
2	myslide.es Internet Source	1%
3	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	1%
4	docplayer.es Internet Source	1%
5	edoc.pub Internet Source	1%
6	www.coursehero.com Internet Source	1%
7	1library.co Internet Source	1%
8	repositorio.upao.edu.pe Internet Source	1%

9	es.scribd.com Internet Source	<1%
10	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Student Paper	<1%
11	6044ba4d-7e04-427f-911c-c34972612b9b.filesusr.com Internet Source	<1%
12	archive.org Internet Source	<1%
13	www.slideshare.net Internet Source	<1%



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°007-2021-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 03:00 p.m. del día viernes 22 de octubre de 2021. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/ysm-dvpc-zusde>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N° 190-2021-D-FIME-VIRTUAL, de fecha 18 de octubre de 2021, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis, conformado por los siguientes catedráticos.

Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
ING. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ
M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE
ING. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió la tesis titulada:

"OPTIMIZACION DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN LOCALIDAD DE ALTO PERU, DISTRITO DE CHALAMARCA, PROVINCIA DE CHOTA, CAJAMARCA, CON EL SOFTWARE HOMER"


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **PAREDES VILLALOBOS ELIAS.**

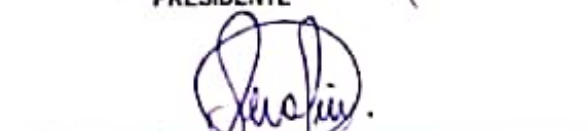
Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (17) en la escala vigesimal, mención **BUENO**.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 4:10 p.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
PRESIDENTE


ING. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ
SECRETARIO


M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE
MIEMBRO


M.Sc. ING. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
ASESOR

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática.

La sociedad en la mayoría de aspectos de la vida está vinculada con la energía eléctrica, por ser de gran relevancia para satisfacer y dar solución al sin número de necesidades que mantienen día a día. Pero a veces por motivos políticos, socioeconómicos, o falta de compromiso de las autoridades; existe un estancamiento para realización de este servicio. Es por ello que, para mejorar la calidad de vida de las personas, encontramos en las fuentes de energía renovable como la biomasa, eólica, fotovoltaica e híbrida (que se hablará en este proyecto de investigación optimizado por el software Homer) que es la fusión de dos o más energías de las ya mencionadas, como opciones para satisfacer dichas necesidades.

Es así que lo que se plantea en esta tesis, es una “Optimización de la generación de energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca”; optimizado con software Homer, ya que se utilizara un sistema híbrido (eólico, fotovoltaico) y las condiciones meteorológicas son activas para realizar dicho proyecto.

1.2. Formulación del Problema.

¿De qué manera podemos optimizar la generación de energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con el software Homer?

1.3. Delimitación de la investigación.

La investigación se realizará en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca.

Según la página web Gob.pe (2020) “El Distrito de Chalamarca es uno de los 19 distritos de la Provincia de Chota, ubicada en el Departamento de Cajamarca, bajo la administración del Gobierno regional de Cajamarca, ubicado en la parte Norte central del Perú”.

“Limita por el norte con el distrito de Tacabamba; por el este con los distritos de Chadín y Paccha; por el sur con el Distrito de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc; y, por el oeste con los distritos de Chota y Conchán” (Gob.pe, 2020).

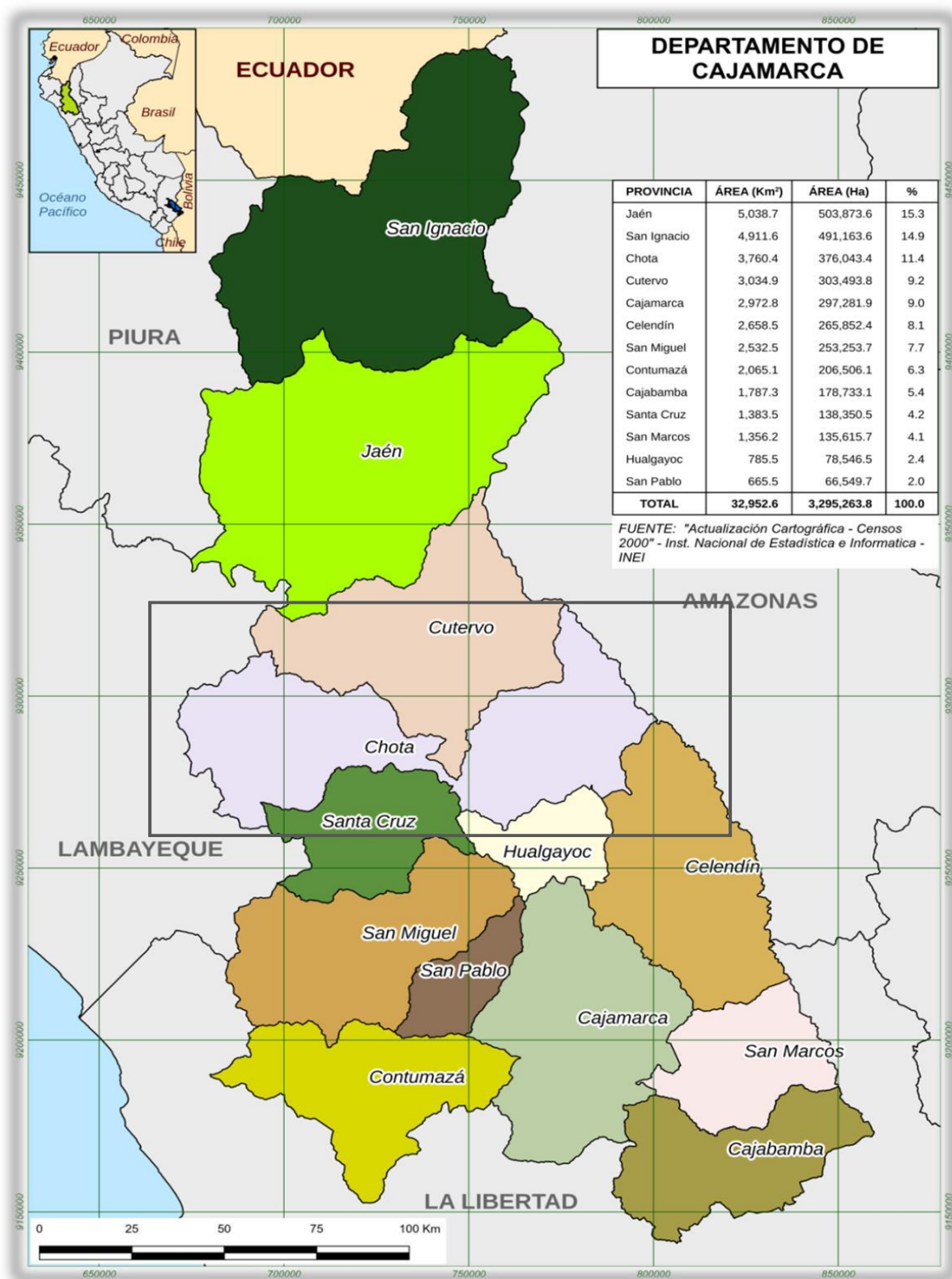


Fig. N° 1: Ubicación de la provincia de Chota, región Cajamarca.
Fuente: Google Maps



Fig. N° 2: Mapa político de la Provincia de Chota.
Fuente: Google Maps

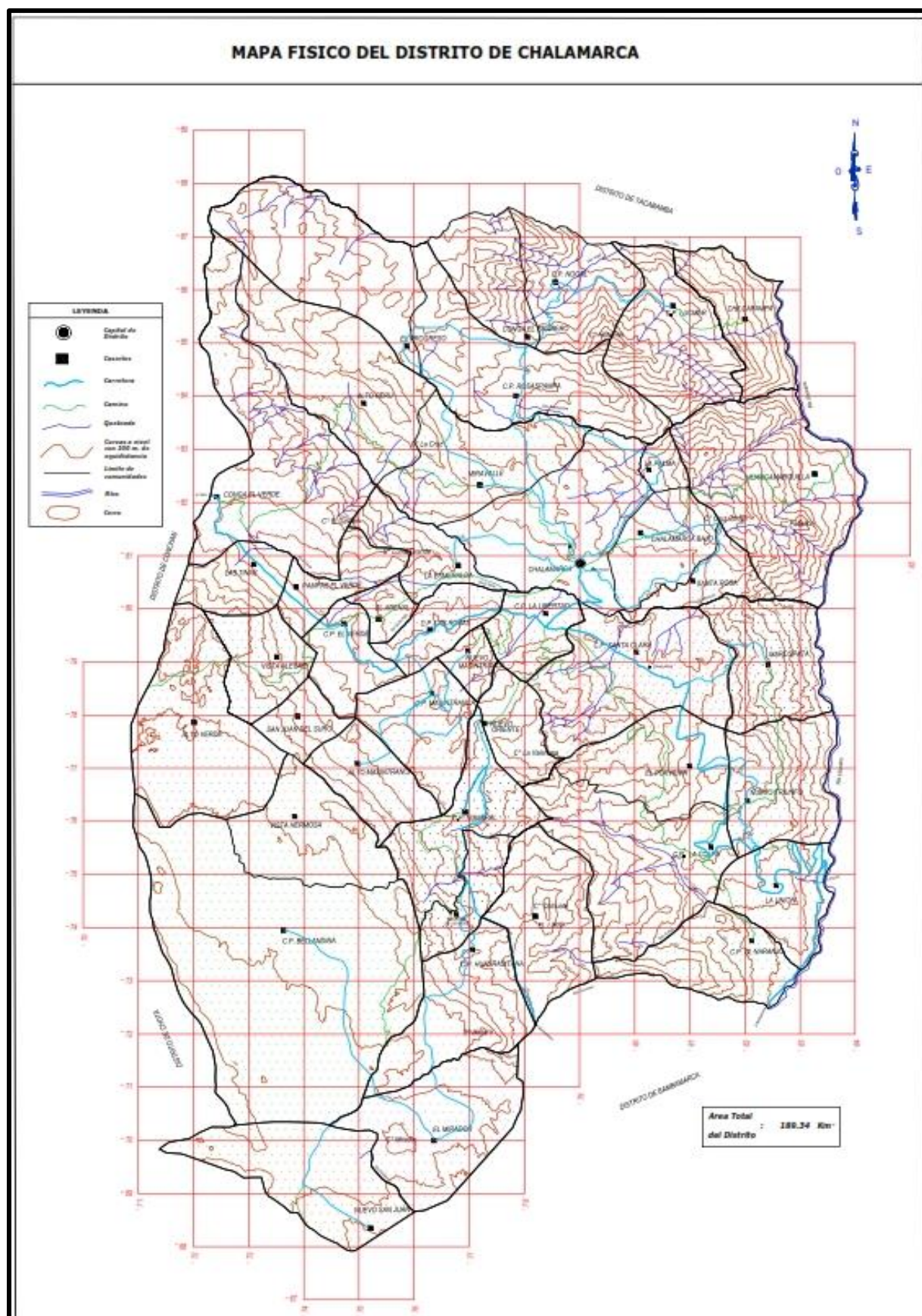


Fig. N° 3: Mapa físico del distrito de Chalamarca.
Fuente: Google Maps

1.4. Justificación e importancia del estudio.

¿Por qué investigar ese problema?

Porque el servicio de energía eléctrica es de suma importancia en la realización de las distintas actividades de la vida del hombre.

¿Para qué investigar ese problema?

Para mejorar la calidad de vida de las personas con la finalidad de generar energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, utilizando energías limpias (eólica, fotovoltaica), mejorando la calidad de vida de cada uno de sus pobladores.

1.4.1. Importancia

Esta tesis tiene la siguiente justificación.

a) Impacto Económico

Los habitantes de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca gozarán con energía para satisfacer sus necesidades económicas y productivas mediante la implementación de pequeñas industrias en su Localidad para dar un mejor consumo y uso de la energía; implementando un plan energético con el desarrollo de proyectos de energías renovables como: Energía solar y eólica, mencionada en la tesis: “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer.” ; con la finalidad que no harán gastos en: Pilas, velas, combustible, etc.

b) Impacto Social

Genera más estabilidad y economía entre todos los usuarios beneficiados mediante energía solar y eólica instalados en todas las viviendas del distrito de Chalamarca y de la provincia de Chota.

c) Estudio de Impacto Ambiental

Es un recurso renovable que no genera contaminación del medio ambiente. Se necesita un estudio de los recursos como: Radiación y viento de los últimos 03 años de la provincia para ver el comportamiento de los datos obtenidos a través del software Homer, mencionada en la tesis de investigación “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer.”. Su costo invertido se podría recuperar en el transcurso de los años dependiendo de la cantidad de energía producida por los módulos, aerogeneradores, Necesitándose medidas favorables de acuerdo a la viabilidad del recurso natural como radiación solar y viento para ser ejecutados; los mismos que serán proyectados e instalados en la localidad de Alto Perú.

d) Estudio Técnico

Incluir y justificar en la medida de lo posible los recursos que sean necesarios para implementar el proyecto: equipo, estudio de los recursos naturales como radiación solar, velocidad del viento de los últimos años presentes (03 años), estudio geográfico del lugar en donde se va a realizar la implementación una vez calculados por el software Homer la evaluación de los equipos: como el dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos, aerogeneradores eólicos, estudio de viabilidad técnica económica, valor actual neto y tasa de retorno (indicado en el capítulo final del proyecto de tesis “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer.”), flujo del proceso de instalación, entre otros.

e) Evaluación Financiera

Presentar el flujo de proceso de instalación, justificar el plazo de investigación de tesis realizado “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer.”: Detalle de inversiones, ingresos, gastos, factores fiscales. En la medida de lo posible, evaluar la viabilidad del proyecto de investigación y ejecución.

f) Estudio de Factibilidad del proyecto de Investigación

Para efectos de este estudio de viabilidad, se presenta este proyecto de tesis “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer.” que debe considerarse como una versión en extremo condensada de un documento de pre-factibilidad. En realidad, es un parque híbrido, estudio de pre-factibilidad y estudio de factibilidad, por cuanto contiene elementos de los tres. Realizando el estudio de las medidas tomadas de los recursos utilizados tales como: Radiación solar, velocidad de viento, temperatura máxima y mínima de los últimos 03 años hacia adelante; obteniendo como resultado que la velocidad del viento ha ido aumentando en los últimos años, para ello se realizó una investigación en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca; realizado las encuestas del INEI.

Actualmente carecen de energía eléctrica una cantidad de 6 010 viviendas, como solución de mejorar el uso del recurso energético para satisfacer la demanda de la población mediante la eficiencia de los recursos. Elaborando un presupuesto al finalizar los capítulos; siendo ejecutado por las municipalidades distrital y provincial; una vez aprobada el proyecto de investigación para el servicio de la comunidad y distrito.

1.5. Limitaciones.

Las limitaciones de esta evaluación de potencial eólico solar se basan en cuanto a la obtención de datos proveniente de las siguientes fuentes:

Con respecto a la velocidad y dirección del viento, tenemos las siguientes fuentes. Datos obtenidos del SENAMHI de la estación meteorológica automática de la provincia de Cutervo y datos de la página web oficial del SENAMHI; así como también las medidas que nosotros hemos realizado con nuestro anemómetro digital marca: BENETECH, modelo: GM816. Y con respecto a la irradiación solar, tenemos los datos obtenidos del SENAMHI de la estación meteorológica automática de la provincia de Cutervo y datos de la página web oficial del SENAMHI; así como también las medidas que nosotros hemos realizado con nuestro radiómetro digital de marca: UVP, modelo: PCE-UV34. Como también en ambos casos no apoyamos de los datos del satélite de la NASA (prediction of worldwide Energy Resources)

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Optimizar la generación de energía eléctrica dimensionando los equipos de generación aplicando el software Hommer, que sea capaz y eficiente de brindar un buen servicio eléctrico a la localidad de ALTO PERÚ.

1.6.2. Objetivo Específicos

- a.** Evaluar el recurso eólico y solar para el aprovechamiento en la producción de energía eléctrica.
- b.** Determinar el dimensionamiento y optimización de energía de los equipos necesarios, utilizando el software Homer.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

1. Realidad nacional

Chercca (2014) en su trabajo de tesis titulado: “Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Generación de Energía Eléctrica y la Reducción de Emisiones de CO₂ en el Poblado Rural la Gramita de Casma”. El autor indica que: “La presente Tesis de Maestría es una investigación aplicada cuya metodología parte de la evaluación de tecnologías independientes como son el uso de aerogeneradores y los paneles fotovoltaicos” (pág. 10).

“La combinación adecuada de éstas dos tecnologías, para lo cual se ejecutaron labores de gabinete y de campo, que dan como resultado el diseño de un aerogenerador de 2 kW con imanes permanentes de neodimio” (pág. 10).

Chercca (2014) “El uso de 28 paneles Fotovoltaicos de 240Wp, acumuladores o baterías, Reguladores de carga e Inversor que conforman un Sistema Híbrido Eólico, fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica para los pobladores de la Caleta La Gramita de la Provincia de Casma” (pág. 10).

Chercca (2014) “La demanda energética es de 49,25 kW.h/día, lo que permitirá mejorar la calidad de vida y mitigar los impactos ambientales por las emisiones contaminantes por el uso de carbón, velas, mecheros y grupos electrógenos” (pág. 10).

2. Realidad local

(GUEVARA Magdiel, 2013 pág. 1,2) en su trabajo de tesis titulado: “Sistema Híbrido de Generación de Energía Eléctrica Eólico – Fotovoltaico Aislado Para el Suministro Eléctrico Demandado Por un Edificio Habitacional”. En este proyecto, la generación de energía es

necesaria para el abastecimiento de las diferentes unidades habitacionales, diseñando de esta manera un edificio habitacional donde se aprovecharán los recursos renovables como lo son la radiación solar y la energía eólica, utilizando así la tecnología requerida para suministrar la carga eléctrica demandada.

Explica las características de instalación, así como los elementos necesarios para un funcionamiento eficaz, resaltando todos los beneficios de aprovechar recursos totalmente renovables. Se elaborará un diseño híbrido de generación de energía eléctrica eólico-fotovoltaica para un edificio habitacional luego de analizar la factibilidad del clima para poder brindar una energía de calidad.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

La sociedad en la mayoría de aspectos de la vida está vinculada con la energía eléctrica, por ser de gran relevancia para satisfacer y dar solución al sin número de necesidades que mantienen día a día. Pero a veces por motivos políticos, socioeconómicos, o falta de compromiso de las autoridades; existe un estancamiento para realización de este servicio. Es por ello que, para mejorar la calidad de vida de las personas, encontramos en las fuentes de energía renovable como la biomasa, eólica, fotovoltaica e híbrida (que se hablará en este proyecto de investigación optimizado por el software Homer) que es la fusión de dos o más energías de las ya mencionadas, como opciones para satisfacer dichas necesidades.

Es así que lo que se plantea en esta tesis, es una “Optimización de la generación de energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca”; optimizado con software Homer, ya que se utilizara un sistema híbrido (eólico, fotovoltaico) y las condiciones meteorológicas son activas para realizar dicho proyecto.

2.3. Estudio de sistemas híbridos de generación

2.3.1. Sistema híbrido

Cuando dos más fuentes de energía renovable se utilizan para generar energía eléctrica se tiene un sistema híbrido, la idea de utilizar más de dos fuentes es que ambas se complementen.

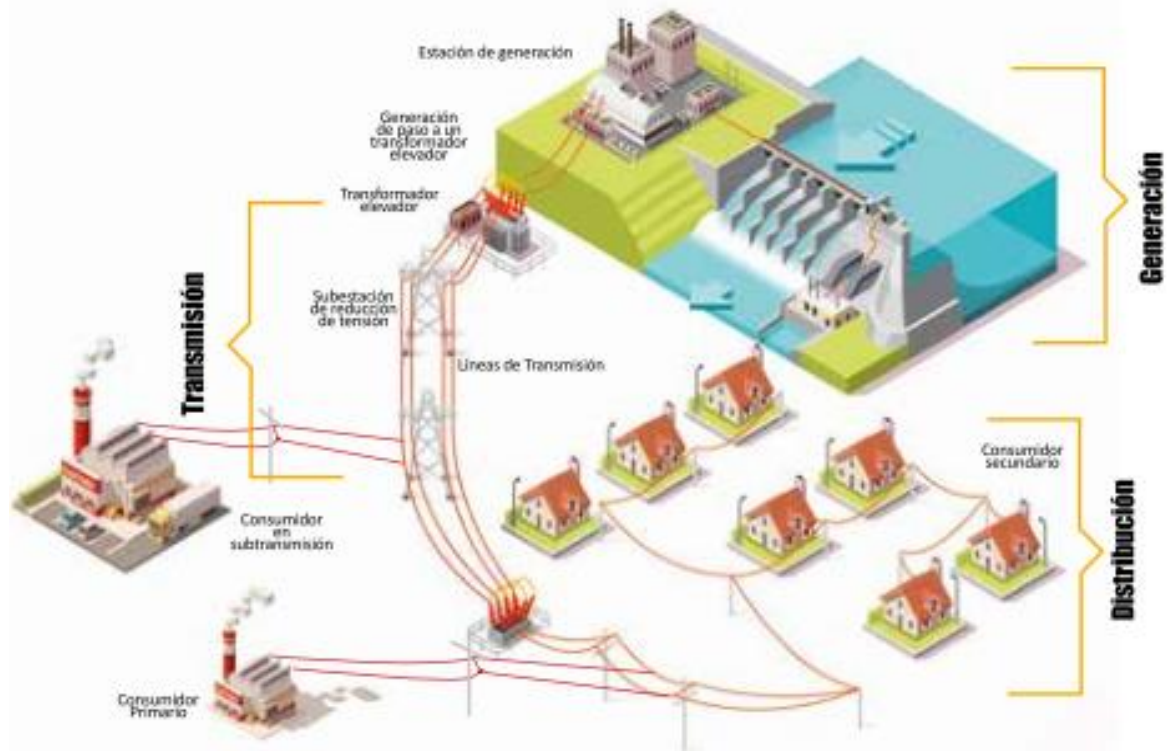


Fig. N° 4: Cadena de valor de la electricidad
Fuente: (Osinergmin 2016).

2.3.2. Descripción del software Homer.

Para Bertua y Peñalvo (2016), en su tesis titulada “Análisis y selección de un sistema de energía renovable híbrido en la zona de Valencia utilizando el proceso analítico jerárquico (AHP)”.

HOMER (Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources)

Según: NREL (2013) “Es un software originalmente desarrollado por National Renewable Energy Laboratory, mejorado y distribuido por Homer Energy. Extensamente utilizado para el

diseño de redes aisladas remotas en cualquier sector, ya sea industrial, doméstico, militar, etc.” (pág. 12).

Bertua y Peñalvo (2016) “El programa identifica el sistema de mínimo costo de un conjunto de alternativas posibles, simulando el comportamiento horario del sistema a lo largo de un año, y ordenando las soluciones crecientemente con el VAN para el ciclo de vida de la instalación” (pág. 12).

“La simulación se realiza hora por hora, calcula por cada hora del año la potencia renovable disponible, la energía eléctrica generada y la compara con la demanda de las cargas” (Bertua & Peñalvo, 2016, pág. 12).

Bertua y Peñalvo (2016) “Cuando ha completado un año de simulación, el programa determina si se cumplieron las restricciones impuestas por el usuario, las cantidades de energía generadas, la fracción de energía renovable” (pág. 12).

2.3.3. Objetivos del software

Según: NREL (2013) “HOMER encuentra la combinación de componentes de menor costo que satisfacen las cargas eléctricas y térmicas” (pág. 1).

Según: NREL (2013) “HOMER simula miles de configuraciones de sistemas, optimiza para los costos de ciclos de vida y genera resultados de análisis sensible para la mayoría de los datos de entrada” (pág. 1).

2.3.4. Variables de entrada del software

Para iniciar el estudio en el software es necesario datos iniciales de equipos que se utilizaran, por ejemplo: paneles solares, banco de baterías, inversor, aerogenerador etc.

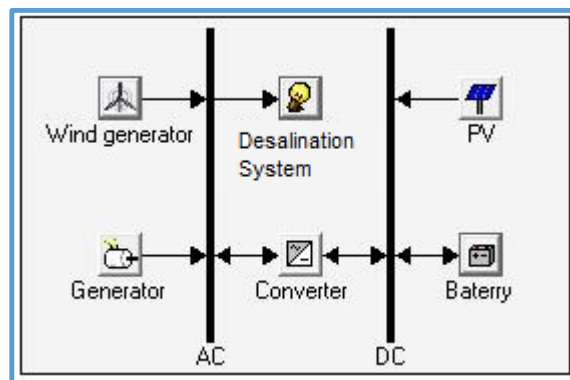


Fig. N° 5: Diagrama de los equipos a considerar para la generación de energía.
Fuente: (Facundo Bertua Ríos, Elisa Peñalvo López, Pág.38, 2017)

2.4. Aplicaciones del software HOMER

2.4.1. Funcionamiento del HOMER

Según: NREL (2013) “HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8 760 horas de un año” (pág. 1).

Según: NREL (2013) “Para cada hora, HOMER compara la carga eléctrica y térmica con la energía que el sistema puede entregar en una hora” (pág. 1).

2.4.2. Sistemas fotovoltaicos

Jery y Sacha (2017) “Es un conjunto de dispositivos que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos: inversor, acumulador, regulador y módulos o paneles fotovoltaicos” (pág. 25).

2.4.2.1. Fuentes de los sistemas fotovoltaicos.

- **El sol.**

Para Ramos y Luna (2014) en su tesis titulada “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de Salamanca”

“El Sol proporciona la energía para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta. Además, con un coste nulo: la luz del Sol nos llega continuamente, y a toda la superficie del planeta” (pág. 2).

“Sin duda alguna, aprovechar más esta energía que nos llega ininterrumpidamente puede ayudar a resolver nuestros problemas energéticos. Además, la energía solar es una energía limpia: las centrales solares no contaminan” (pág. 2).

“Aunque la luz del Sol nos aporta una gran cantidad de energía, ésta está dispersa por todo el planeta, por lo que es necesario concentrarla para obtener energía eléctrica de una manera rentable” (pág. 2).



Fig. N° 6: El sol, la fuente principal.
Fuente: (Ramos López, Luna Puente 2014. Pág. 3).

2.4.2.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

1. Sistema fotovoltaico conectado a la red

Jery y Sacha (2017) “Son sistemas muy atractivos para zonas urbanizadas cercanas a la red eléctrica, tanto en grandes o pequeñas ciudades y sirve para el aprovechamiento de energía en el día” (pág. 27).

2. Sistema fotovoltaico aislado.

Jery y Sacha (2017) “Están constituidos por las celdas solares quienes son el motor o generador para la producción de energía” (pág. 27).

Jery y Sacha (2017) “esta energía producida por los paneles solares se debe acumular o almacenar en baterías, ya que servirán para distribuir la energía almacenada en su interior, para luego redirigirse a nuestros electrodomésticos y bombillos en el hogar” (pág. 27).

3. Sistema fotovoltaico híbrido

Jery y Sacha (2017) “Este sistema, además de contar con las placas fotovoltaicas para recoger energía utilizan algún otro sistema para generar energía, es decir, usar otra energía auxiliar, tal como: un generador diésel, hidráulico, eólico. De este modo garantizan el suministro eléctrico” (pág. 28).

2.4.2.3. Componentes de un sistema fotovoltaico aislado

1. Módulo o panel fotovoltaico

Según Blas y Miguel citados por Aragón (2015): “Un panel fotovoltaico es un conjunto de células solares, conectadas eléctricamente, envueltas para protegerlas y con un marco metálico para su montaje. Siendo las bases para la generación de electricidad a partir de la energía solar” (pág. 35).

- **Corriente de cortocircuito (I_{cc}/I_{sc})**

Según Espinoza y Poma (2019): “Es la máxima corriente que se puede obtener de la célula fotovoltaica se obtiene midiendo la corriente de la célula cuando la tensión en sus bornes es de cero voltios” (pág. 41).

- **Tensión o Voltaje de circuito abierto (V_{co})**

Según Espinoza y Poma (2019): “Es la máxima tensión que se puede extraer de una célula solar, si la corriente que se extrae de la célula es nula” (pág. 41).

- **Potencia máxima (P_{max}) o Potencia pico**

“Es el producto máximo que se obtiene de voltaje y corriente, el punto (V_M , I_M)” (Hualpa, 2016, pág. 53).

- **Factor de forma (FF)**

“Es un concepto que permite medir la forma de la curva característica del panel, es decir, la curva I vs V ” (Hualpa, 2016, pág. 53).

- **Eficiencia total del panel (η)**

Según Carta, Calero, Colmenar, Castro y Collado citados por Espinoza y Poma (2019): “Representa la relación entre la potencia que obtenemos de la célula y la potencia de la luz que incide sobre ella” (pág. 42)

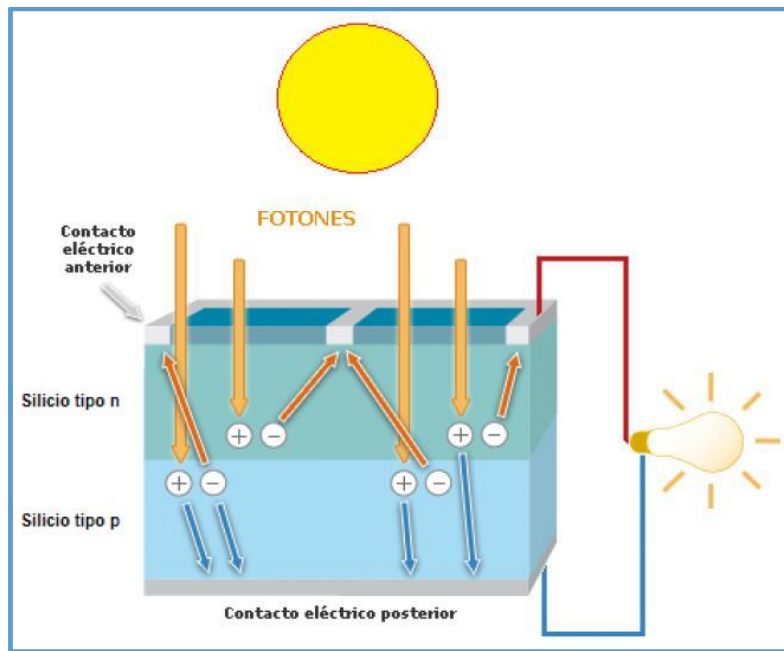


Fig. N° 7: Efecto fotovoltaico dentro de los paneles solares.
(Fuente: Jery Huaychuco y Sacha Navarro (2017), Pág. 34)

2. Baterías

Jery y Sacha (2017) “La energía producida por el campo fotovoltaico se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional y, además, su aleatoriedad” (pág. 34).

“Esto afecta negativamente a la disponibilidad de la energía y, consiguientemente, a su autonomía. Para evitar este inconveniente es necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías” (Jery & Sacha, 2017, pág. 34).

- **Capacidad de descarga**

Según Valdiviezo (2014) “Es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que actúa. Si la temperatura es mayor a la indicada en el catálogo, la capacidad disminuye; si la temperatura es menor, puede afectar la vida útil de la batería” (pág. 16).

- **Profundidad de la descarga**

Según Valdiviezo (2014) “Es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Para aplicaciones fotovoltaicas es común utilizar baterías de descarga profunda, es decir, descargas entre 75% - 80%” (pág. 17).

- **Ciclo de vida**

Según Valdiviezo (2014) “Cantidad de cargas/descargas que llega a tener la batería. La vida útil depende del espesor de las placas, concentración del electrolito y principalmente de la profundidad de descarga” (pág. 17).

3. Regulador de carga.

Según: Diaz y Carmona (2010) afirman que: “Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías” (Diaz & Carmona, 2010, pág. 19).

“La misión evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil” (Diaz & Carmona, 2010, pág. 19).

4. Inversor

Según Valdiviezo (2014)“Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. Se basan en dispositivos electrónicos que permiten interrumpir y conmutar su polaridad” (pág. 19).

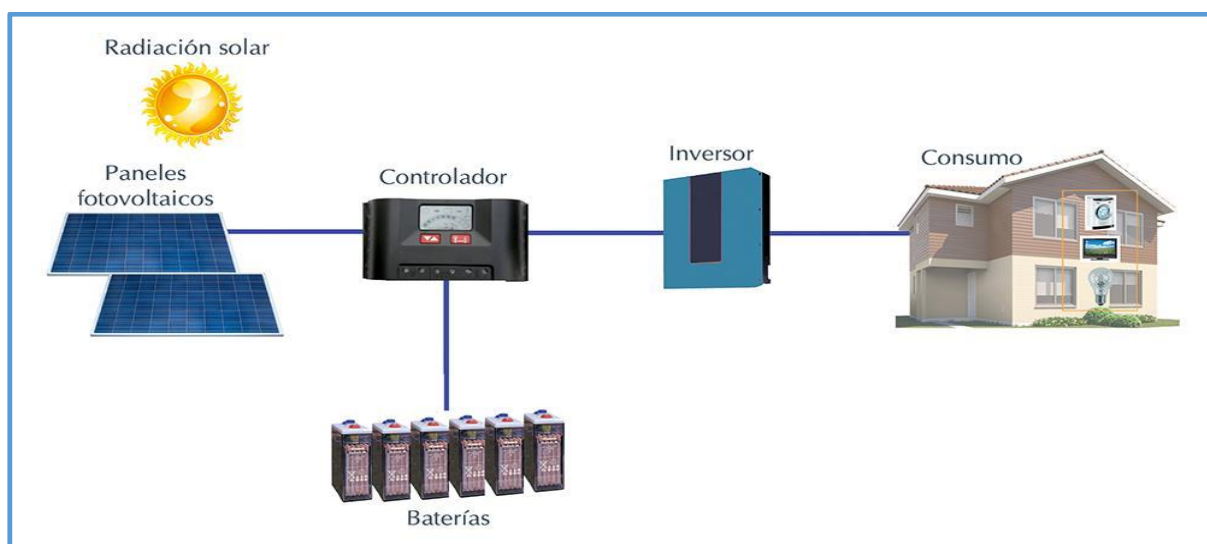


Fig. N° 8: Componentes de un Sistema fotovoltaic aislado.

Fuente: <https://bester.energy/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>

2.4.2.4. Factores que afectan el rendimiento de un panel fotovoltaico.

- **Luz incidente**

Según Reyes (2019) “Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía” (pág. 41).

“Por otro lado, la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja” (Reyes, 2019, pág. 41).

- **Reflexión**

Según Reyes (2019) “Estas pérdidas se producen en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuirlas, se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas en la fabricación” (pág. 41).

- **Efecto de la sombra**

Según Reyes (2019) “Las sombras afectan notoriamente el rendimiento de los paneles solares, es por esto que al diseñar una instalación fotovoltaica se debe procurar situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias” (pág. 41).

“Este efecto es notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla” (pág. 41).

- **Orientación y ángulo de inclinación**

Martínez citado por Reyes (2019) “Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol” (pág. 42).

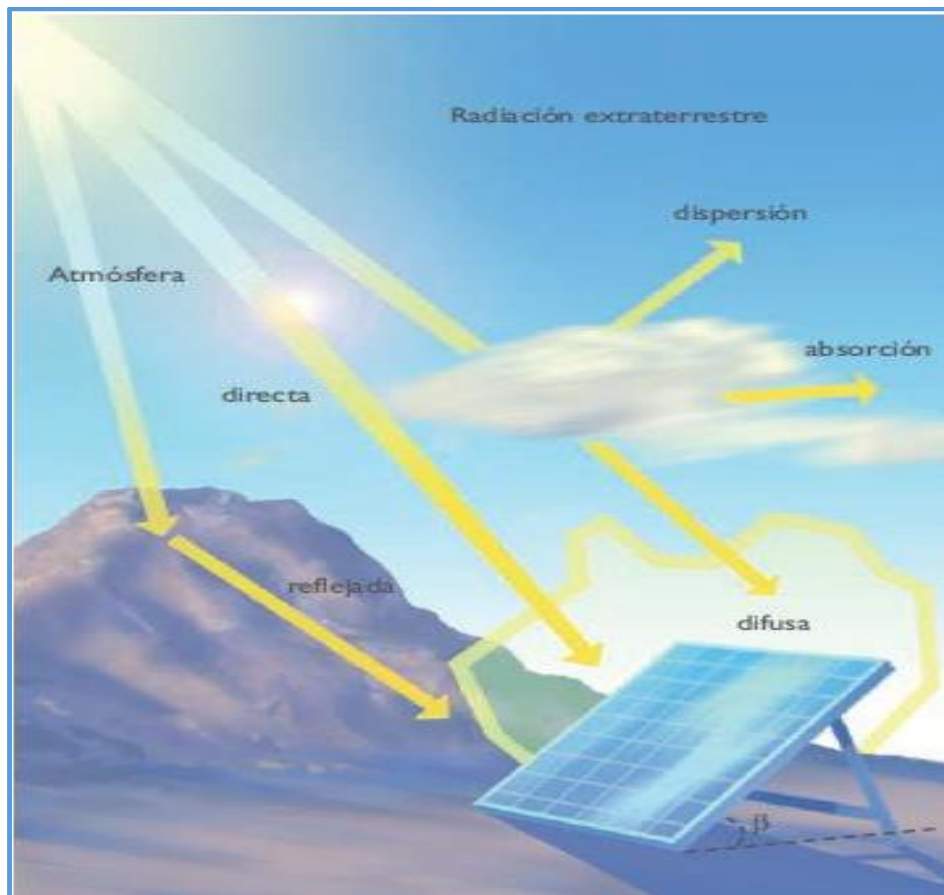


Fig. N° 9: Components de la radiación solar que llegan a la superficie terrestre.
Fuente: Jery Huacaychuco y Sacha Navarro (2017), Pág. 35.

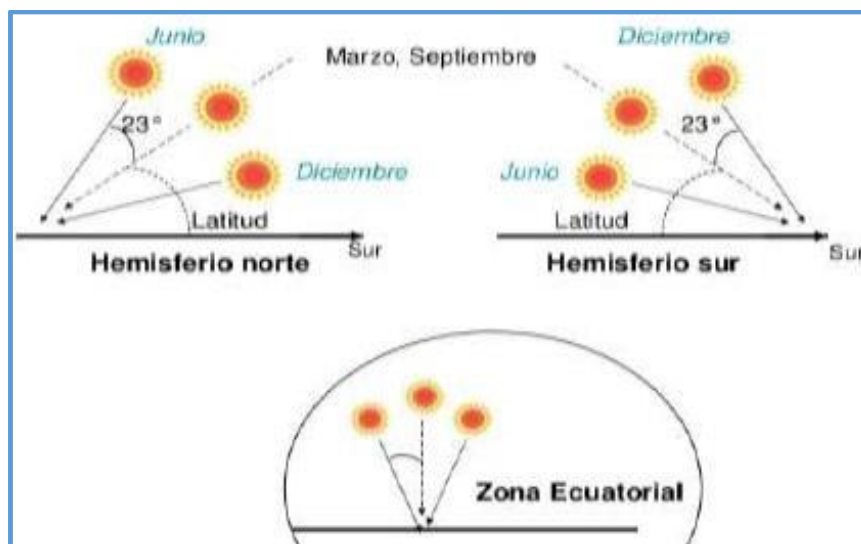


Fig. N° 10: Orientation del panel fotovoltaic en distintas zonas.
Fuente: Jery Huacaychuco y Sacha Navarro (2017), Pág. 36.

2.4.2.5. Mantenimiento de un sistema fotovoltaico.

Según Bautista citado por Jery y Sacha (2017) “El mantenimiento del sistema fotovoltaico es muy bajo comparado con otros sistemas energéticos” (pág. 50).

“Si el sistema está en un entorno cuyo clima es polvoriento y con poca lluvia, se debe limpiar periódicamente, pero comúnmente la lluvia se encarga de realizar la limpieza de los paneles fotovoltaicos” (Jery & Sacha, 2017, pág. 50).

Según Bautista citado por Jery y Sacha (2017) “en esta circunstancia solo se limpiaría el panel solar una o dos veces al año. El modo adecuado de limpiarlos sería con agua y jabón no agresivo, con la ayuda de una esponja suave” (pág. 50).

2.4.3. Energía eólica.

Según PUCP (2015) “La energía eólica es una fuente de energía renovable que convierte la energía cinética del viento, por medio de aerogeneradores, en energía eléctrica” (pág. 1).

“La energía eólica es la energía obtenida del viento. El viento tiene su origen en el desigual calentamiento de la atmósfera. Alrededor del 2% de la radiación proveniente del sol es convertida en energía eólica” (Román & Villacrés , 2019, pág. 1).

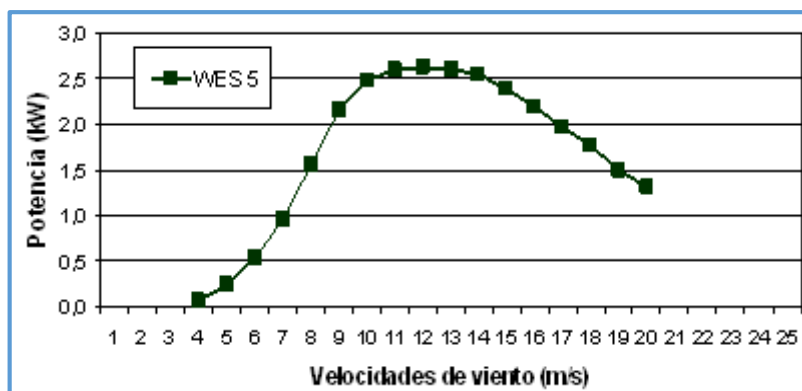


Fig. N° 1: Curvas de potencias del aerogenerador de 2.5 k W (WES 5).
Fuente: Ttacca Hualla y Mostajo Sotomayor (2017), Pág. 20

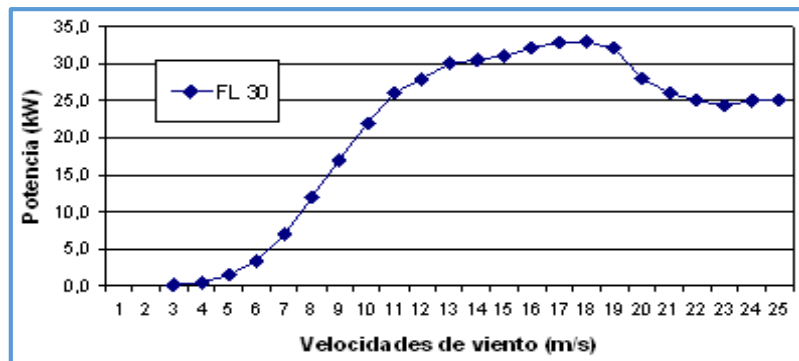


Fig. N° 2: Curva de potencia del aerogenerador de 30 k W (FL30).

Fuente: Ttacca Hualla y Mostajo Sotomayor (2017), Pág. 21

En las figuras 2 y 3 se muestran ejemplos de curvas de potencia de aerogeneradores los cuales asociadas a los datos la velocidad del viento nos darán como resultado la energía que se puede obtener de dichos aerogeneradores.

2.4.3.1. El viento

Según Hualpa (2016) “Todas las fuentes de energía renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 10^{14} kW.h de energía hacia la Tierra” (pág. 2).

“Alrededor de un 1 a un 2 por ciento de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica” (Hualpa, 2016, pág. 2).

Según Hualpa (2016) “Las corrientes de aire son causadas por diferencias de presión en diferentes regiones del planeta debido a diferencias de calentamiento en la superficie por la radiación solar” (pág. 2).



Fig. N° 11: Central eólica para generar electricidad.
Fuente: (Humberto Ramos López, Rafael Luna Puente. Pág. 3).

2.4.3.2. Rotor

Según Vassaux (2004) “El rotor es el elemento principal de una máquina eólica, siendo su función la transformación de la energía cinética del viento en mecánica utilizable” (pág. 10).

“Existe gran variedad de rotores y su clasificación más usual se realiza en función de la disposición del eje: horizontal o vertical, de los cuales el primero es el más común” (Vassaux, 2004, pág. 10).

“Los rotores de eje horizontal tienen aspas que giran en un plano vertical como las hélices de un avión” (Vassaux, 2004, pág. 10).

“Para sistemas de generación eléctrica, el rotor consiste generalmente en dos o tres aspas y está hecho de fibra de vidrio con poliéster o epoxy; además el cubo que conecta las aspas al eje” (Vassaux, 2004, pág. 10).

2.4.3.3. Tren de potencias

Según Vassaux (2004) “El tren de potencia está constituido por el eje de velocidad baja, la caja de cambios de velocidad, el eje de velocidad alta y las balineras o cojinetes que soportan los ejes” (pág. 11).

“Se aplica en sistemas grandes eléctricos para adaptar la velocidad del eje a la del generador. Algunas turbinas no contienen la caja de cambios” (Vassaux, 2004, pág. 11).

2.4.3.4. Sistema eléctrico

Según Vassaux (2004) “En sistemas de generación eléctrica, éste se refiere al generador, el cual está acoplado al eje para transformar la energía mecánica en eléctrica. Además, consiste en las interfaces para la conexión a las aplicaciones o a la red eléctrica” (pág. 11).

2.4.3.5. Chasis

Según Vassaux (2004) “Contiene los elementos claves de la turbina, como la caja de cambios y el generador. En turbinas grandes, el chasis puede tener el tamaño de un microbús y el personal de mantenimiento entra a él desde la torre” (pág. 11).

“Es una pieza metálica forjada sobre la cual se montan diferentes partes del tren de conversión modularmente, al mismo tiempo que lo protege del ambiente y sirve de aislante al ruido mecánico de la caja de cambios y del generador” (Vassaux, 2004, pág. 11).

2.4.3.6. Sistema de orientación

Según Vassaux (2004) “Las máquinas de eje horizontal tienen este componente, el cual detecta la orientación del viento y coloca el rotor en su misma dirección para aprovecharlo al máximo” (pág. 12).

“El sistema de orientación está compuesto por el cojinete, los motores eléctricos, los sensores y un freno mecánico” (Vassaux, 2004, pág. 12).

2.4.3.7. Torre

Según Vassaux (2004) “Las máquinas eólicas deben estar situadas sobre una estructura de soporte capaz de aguantar el empuje del viento que transmiten el sistema de captación y las eventuales vibraciones” (Vassaux, 2004, pág. 12).

“Su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias, debidas al suelo, afecten a la máquina y para superar los obstáculos cercanos” (Vassaux, 2004, pág. 12).

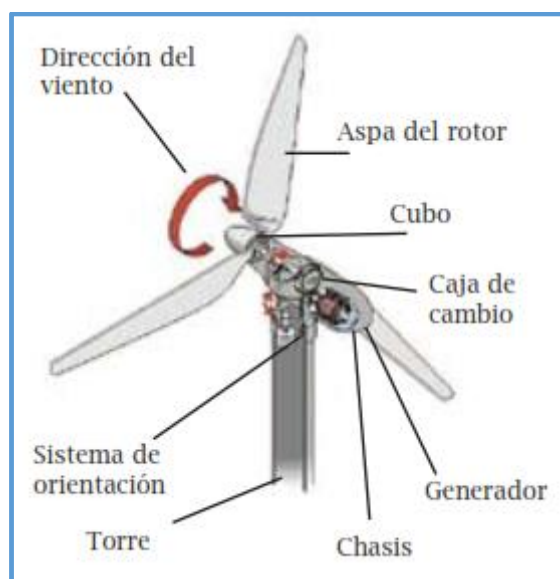


Fig. N° 12: Componentes de una turbina eólica.
Fuente: Manuales sobre energía renovable (2016), Pág. 50

2.5. Sistemas de energía renovable y sistemas híbridos.

Para Restrepo Garcés, Manotas Duque y Lozano (2016) en su “Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes Renovables en Edificios Comerciales”.

El aumento del costo de las costumbres ha hecho de que se busquen otras formas de como generar energía eléctrica una buena opción para ello es aprovechar las energías renovables: la energía solar, energía eólica, la biomasa, etc. Pero es necesario aprovechar más de 2 fuentes debido a que no están disponibles a lo largo de todo el día. Por ejemplo, en la noche se requiere que las lámparas reciban energía eléctrica sin embargo la irradiación solar es muy pequeña.

Según Him (2013) “Un sistema híbrido es aquél que aprovecha dos o más fuentes de energía para suministrar la energía requerida. Un buen diseño de un sistema híbrido busca: Garantizar la generación de la energía necesaria”.

Según Him (2013) “Además, minimizar la dependencia del sistema de almacenamiento, optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos; disminuir los costos del sistema, de la instalación y los costos operativos”.

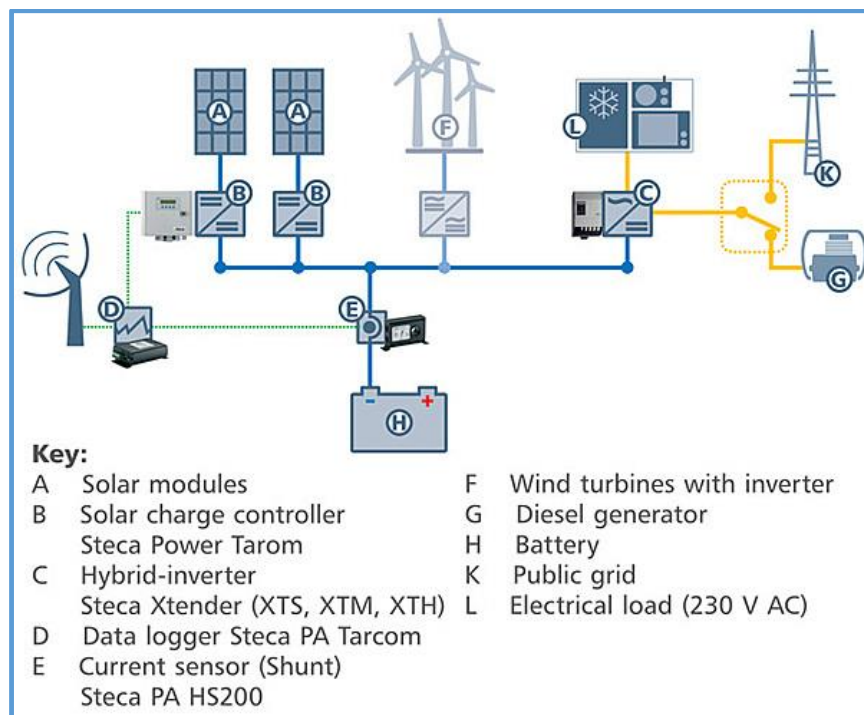


Fig. N° 13: Esquema de una installation eólica fotovoltaic.
Fuente: (Bertua Ríos, Peñalvo López, pág. 12; 2017).

2.6. Dimensionamiento de sistemas híbridos.

Según Ramos y Luna (2014) “Antes de que se genere un sistema híbrido, con varias fuentes de energía, es necesario dimensionar los componentes de manera individual” (pág. 44).

Es necesario entonces ingresar los datos de irradiación solar y velocidad del viento ubicación geográfica del predio, equipos preseleccionados con la finalidad de simular el sistema cuando está suministrando energía eléctrica.

2.6.1. Energía Solar Fotovoltaica (FV)

según la página web IBERDROLA (2021) “La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico”.

según la página web IBERDROLA (2021) “Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas. Descubre cómo funcionan estos enormes campos solares”.

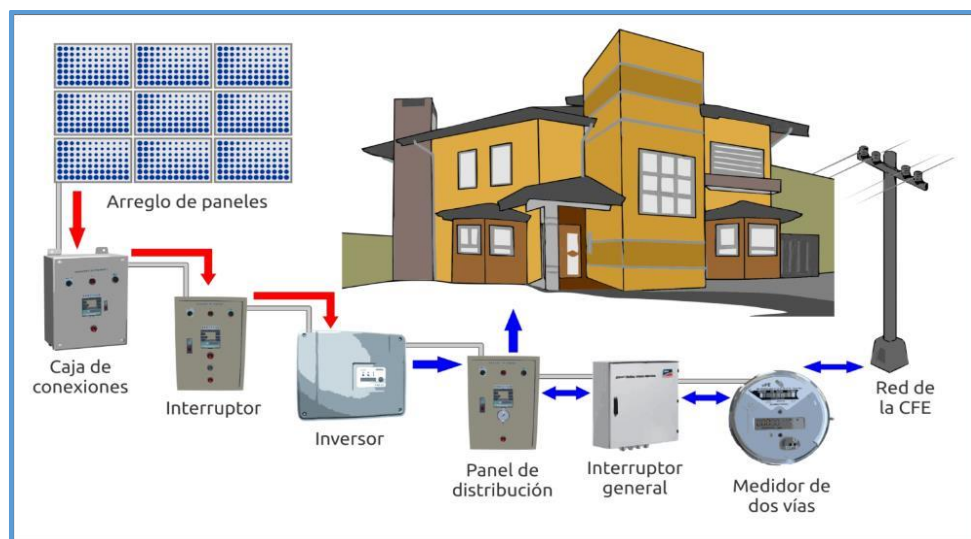


Fig. N° 14: Conexión típica de un Sistema fotovoltaico integrador a la red.
Fuente: (Humberto Ramos López, Rafael Luna Puente (2014). Pág. 39).

2.6.2. Energía eólica.

Es la energía proveniente del viento es cual es consecuencia de las variaciones de temperatura y presión.

la potencia que se puede obtener del viento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1: } P_o = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V_v^3 \cdot C_p$$

Dónde:

- P_o = Potencia disponible en el viento (Watts)
- ρ = Densidad del aire (kg/m^3)
- A = Área de barrido de las aspas (m^2)
- C_p = Coeficiente de eficiencia.

Según la página web eumed (2012) “Una medida útil de la eficiencia mecánica de un aerogenerador es la “razón velocidad a punta” (Tip-Speed Ratio) y se denota con la letra griega λ ”.

$$\text{Ecuación 2: } \lambda_i = \frac{\omega \cdot r_i}{V_n}$$

Donde:

- λ = Razón velocidad-punta (adimensional)
- ω = Velocidad angular del eje de baja velocidad (rad/s)
- R = Radio del área de barrido (m)
- V = Velocidad del viento (m/s)

Según la página web eumed (2012) “Es importante notar que, dado que se trata de un sistema mecánico-eléctrico, puede haber pérdidas de energía por fricción mecánica en los engranes y puede haber pérdidas de energía eléctrica en los devanados del estator y rotor del generador eléctrico”.

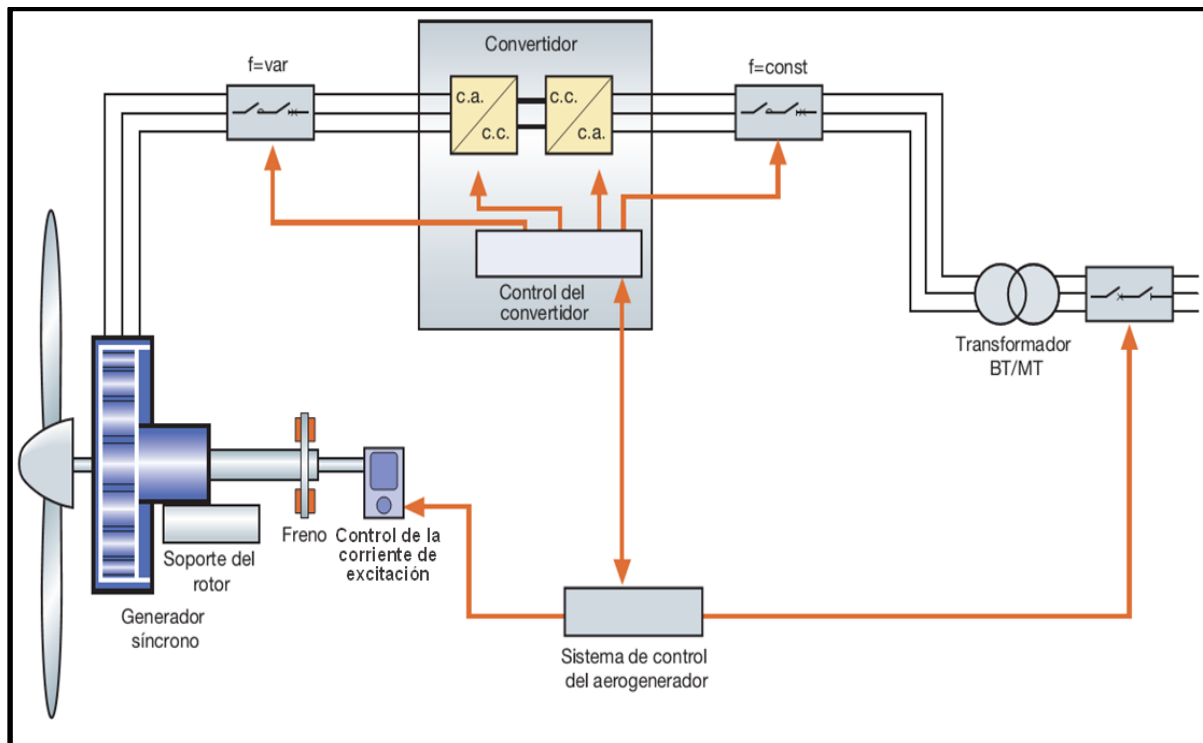


Fig N° 15: Esquema de generación Eólica
Fuente: (Daniel Torroglosa Giner 2013, Pág. 30).

2.6.3. Energía del viento.

Para obtener una expresión matemática para calcular la potencia que se puede extraer del viento se tiene lo siguiente: se considera un flujo masico de aire con una rapidez U el cual atraviesa un área A , tal como se muestra en la figura.

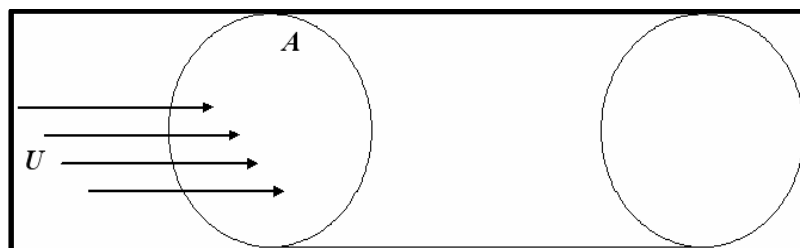


Fig. N° 16: Flujo a través de un disco.
Fuente: Fuente: Atlas Eólico del Perú 2016 (MINEM), Pág. 45

El flujo que atraviesa el disco por unidad de tiempo, dm/dt , según la ecuación de continuidad es:

$$\text{Ecuación 3: } \frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \cdot v)}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} = \rho \cdot A \cdot U$$

donde ρ es la densidad del aire, que al igual que área del disco se considera que no varía con el tiempo. Por otra parte, la potencia o energía cinética por unidad de tiempo será:

$$\text{Ecuación 4: } P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m \cdot v^2 \right) = \frac{1}{2} U^2 \frac{dm}{dt}$$

Sustituyendo la expresión queda lo siguiente.

$$\text{Ecuación 5: } P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot U^2$$

En la siguiente tabla se muestra las variaciones de la densidad del aire con respecto de la altura, la temperatura y la presión.

Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (hPa)	Densidad (kg/m³)
0	15.0	1013.2	1.225
100	14.3	1001.3	1.213
200	13.7	989.5	1.202
300	13.0	977.73	1.190
400	12.4	966.11	1.179
500	11.7	954.6	1.167
1000	8.5	898.7	1.112
2000	2.0	794.9	1.007
3000	-4.5	701.1	0.909
4000	-11.0	616.4	0.819
5000	-17.5	540.2	0.736

Tabla. N° 1: Variation de la densidad, temperature y presión con la altitude a una atmósfera standar.
Fuente: Atlas Eólico 2016 (MINEM), Pág. 50

2.6.4. Ley de Betz.

Betz indica que no toda la potencia proveniente del viento puede ser aprovechada si no que se tiene un límite y es que como máximo el 59% de la potencia del viento de puede aprovechar tal como se muestra a continuación:

Se considera, cosa bastante razonable, que la velocidad promedio del viento a través del área del rotor es el promedio de la velocidad del viento sin perturbar antes de la turbina eólica, v , y la velocidad del viento después de su paso por el plano del rotor, v_1 , esto es, $(v_1 + v) / 2$, se obtiene que la masa por unidad de tiempo que atraviesa el rotor es:

$$\text{Ecuación 6: } \frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho.v)}{dt} = \rho.A.\frac{dx}{dt} = \rho.A.\left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)$$

Y la potencia extraída por el rotor es:

$$\text{Ecuación 7: } P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m.v^2\right) = \frac{1}{2}\frac{dm}{dt}(v_1^2 - v_2^2)$$

Que sustituyendo la expresión anterior daría una potencia extraída de.

$$\text{Ecuación 8: } P = \frac{1}{4}\rho.A.(v_1^2 + v_2^2).(v_1 + v_2)$$

La potencia del viento incidente sobre el rotor, a la que se denomina P_0 , sería.

$$\text{Ecuación 9: } P_o = \frac{1}{2}\rho.A.v_1^3$$

Si se comparan los dos valores, se obtienen la siguiente función.

$$\text{Ecuación 10: } \frac{P}{P_o} = \frac{1}{2}\left(1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2\right).\left(1 + \frac{v_1}{v_2}\right)$$

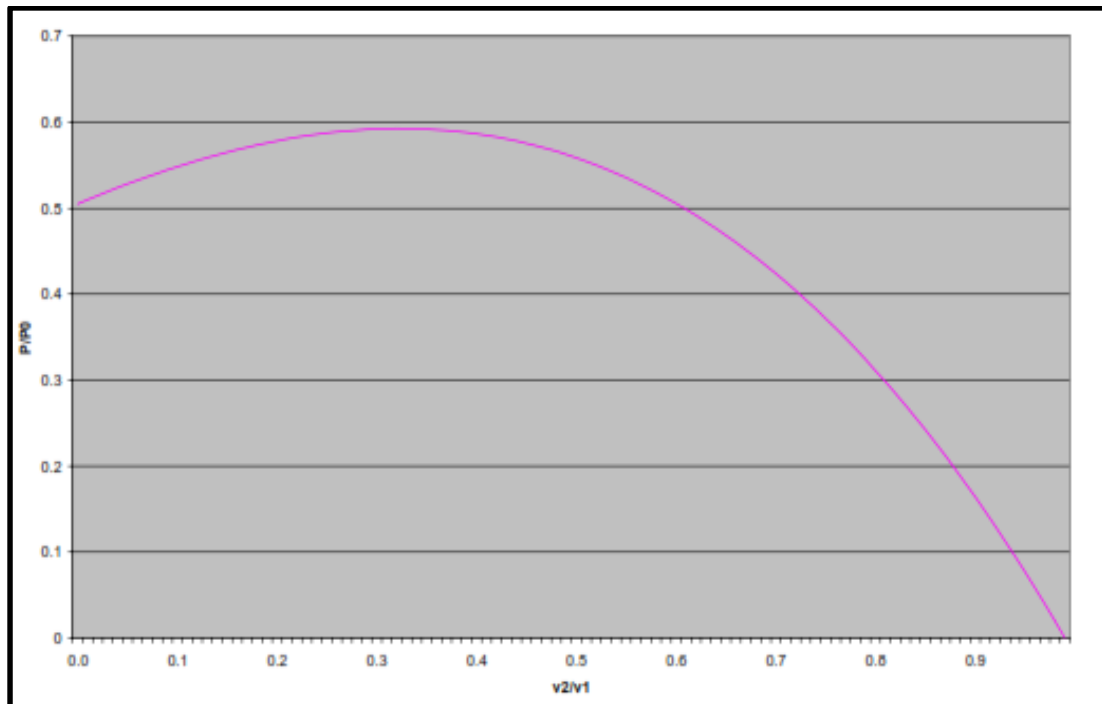


Fig. N° 17: Energy exorable del viento.
Fuente: Atlas Eólico del Perú 2016 (MINEM), Pág. 53

De la figura se puede apreciar que la función tiene un valor máximo el cual es de:16/27 lo que significa que solamente podremos extraer como máximo el 59 % de la potencia del viento.

2.6.5. Rosa de viento

Según Luque (2018) la dirección del viento esta continuamente variando, con la finalidad de mostrar los resultados de frecuencia de la data de la dirección del viento para un periodo de tiempo determinado es que realiza la rosa de viento tal como se puede apreciar en la siguiente figura de donde se puede observar cual es la dirección del viento más frecuente.

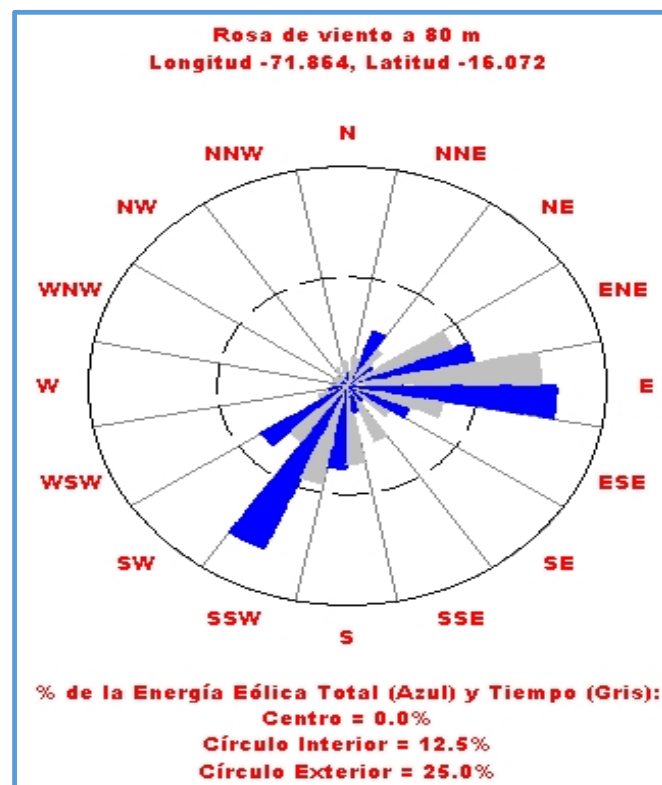


Fig. N° 18: Rosa de viento.

Fuente: Atlas Eólico del Perú 2016 (MINEM), Pág. 53

2.6.6. Distribución de Weibull

El viento es una variable aleatoria cuya distribución cuya densidad de probabilidad se puede calcular a partir de la siguiente expresión matemática.

$$\text{Ecuación 11: } p(U) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]$$

Donde U representa el valor del módulo del viento, mientras c y k son los parámetros que caracterizan y distinguen una serie de otra. El parámetro c da una idea de la altura de la distribución, mientras que k está relacionado con la anchura de la misma. La probabilidad del viento sea igual a.

$$\text{Ecuación 12: } F(U) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]$$

También se puede obtener expresiones para el valor medio del viento y su desviación estándar en función de estos dos parámetros:

$$U = c \cdot r\left(1 + \frac{1}{k}\right); r(x) = \int_0^x e^{-t} t^{x-1} dt$$

$$\sigma_U^2 = U^2 \left[\frac{r\left(1 + \frac{2}{k}\right)}{r^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)} - 1 \right]$$

Ecuación 13:

Donde r(x) es la función de Gamma de Euler.

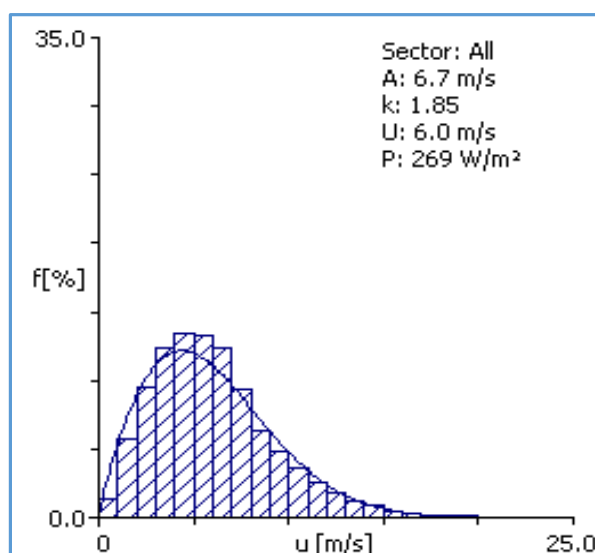


Fig. N° 19: Distribución de Weibull.
Fuente: Atlas Eólico del Perú 2016 (MINEM), Pág. 54

2.6.7. Seguridad y eficiencia en las redes eléctricas.

Hernández, Gómez, y Rivas (2018) “para adaptar de los estándares internacionales la interoperabilidad de la red eléctrica, permite tener una filosofía orientada a la confiabilidad del suministro, más aún cuando la continuidad en la fuente de alimentación es crucial para cualquier sistema de energía”.

“Por otro lado, el monitoreo remoto de la generación híbrida y la gestión automática de SG para distribución inestable contribuye a la eficiencia principal” (Gomez, Hernandez, & Rivas, 2018).

Hernández, Gómez, y Rivas (2018) “En resumen, las asociaciones del sector de la energía están gestionando la ciberseguridad al tiempo que mantienen las funciones críticas de suministro de energía para garantizar la fiabilidad de la red modernizada”.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. De acuerdo al fin que se persigue:

- **Aplicada**

La finalidad es generar energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, utilizando energías limpias (eólica, fotovoltaica), mejorando la calidad de vida de cada uno de sus pobladores.

3.1.2. De acuerdo al diseño de investigación:

- **Descriptiva**

La elaboración del siguiente trabajo de investigación tiene un “carácter descriptivo-analítico”.

3.1.3. Área de investigación.

Dentro de la ingeniería eléctrica, orientada a las energías renovables no convencionales con la menor huella ecológica posible, impulso de la creatividad, desarrollo e innovación con énfasis a la independencia energética.

3.1.4. Línea de investigación.

Energías limpias.

3.1.5. Localidad de investigación, estudio.

Localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, Cajamarca.

3.1.6. Aspectos de la información.

Dentro de la ingeniería eléctrica, orientada a las energías renovables no convencionales con la menor huella ecológica posible, impulso de la creatividad, desarrollo e innovación con énfasis a la independencia energética en el aspecto crítico mediante la problemática se encuentran los siguientes.

3.2. Población y muestra

En el presente estudio se ha considerado la población igual a la muestra que es toda la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca; que actualmente carecen de energía.

3.3. Hipótesis

Usando el software Homer se podrá optimizar; es decir dimensionar los equipos para la generación de energía eólica y solar en la localidad de Alto Perú para facilitar un mejor uso de la energía utilizando recursos energéticos con energías renovables limpias, mejorar la calidad de vida, acceso a las vías de comunicación, salud, educación de los pobladores del lugar realizado la investigación, denominada la tesis “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con software Homer”.

3.4. Variables – operacionalización

Variables	Definición conceptual	(Sistema eléctrico aislado)	Definición operacional	Indicadores
Variable independiente	Los sistemas híbridos son una tecnología preparada para responder a la demanda de los consumidores a través de la combinación de dos o más energías renovables. De esta forma, se resuelven los problemas que cada uno tiene de forma individual y al mismo tiempo se potencian todas sus virtudes.	Proveer de electricidad a un determinado lugar.	Dimensionamiento de aerogenerador más el controlador.	Velocidad del viento.
			Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	Radiación solar.
Variable dependiente		Energía producida por los equipos dimensionados (Panel fotovoltaico- Aerogenerador)	Potencia y unidades de paneles fotovoltaico (kWp).	
			Controladores, baterías (Ah), inversores (P), elementos de protección	
			-Determinar la energía promedio diaria, la tensión de salida	-Energía promedio diaria. (W.h)
				-Tensión de suministro (V)
				-Potencia (W)

Tabla. N° 2: Definición de variables utilizadas.
Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos y técnicas de investigación

Los métodos empleados en este estudio de investigación son la observación, entrevista, encuesta, documentación. Los cuales se describen a continuación:

- **Observación**

En este método se realizó una inspección a la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca.

- **Entrevista**

Se realizó, entrevista a todos los pobladores, número de viviendas que tienen en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca.

- **Encuesta**

Se realizó con los datos de población: número de personas en cada hogar, número y tipo de vivienda en la que habitan (material rústico o modernizado con ladrillo), fuente de energía que utilizan: leña, velas, etc., necesidades económicas que se dedican: agricultura, ganadería, comercio.

- **Documentación**

A través de esta técnica se logró obtener información de diferentes fuentes bibliográficas (libros, tesis, revistas, artículos, software, páginas web, etc.).

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Fotografías, GPS Garmin
La entrevista	Cuaderno y lapicero
Análisis de documentos	Libros, tesis, revistas, artículos, manuales, softwares (HOMER y AutoCAD), Hoja de cálculo (Microsoft Excel), Microsoft Word, memoria USB, CD's, Planos DWG, páginas web de internet.

Tabla. N° 3: Instrumentos utilizados.
Fuente: Elaboración propia

3.7. Análisis estadístico e interpretación de datos

Para el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva, porque nos ha permitido analizar los datos y valores promedio de la velocidad del viento. La tabulación análisis de datos nos permite organizar la información en tablas y gráficos estadísticos con sus respectivas descripciones e interpretaciones de los resultados. El análisis se ejecutó mediante el procesamiento de datos por medios electrónicos, clasificados y sistematizados de acuerdo al tipo de variable. Por ejemplo, se utilizó el software HOMER Pro como herramienta principal, que nos permitió analizar y determinar el tipo de Sistema con Energía Renovable con el cual se va generar energía eléctrica a través de la energía mecánica de la velocidad del viento en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente el caserío mencionado cuenta con 30 viviendas, distribuidos en 1, 2, 3, 4, 5 habitantes por vivienda. Actualmente el caserío solo cuenta con 10 viviendas conectados a la red eléctrica, 20 de los restantes no cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico, cabe precisar que las viviendas están dispersas, por el cual no se pudo brindar el servicio de energía a toda la población necesaria. En anexos se adjunta la relación de personas pertenecientes al caserío; las cuales se van a beneficiar con el proyecto de investigación “OPTIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA LOCALIDAD DE ALTO PERÚ, DISTRITO DE CHALAMARCA, PROVINCIA DE CHOTA, CAJAMARCA, CON EL SOFTWARE HOMER”, diseñado los equipos a través del software Homer, herramienta para realizar los cálculos necesarios de los paneles y aerogeneradores para satisfacer la demanda y mejorar el servicio de energía brindada en el distrito de Chalamarca, que en la actualidad su población aumentado considerablemente; como también han ido migrando un resto hacia la provincia en busca de mejorar sus necesidades económicas.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación del recurso solar y eólico en el distrito de Chalamarca, provincia de Chota, Región Cajamarca.

5.1.1. Recurso solar.

Hay una multitud de posibilidades para aprovechar de esta vasta cantidad de energía. Aparte de adquirir la energía del sol para calentar, convertir la radiación con paneles solares fotovoltaicos directamente en electricidad sin quemar nada es una opción atractiva que nos permite solucionar problemas de la electrificación en forma elegante, protegiendo el medio ambiente.

Fuente: De: Atlas solar (2016), Osinergmin: Estudios económicos de eólico solar (2016-2017), (<http://www.minem.gob.pe/>.)

Atlas Eólico del Perú (2016). Ministerio de energía y minas dirección general de electrificación rural dirección de fondos concursables. (<https://www.osinergmin.gob.pe> ›)

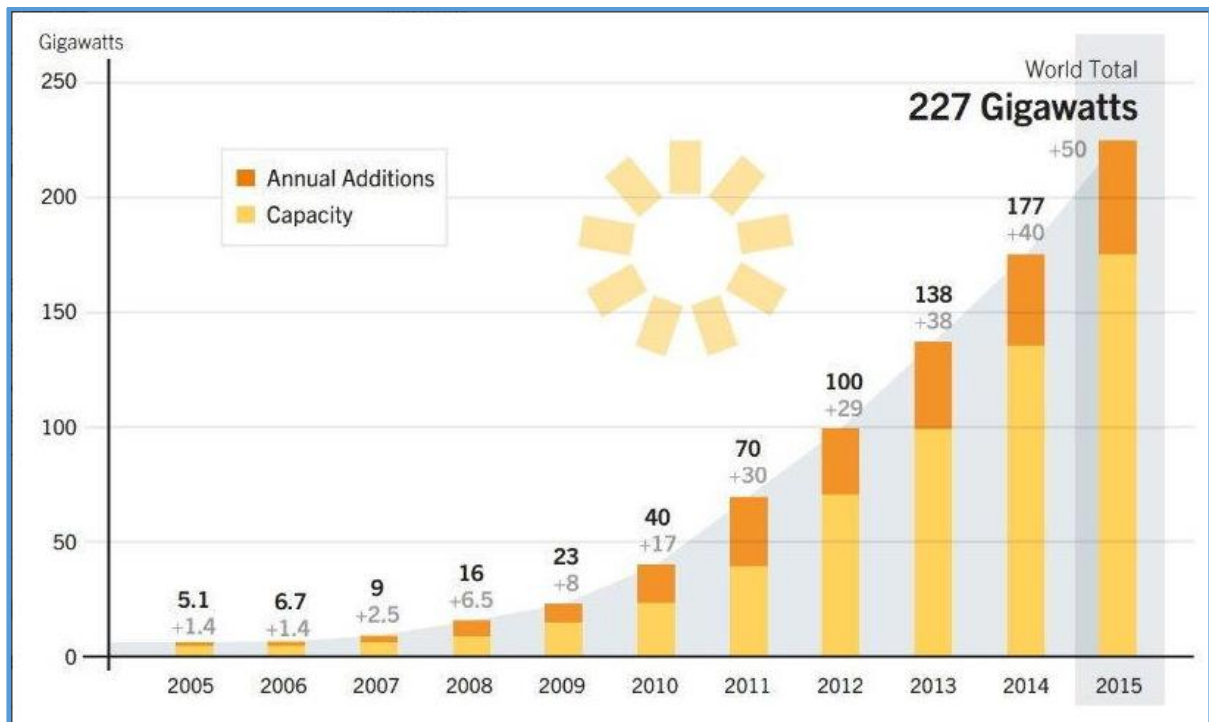


Fig N° 20: Energía fotovoltaica producida en los últimos 10 años en el Perú.
Fuente: José Antonio Carta Gonzáles, Roque Calero Pérez (2016)

A continuación, se presentan los gráficos, donde se muestran las medidas realizadas de: Radiación solar, velocidad del viento, temperatura mínima y máxima seleccionados de los últimos 05 años. Estas medidas se obtuvieron del software del satélite de la NASA, cabe indicar que en el distrito de Chalamarca no hay estación meteorológica, entonces se obtuvo los datos de dicha página; para contrastar las medidas se realizaron medidas por el largo de 02 meses en distintos horarios utilizando nuestros instrumentos como: Radiómetro marca Sensovat y el anemómetro de marca Sensovat, para medir la radiación solar y velocidad del viento en la misma localidad de Alto Perú, perteneciente al distrito de Chalamarca. En el gráfico se observa la ubicación del distrito de Chalamarca.



Fig. N° 21: Distrito de Chalamarca.
Fuente: Google heart



Fig. N° 22: Ubicación de la localidad de Alto Perú.
Fuente: Google heart

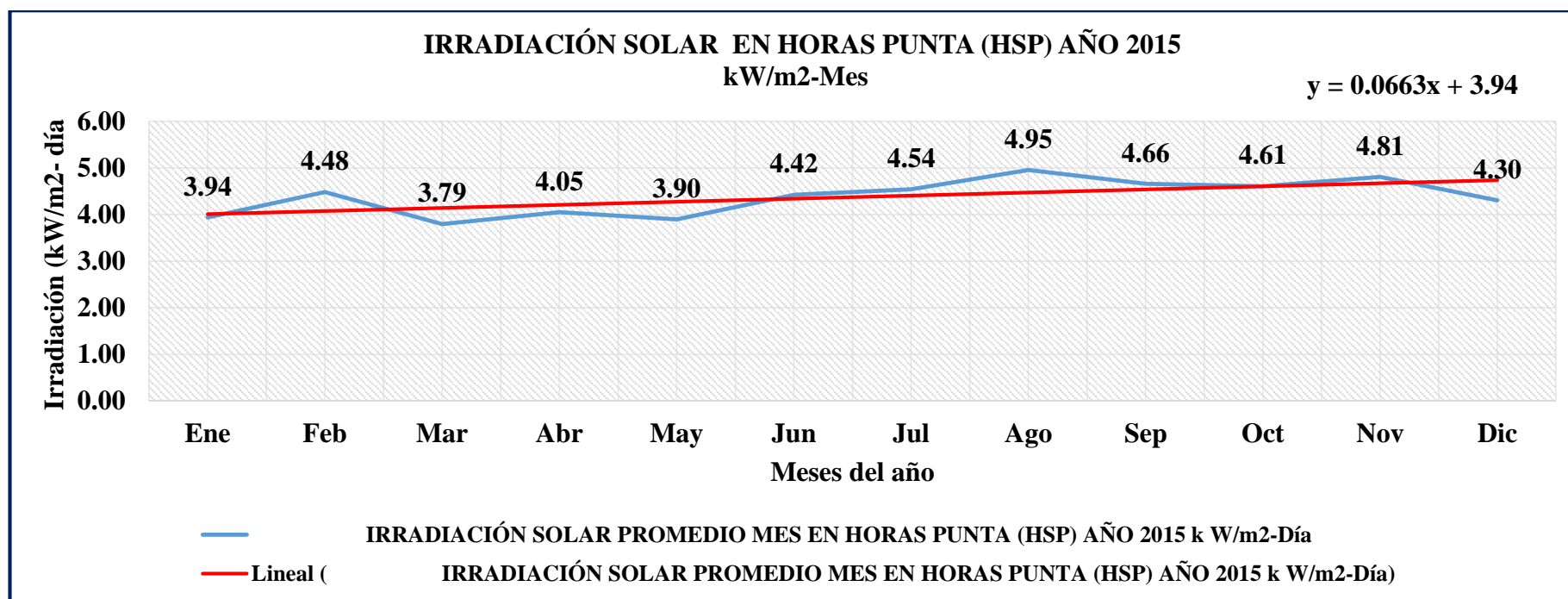


Fig. N° 23: Irradiación solar en hora solar punta promedio (kWh/m²- mes) año 2015.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de irradiación solar promedio por mes en el año 2015: El mínimo valor se obtuvo en el mes de marzo con 3.79 kW.h/m²-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de agosto cuyo valor es de 4.95 kW.h/m²- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 3.94 a 4.66 kW.h/m²- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico. La línea roja muestra la ecuación de formación de los resultados obtenidos por día (kW.h/m²- día); es decir reemplazamos los valores en la variable x.

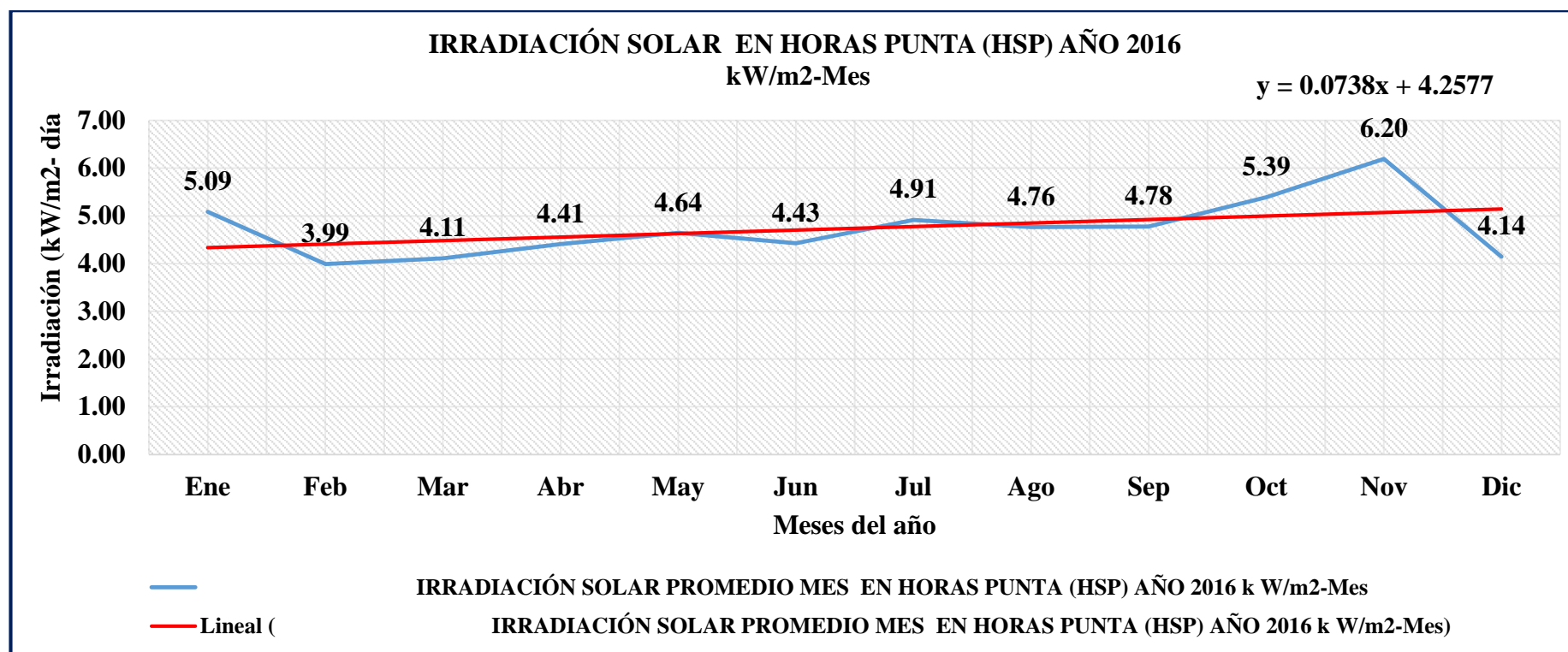


Fig. N° 24: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kW.h/m2- mes) año 2 016.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de irradiación solar promedio por mes en el año 2016: El mínimo valor se obtuvo en el mes de febrero con 3.99 kW.h/m2-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de noviembre cuyo valor es de 6.20 kW.h/m2- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 4.11 a 5.39 kW.h/m2- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

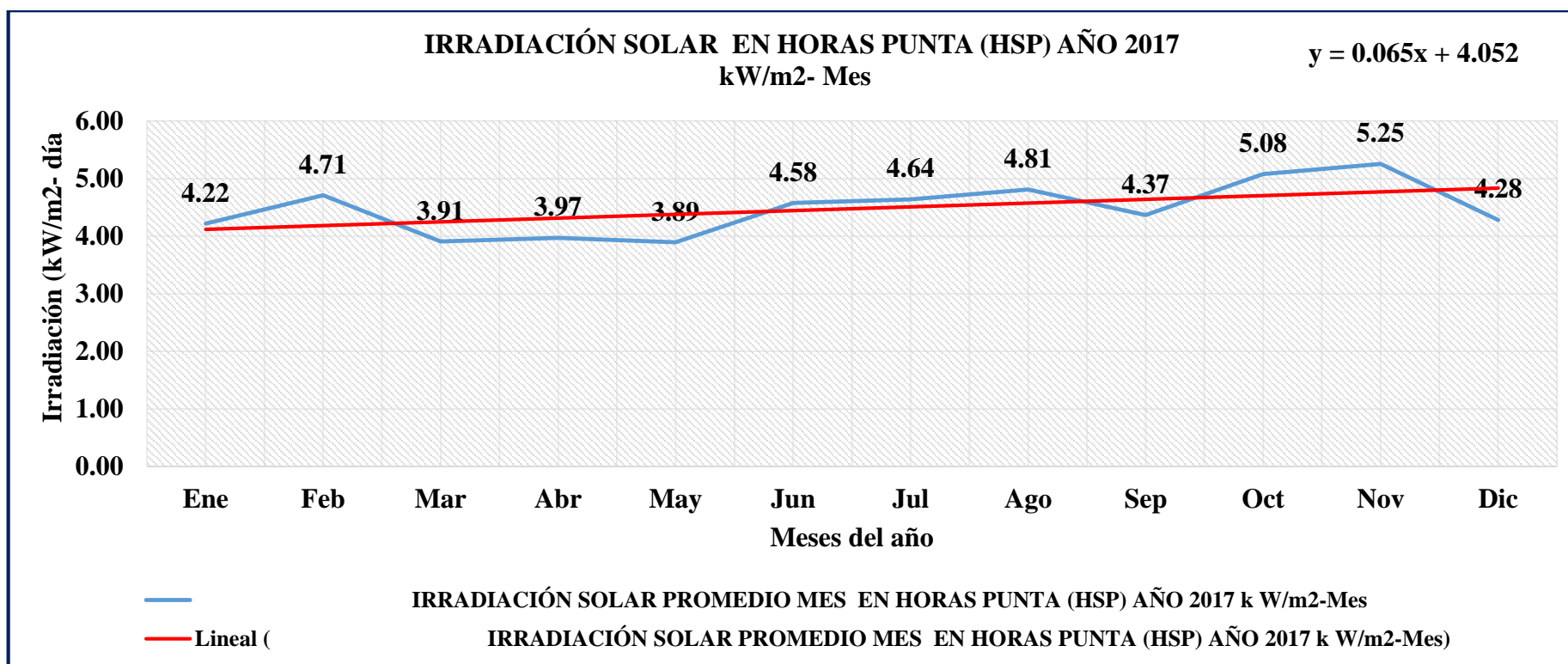


Fig. N° 25: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kW.h/m²- mes) año 2 017.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de irradiación solar promedio por mes en el año 2017: El mínimo valor se obtuvo en el mes de mayo con 3.89 kW.h/m²-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de noviembre cuyo valor es de 5.25 kW.h/m²- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 3.91 a 5.08 kW.h/m²- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

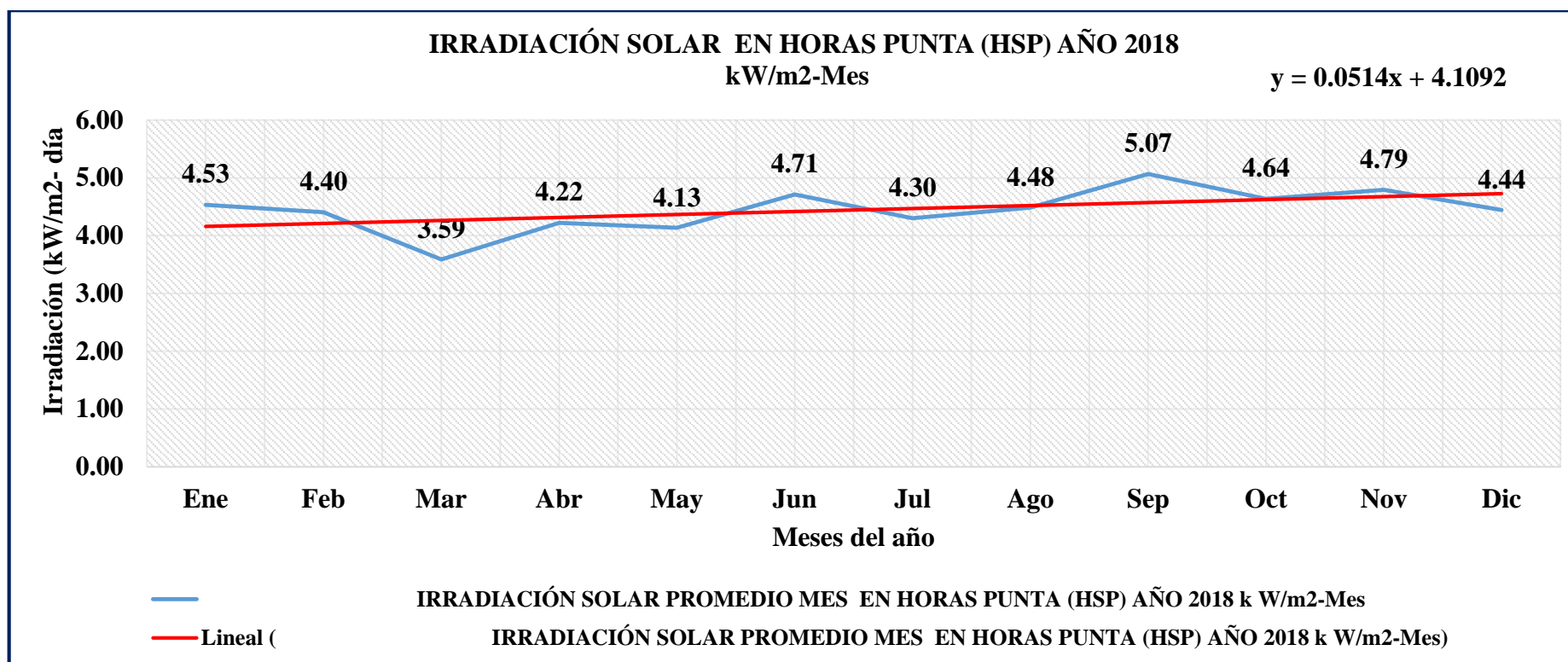


Fig. N° 26: Irradiation solar end hora solar punt promotion (kW.h/m2- mes) año 2 018.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de irradiación solar promedio por mes en el año 2018: El mínimo valor se obtuvo en el mes de marzo con 3.59 kW.h/m2-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de septiembre cuyo valor es de 5.07 kW.h/m2- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 4.13 a 4.79 kW.h/m2- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

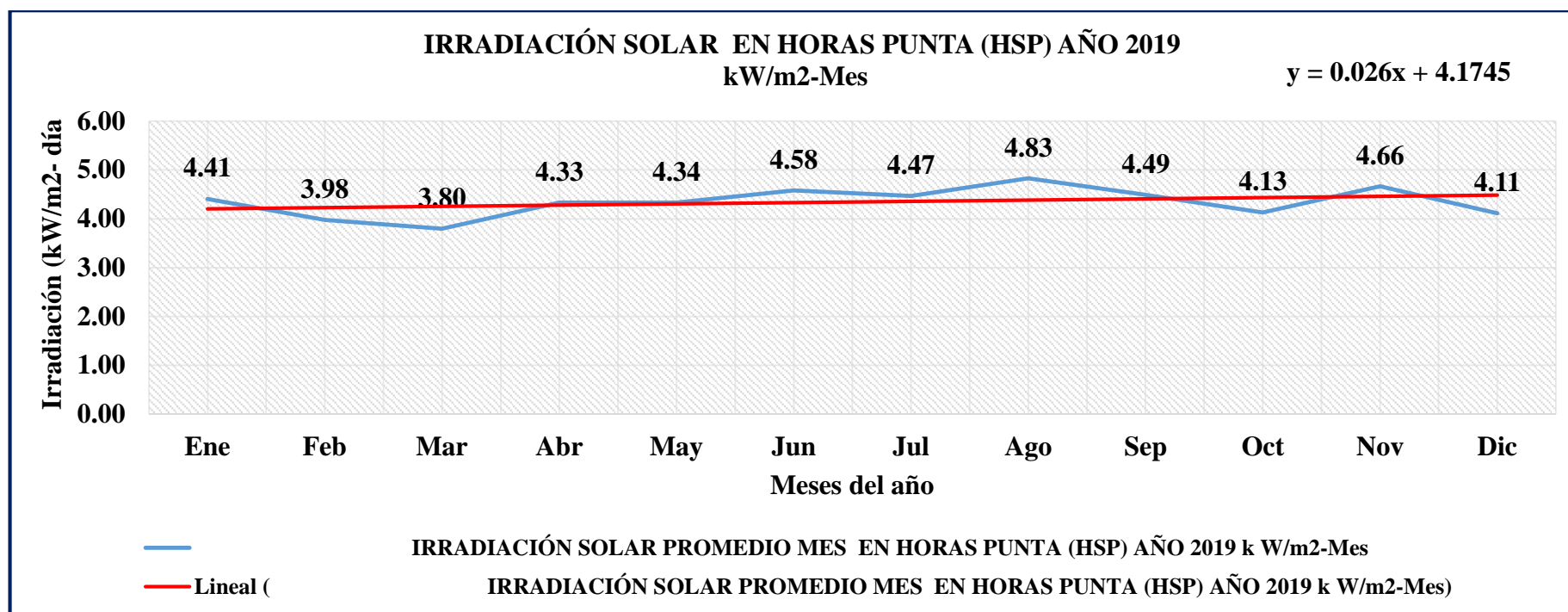


Fig. N° 27: Irradiation salary end hora solar punt promotion (kW.h/m2- mes) año 2019.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de irradiación solar promedio por mes en el año 2019: El mínimo valor se obtuvo en el mes de marzo con 3.80 kW.h/m2-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de agosto cuyo valor es de 4.83 kW.h/m2- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 3.98 a 4.66 kW.h/m2- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

5.1.2. Recurso eólico

Según FOCER (2002) “La cantidad de energía (mecánica o eléctrica) que pueda generar una turbina eólica depende mucho de las características del viento vigentes en el sitio de instalación” (pág. 6).

“De hecho, la producción puede variar en un factor de dos a tres entre un sitio regular y uno excelente, de manera que la rentabilidad de un proyecto depende directamente del recurso eólico local” (FOCER, 2002, pág. 6).

“Por esta razón, es necesario un estudio técnico detallado de las características del viento en un sitio específico antes de avanzar en un proyecto de cualquier magnitud” (FOCER, 2002, pág. 6).

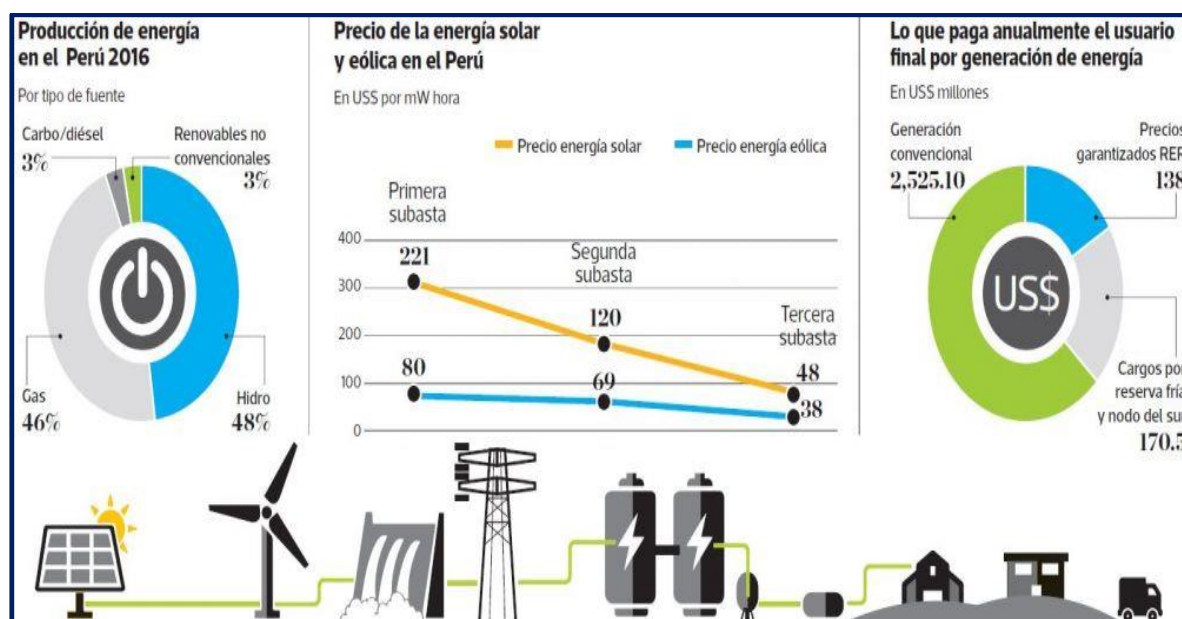


Fig. N° 28: Precios de la energía solar y eólica en el Perú (2016).

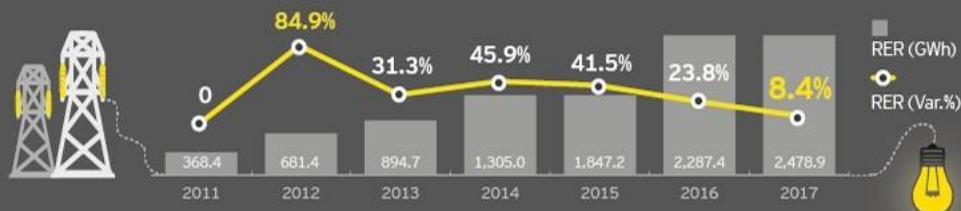
Fuente: <https://peruconstruye.net/2018/11/16/enel-implementaria-energia-solar-y-eolica-en-peru-desde-2019/>

Energías renovables en el Perú

En los últimos años, el crecimiento de la producción eléctrica proveniente de recursos renovables ha ido desacelerándose.



Así, pasó de registrar un aumento anual de 84.9% en el 2012 a un incremento anual de 8.4% en el 2017.



A pesar de esto, los recursos energéticos renovables han incrementado su participación dentro de la producción eléctrica total en comparación con otras fuentes de energía.



Fuente: COES SINAC

* Se denomina RER a los Recursos Energéticos Renovables (biomasa, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz), e hidroeléctricas cuya capacidad instalada no sobrepase los 20 MW, según D.L. N° 1002.

Fig. N° 29: Production de energíes removable en el Perú año 2011- 2017.

Fuente: <https://perspectivasperu.ey.com/2018/04/02/energias-renovables-oportunidades-tienen-peru/>

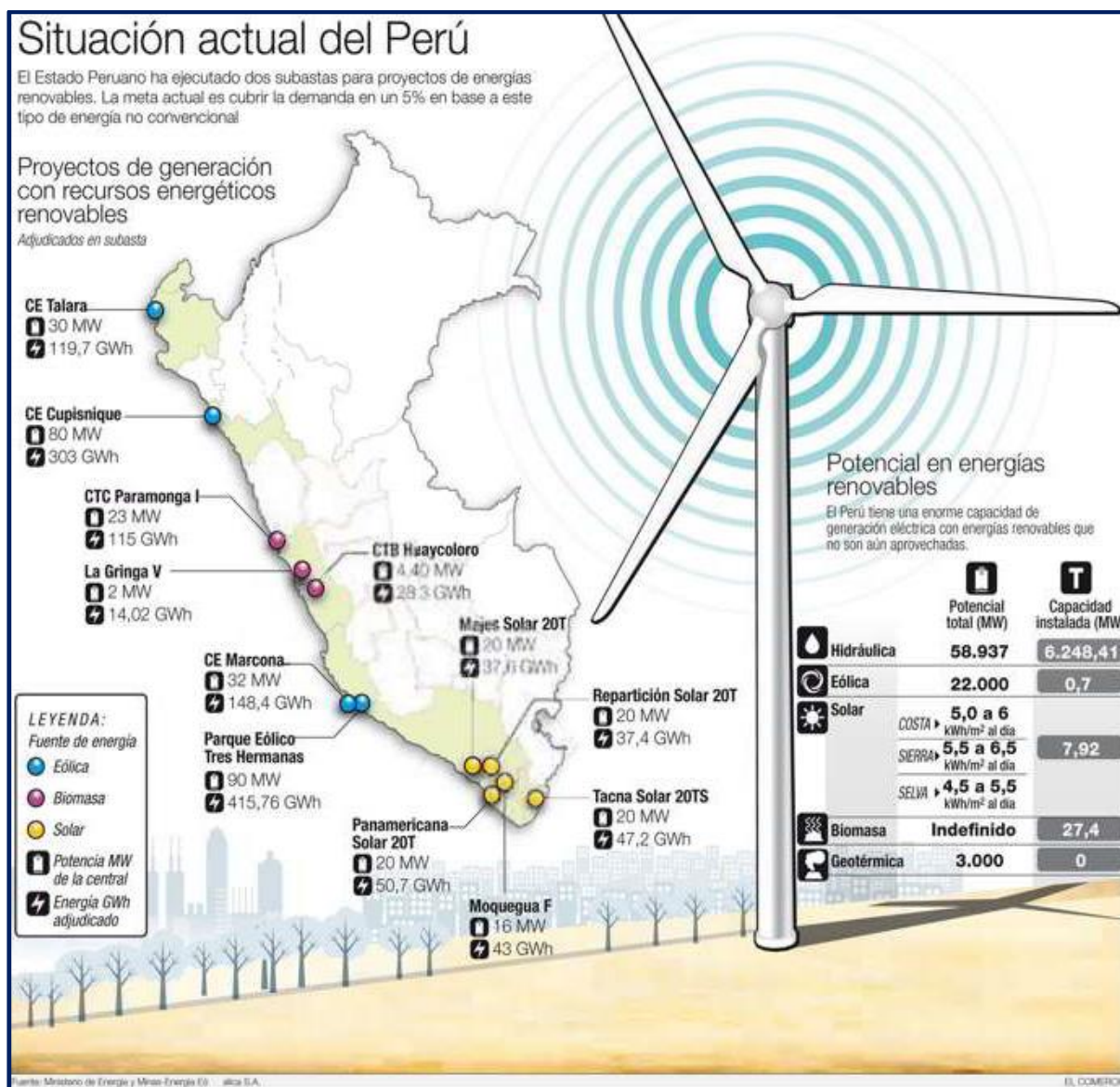


Fig. N° 30: Situación actual en el Perú (energía eólica) hasta la actualidad.

Fuente: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru>

Nota: Cabe recordar que en el 2018 se aprobó la ejecución de dos parques eólicos en el distrito de Huambos, provincia de Chota, región Cajamarca, contando con 14 und de aerogeneradores eólicos, haciendo un total de 36.8 MW de potencia instalada; las mismas que serán puestas al servicio de la población desde el año 2021.

DEPARTAMENTO	POTENCIAL EÓLICO APROVECHABLE (MW)	POTENCIAL EÓLICO EXCLUIDO (MW)	POTENCIAL EÓLICO TOTAL (MW)
Amazonas	129	288	417
Ancash	708	108	816
Apurímac	0	0	0
Arequipa	1020	156	1176
Ayacucho	0	0	0
Cajamarca	891	282	1173
Callao	0	0	0
Cuzco	0	0	0
Huancavelica	0	0	0
Huánuco	0	0	0
Ica	2280	3015	5295
Junín	0	0	0
La Libertad	921	264	1185
Lambayeque	7017	2097	9114
Lima	429	189	618
Loreto	0	0	0
Madre de Dios	0	0	0
Moquegua	0	0	0
Pasco	0	0	0
Piura	7098	1503	8601
Puno	0	0	0
San Martín	0	0	0
Tacna	0	0	0
Tumbes	0	0	0
Ucayali	0	0	0
TOTAL	20493	7902	28395

Tabla N° 4: Potential Eolic (MW) en el Perú (100m) según el Atlas eólico
Fuente: (Atlas eólico - OSINERGMIN-2016).

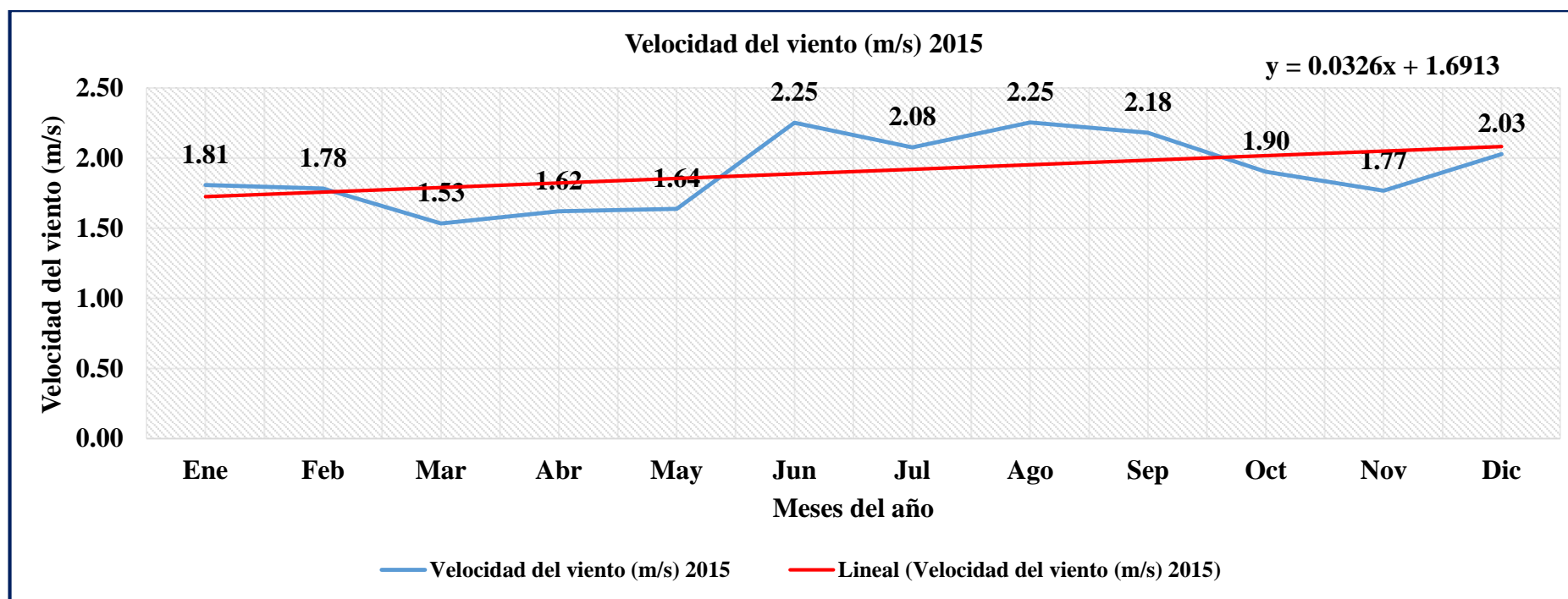


Fig. N° 31: Velocidad del viento promedio (m/s- mes) año 2015.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de velocidad del viento promedio por mes en el año 2015: El mínimo valor se obtuvo en el mes de marzo con 1.53 m/s-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de junio y agosto cuyo valor es de 2.25 m/s- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 1.62 a 2.18 m/s- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico. La línea roja muestra la ecuación de formación de los resultados obtenidos por día (m/s- día); es decir reemplazamos los valores en la variable x.

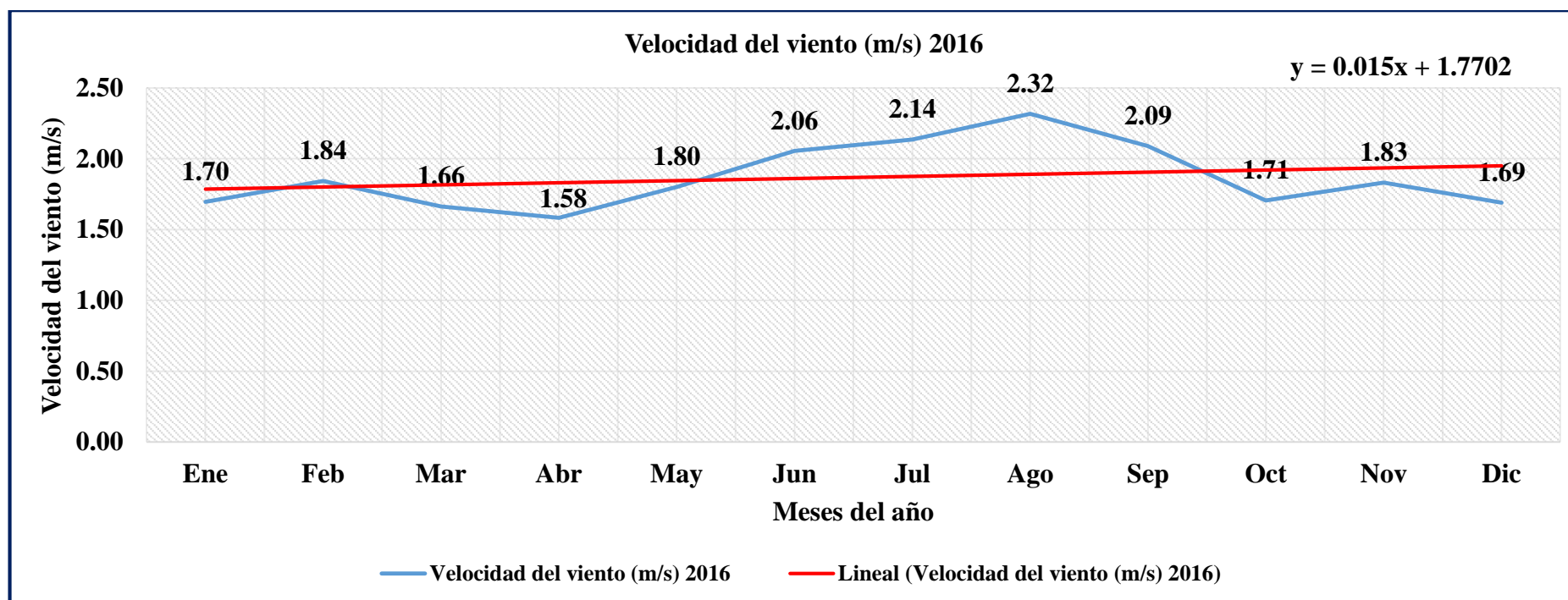


Fig. N° 32: Velocidad del viento promedio (m/s- mes) año 2016.

Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de velocidad del viento promedio por mes en el año 2016: El mínimo valor se obtuvo en el mes de abril con 1.58 m/s-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de agosto cuyo valor es de 2.32 m/s- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 1.66 a 2.14 m/s- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

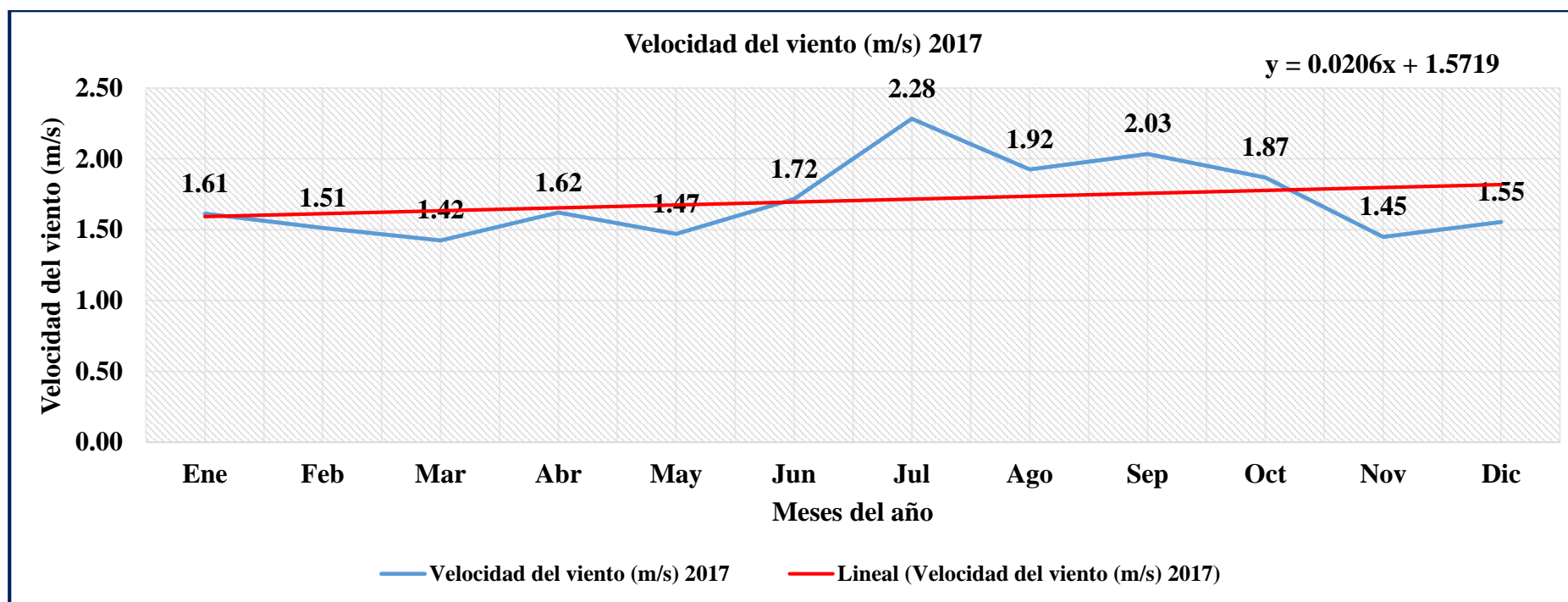


Fig. N° 33: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2017.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de velocidad del viento promedio por mes en el año 2017: El mínimo valor se obtuvo en el mes de marzo con 1.42 m/s-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de julio cuyo valor es de 2.28 m/s- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 1.47 a 2.03 m/s- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

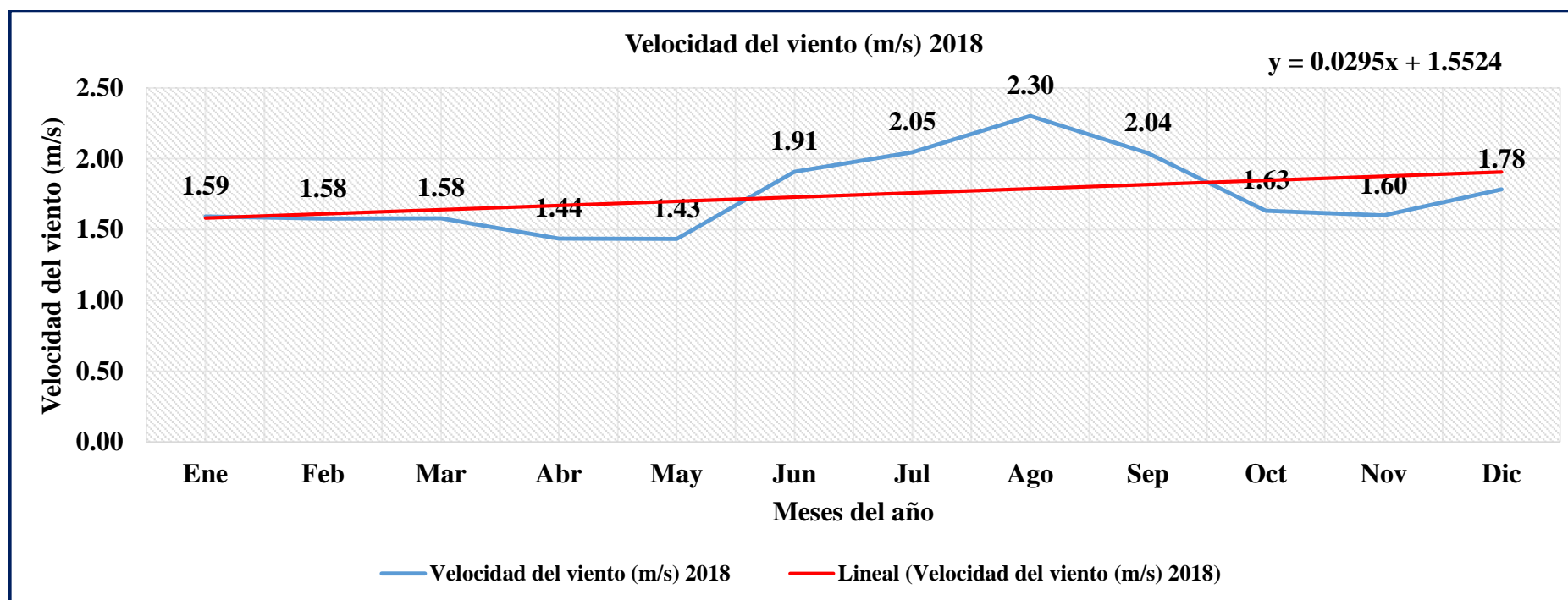


Fig. N° 34: Velocidad del viento promotion (m/s- mes) año 2018.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de velocidad del viento promedio por mes en el año 2018: El mínimo valor se obtuvo en el mes de mayo con 1.43 m/s-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de agosto cuyo valor es de 2.30 m/s- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 1.44 a 2.05 m/s- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

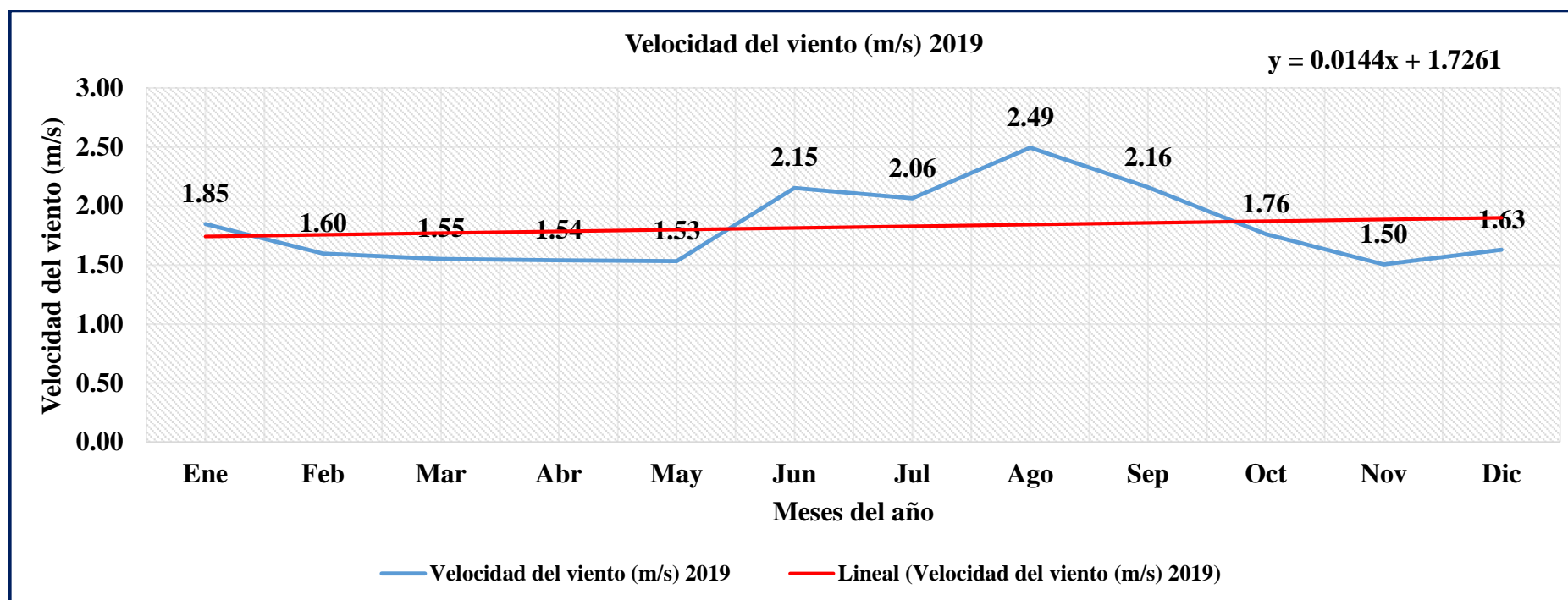


Fig. N° 35: Velocidad del viento promedio (m/s- mes) año 2019.
Fuente: (Elaboración propia)

En el siguiente gráfico se observa la curva de los datos de velocidad del viento promedio por mes en el año 2019: El mínimo valor se obtuvo en el mes de noviembre con 1.50 m/s-mes, el máximo dato se obtuvo en el mes de agosto cuyo valor es de 2.49 m/s- mes; mientras que en los demás meses cuyos valores se mantienen de 1.53 a 2.16 m/s- mes, cada uno de los resultados se hizo un promedio de todas las medidas de todos los días del mes, dando como resultado una curva de altos y bajos como se muestra en el gráfico.

5.1.3. Análisis de la temperatura máxima y mínima.

En los siguientes gráficos se muestra las temperaturas promedio máximas y mínimas de los últimos 05 años del distrito de Chalamarca, provincia de Chota. Actualmente en el distrito la temperatura máxima se mantiene constante en todo el periodo del año. En los siguientes puntos se describe en cada año, las temperaturas correspondientes a los meses.

- En el año 2015, la temperatura mínima promedio fue de 10.10 °C en el mes de junio.
- En el año 2016, la temperatura promedio fue de 9.92 °C, correspondiente al mes de julio.
- En el año 2017, la temperatura promedio fue de 9.27 °C, correspondiente al mes de julio.
- En el año 2018, la temperatura promedio fue de 9.20 °C, correspondiente al mes de junio.
- En el 2019, la temperatura mínima promedio fue de 9.84 °C, correspondiente al mes de agosto.

La temperatura máxima durante los últimos 05 años, alcanzó los valores desde 21 °C hacia arriba, llegando a una temperatura de 28 °C al día. El distrito de Chalamarca cuenta con localidades donde el clima es cálido en todo el periodo del año, donde la producción de piña es abundante debido al calor que presenta esas localidades.

- En el año 2015, la temperatura máxima promedio fue de 26.20 °C en el mes de septiembre.
- En el año 2016, la temperatura promedio fue de 26.29 °C, correspondiente al mes de noviembre.
- En el año 2017, la temperatura promedio fue de 25.28 °C, correspondiente al mes de septiembre.
- En el año 2018, la temperatura promedio fue de 25.59 °C, correspondiente al mes de septiembre.
- En el 2019, la temperatura máxima promedio fue de 25.50 °C, correspondiente al mes de agosto.

Los gráficos representan la curva de la temperatura en todo el año.

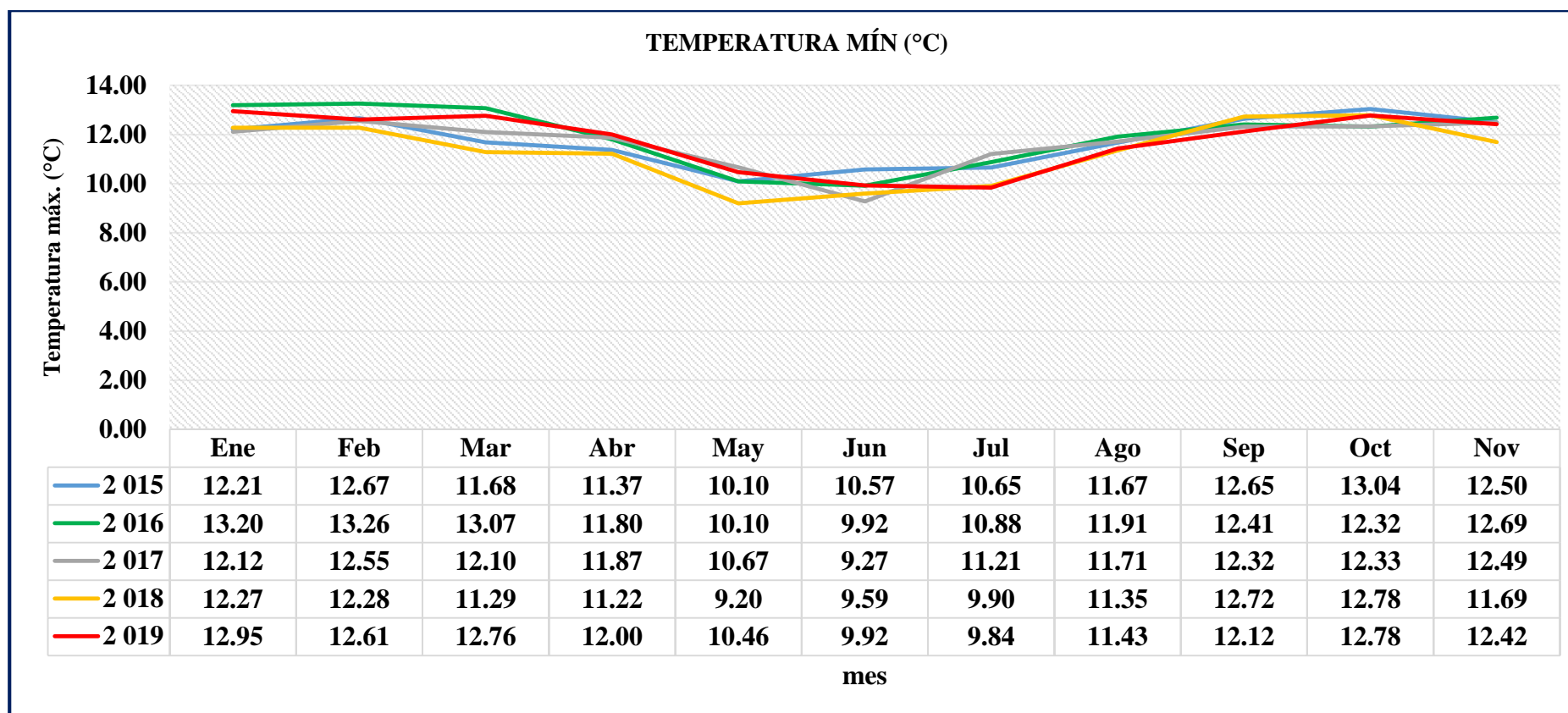


Fig. N° 36: Temperatura mínima promotion (°C- mes)- 2015- 2019.
Fuente: (Elaboración propia)

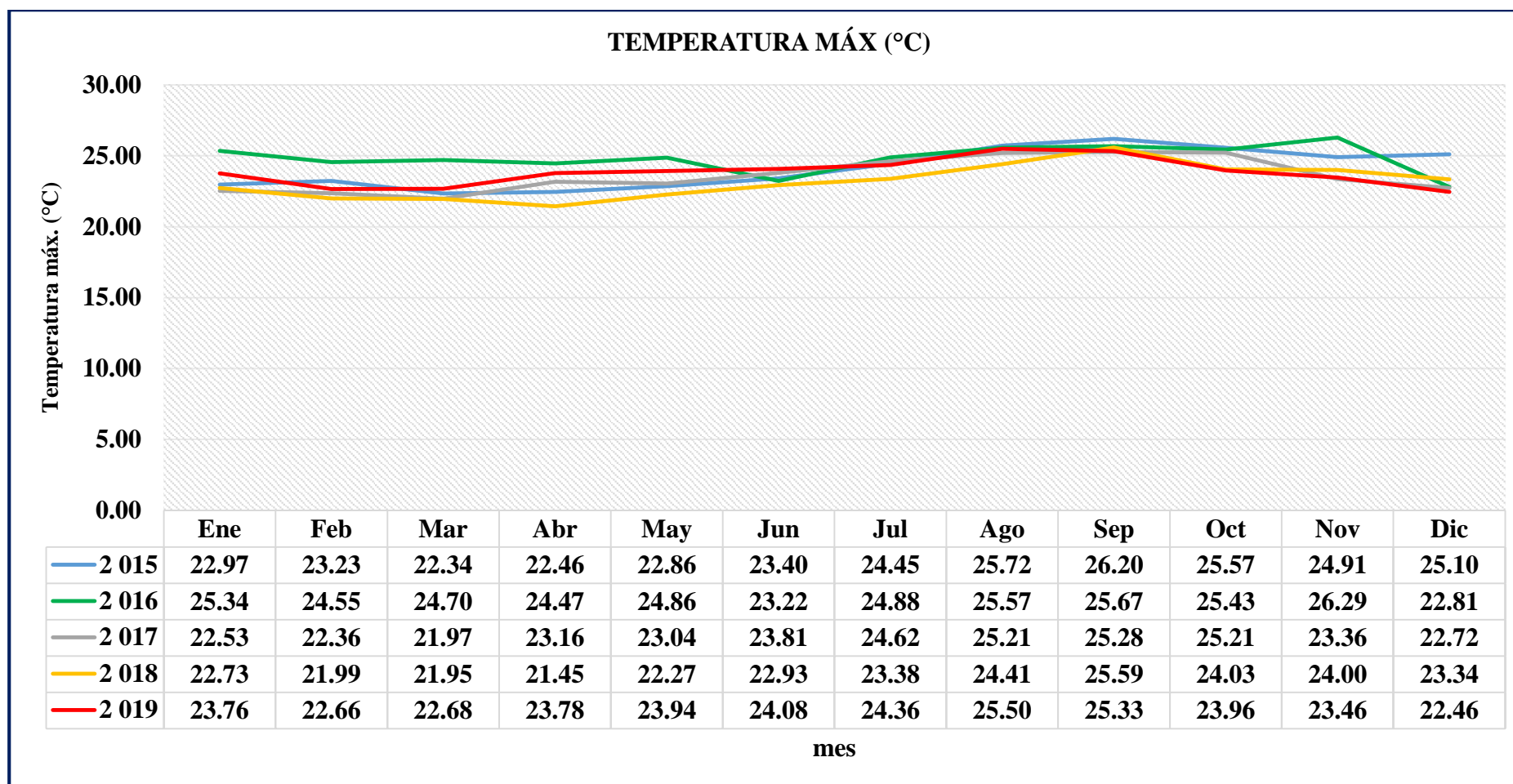


Fig. N° 37: Temperatura máxima promotion (°C- mes)- 2015- 2019.
Fuente: (Elaboración propia)

5.2. Dimensionamiento y optimización utilizando homer.

Los dimensionamientos de los equipos se realizarán utilizando el software Homer, herramienta que permite obtener resultados aceptables y más confiables respecto al diseño y solución de diferentes problemas, variables relacionados a la energía renovable. En este caso se trata de dimensionar equipos para la optimización de la energía solar y eólica como son los componentes o variables del sistema fotovoltaico y sistema eólico. Los pasos que se siguen en el dimensionamiento se describen a continuación en el orden de desarrollo de la tesis de investigación “Optimización de la generación de energía eléctrica en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca”.

- **Primer paso:**

Para empezar a calcular sus componentes del sistema eólico y fotovoltaico, se procedió a calcular la máxima demanda de las viviendas abonadas con la finalidad de obtener un promedio mínimo carga de consumo para elaborar e identificar su diagrama de carga.

- **Segundo paso:**

Los datos de radiación solar y velocidad del viento se analizaron en el capítulo II mediante gráficos, los mismos que fueron obtenidos del satélite de la NASA POWER, para una mejor aceptación confiable se realizó mediciones utilizando instrumentos de medición de radiación solar (Radiómetro modelo SMART 2018) y velocidad del viento (Anemómetro modelo SENSOVAT 2018).

- **Tercer paso:**

De acuerdo al dimensionamiento de los sistemas solar y eólico, se procede a dimensionar usando un software que ayudará a calcular, comúnmente se usan los softwares llamado Homer

Legacy, Homer pro Homer Grid; para esta tesis de investigación “Optimización de la generación de energía eléctrica de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, Cajamarca, con software Homer.”; nosotros usaremos el software Homer Pro como herramienta para el dimensionamiento.

- **Cuarto paso:**

La ventana nos muestra al abrir el software Homer, la ubicación del lugar de donde vamos a obtener los datos de irradiación solar y velocidad del viento correspondiente al distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, con latitud de -6.48919 y longitud de -78.46889. El software se basa en la selección y cálculo de los sistemas solar y eólico de acuerdo a la data tomada de la NASA.

- **Quinto paso:**

El procedió a seleccionar los componentes de los sistemas solares, seguido del eólico y sistema híbrido. Donde se representa mediante tablas y gráficos la selección y cálculo de los componentes del sistema solar y eólico. En los gráficos siguientes representa las ventanas de los datos de irradiación solar y velocidad del viento, esta ventana aparece cuando entramos a la página de la NASA que a continuación se muestra, en donde nos aparece algunos requisitos que tenemos que ingresar para obtener los datos requeridos como son latitud y longitud del lugar que deseamos hallar sus datos meteorológicos, en este caso es el distrito de Chalamarca, provincia de Chota. La data que se obtuvo de este software Homer es la misma obtenida mediante la data del satélite de la NASA, ambos han sido comparados sus promedios por mes. Las medidas de ambos softwares obtenidos fueron comparadas con la data obtenida con nuestras medidas realizadas con nuestros instrumentos, resultando un error porcentual de +- 1% de variación entre las medidas tomadas por día.

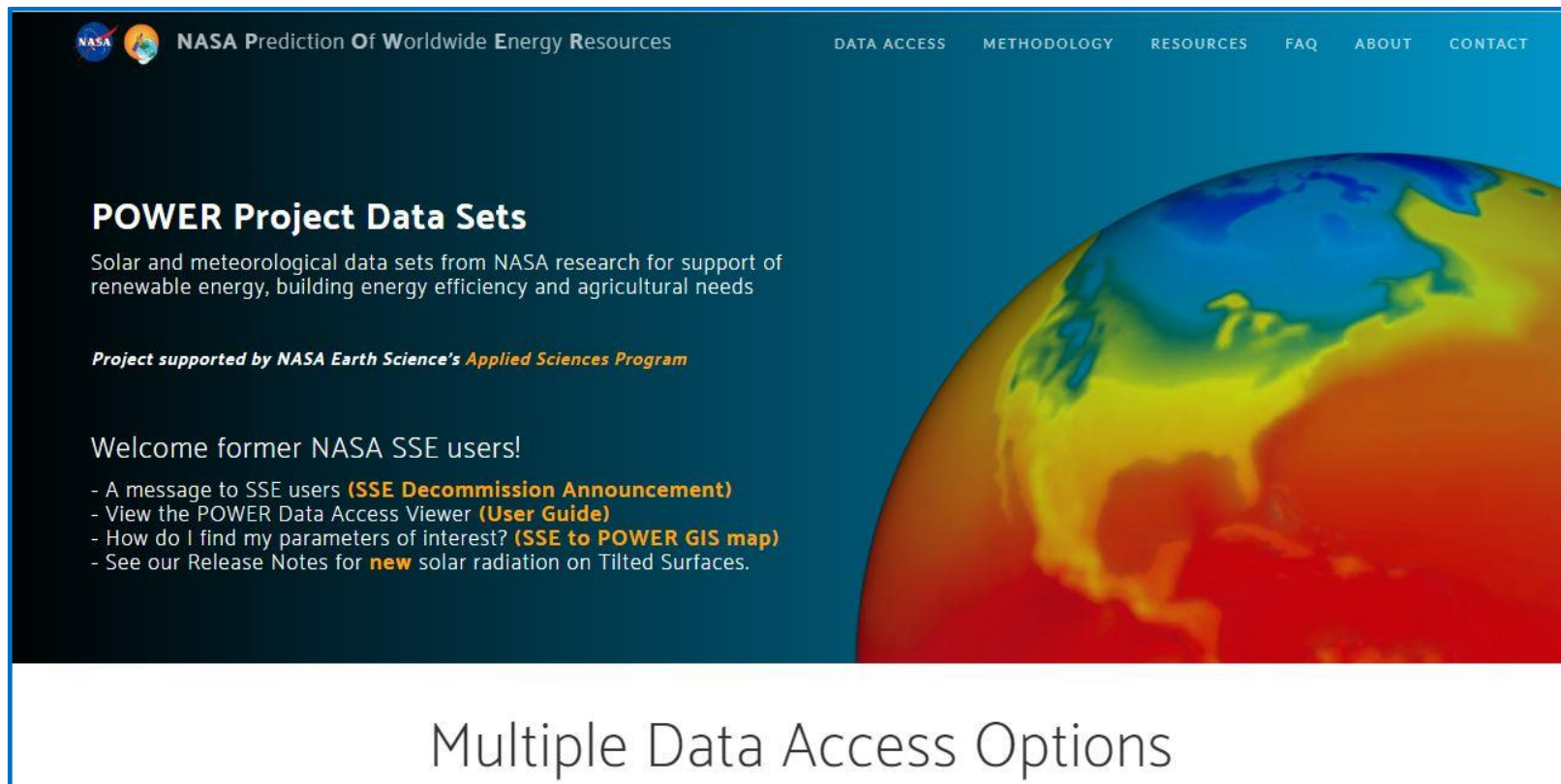


Fig. N° 38: Ingreso al satélite de la NASA prediction of worldwide Energy Resources.

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/>

Este aplicativo nos permite obtener, descargar diversos parámetros relacionados a la energía renovable e hidráulica, lo primero es ingresar al menú DATA ACCSES, Crick en los iconos y completar los espacios que requiere la ventana, seleccionar cuál sea conveniente, lo principal es colocar la longitud y latitud que nos piden como requisito para obtener la data y exportar en distintos formatos.

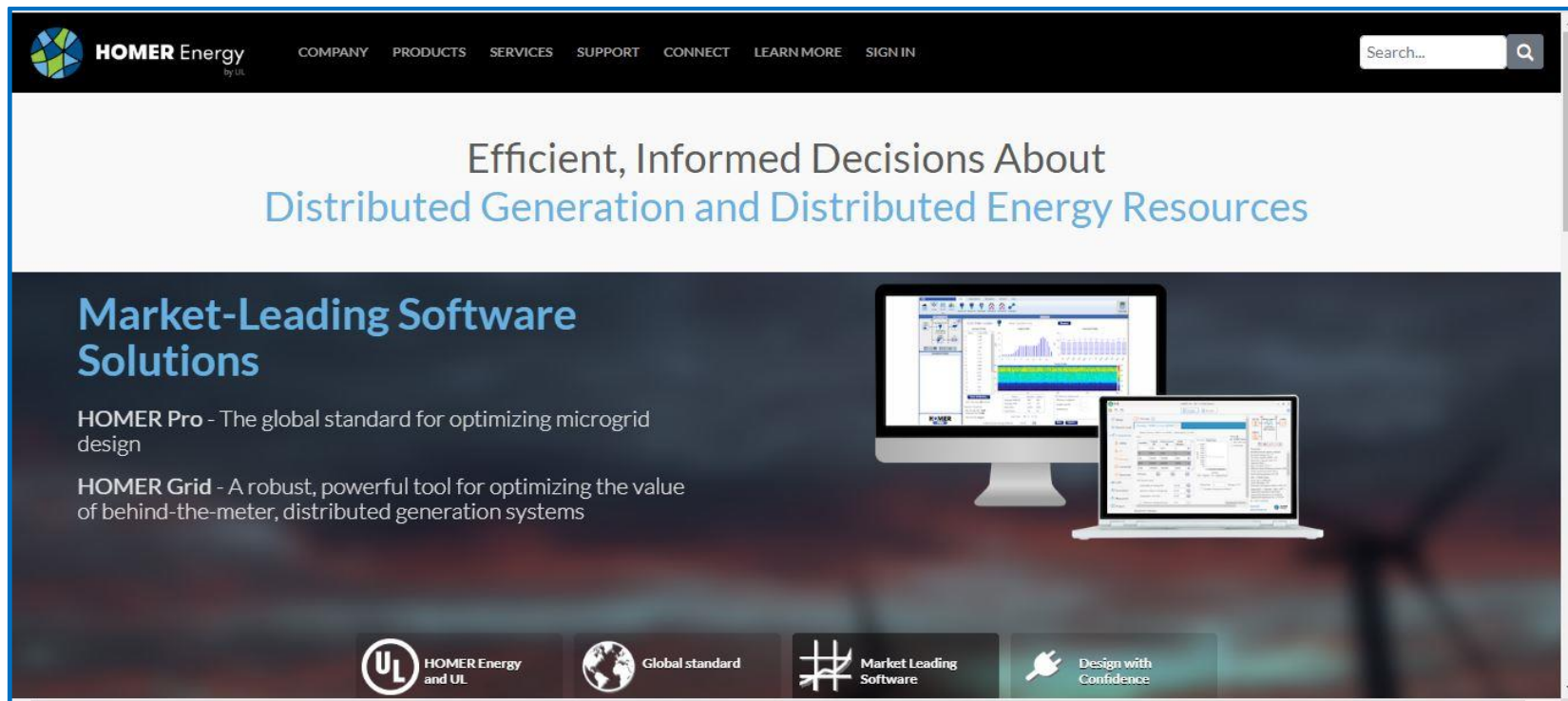


Fig. N° 39: Ingreso a la pantalla de descarga del software Homer.

Fuente: <https://www.homerenergy.com/>

Homer es una herramienta que nos permite solucionar y calcular diversos temas referidos a la energía renovable, entre ellos es la optimización de la energía solar y eólica; para ingresar al software tenemos que descargar el software en el link proporcionado creando una cuenta en ella, existen diferentes versiones de Homer, todas ellas son necesarias; Una vez descargado e instalado tenemos una licencia de 15 días para trabajar. En este caso de investigación hemos utilizado el Homer Pro.

5.2.1. Ubicación del lugar en el software homer

Para dimensionar los equipos del sistema solar y eólico, lo primero es seleccionar el lugar de estudio en la aplicación que contiene Homer (google heart), de tal manera que nos permita acceder solamente colocando el nombre del lugar, seguido este paso nos ubicamos en el botón “Resources” para indicar obtener los datos de radiación solar y velocidad del viento de la NASA, damos aceptar para acceder a lo siguiente.

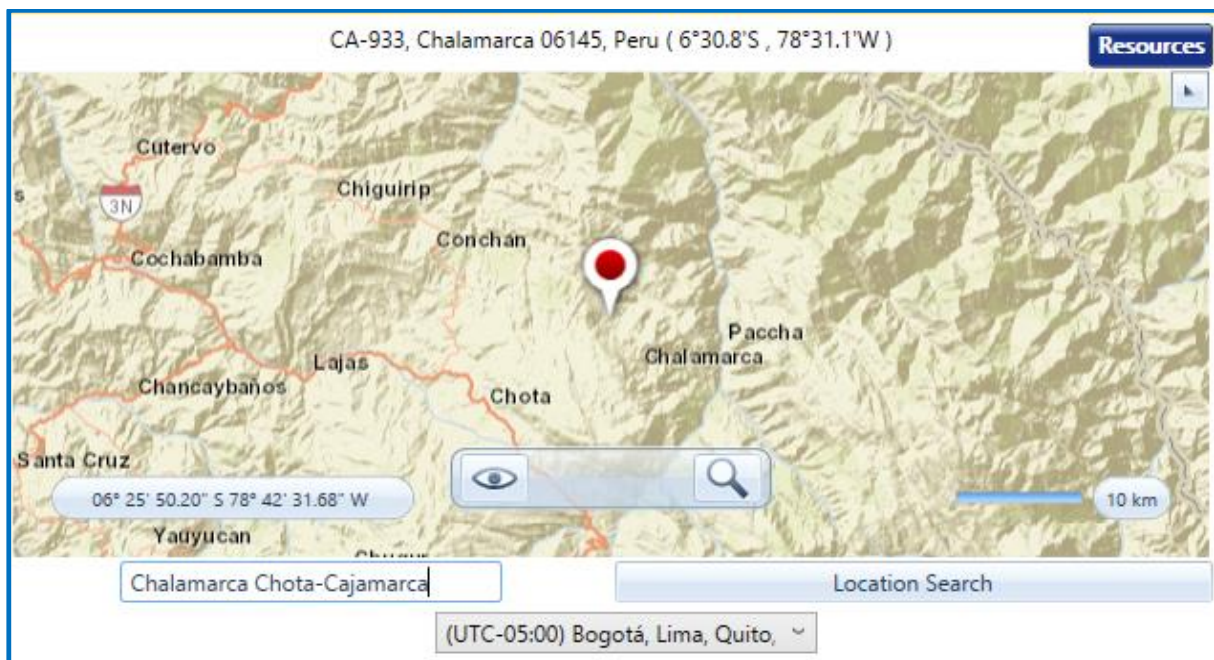


Fig. N° 40: Ubicación del Lugar en la herramienta de Homer.
Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Diagrama de carga calculado por homer

Una vez que seleccionamos la ubicación, procedemos a ubicar nuestro diagrama de carga del mes que deseemos obtener, en este caso nos ubicamos en comunidad y nos aparecerá el siguiente diagrama incluido por todas las demandas elegidas en kW; dando un total de 23 valores para indicar el comportamiento de la curva del diagrama, donde se presentan en perfil diario (daily profile), estacional (seasonal profile), anual (yearly profile). El diagrama de carga como resultado indica las bases como demanda promedio (kWh/día), valor pico (kW) y factor de demanda.

DATOS DE ENTRADA			
N° de Usuarios	:	17	Und.
Proyectados	:	0	Und.
Existentes	:		Und.
Maxima Demanda	:	1	Watts/Lote
Tasa de crecimiento	:	0.5	%
Años proyectados	:	20	Años
N° Cargas Especiales	:	3	
Pronoei	:	1.00	Und.
Local comunal	:	-	
Carpinteria	:	1.00	Und.
Iglesia	:	1.00	Und.
Taller	:	-	Und.
Consejo Municipal	:	-	Und.
Otros	:	-	Und.
Sector Tipico	:	2	-
KLAP	:	11	-
Potencia de la luminaria	:	60.0	Watts
Potencia Nominal	:	50.0	Watts
Perdidas	:	10.0	Watts

MÁXIMA DEMANDA DEL CASERIO DE ALTO PERÚ, DISTRITO DE CHALAMARCA						
ITEM	TIPO DE CARGA	UNIDAD	CANTIDAD	POTENCIA (KW)	F.S.	TOTAL
1	DOMESTICA	UND	17.00	0.00	0.50	0.01
2	ALUMBRADO PUBLICO	UND	10.00	0.06	1.00	0.60
3	CARGAS					
3.1	Pronoei	UND	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2	Local comunal	UND	-	1.00	1.00	0.00
3.3	Carpinteria	UND	1.00	1.00	1.00	1.00
3.4	Iglesia	UND	1.00	1.00	1.00	1.00
3.5	Taller	UND	-	1.00	1.00	0.00
3.6	Consejo Municipal	UND	-	1.00	1.00	0.00
3.7	Otros	UND	-	1.00	1.00	0.00
SUB TOTAL						3.61
PERDIDAS 5%						0.18
MÁXIMA DEMNDA ACTUAL						3.79 KW
PROYECCION DE LA MÁXIMA DEMANDA A 20 AÑOS						4.19 KW
POTENCIA TOTAL PROYECTADA A 20 AÑOS						4.65 KVA
POTENCIA DEL TRANFORMADOR SELECCIONADO						5.00 KVA
KLAP:	11.00			PPL:	60.00	
N°U:	20.00			NHMAP:	360.00	
CMAP:	220.00	10.18518519		N°Lum:	10.00	Luminarias

Tabla. N° 5: Maxima demanda del caserío de Alto Perú
Fuente: Elaboración propia

Se dispuso de 20 usuarios abonados más 03 cargas especiales, con una proyección de 20 años tal como indica en la tabla de cálculo

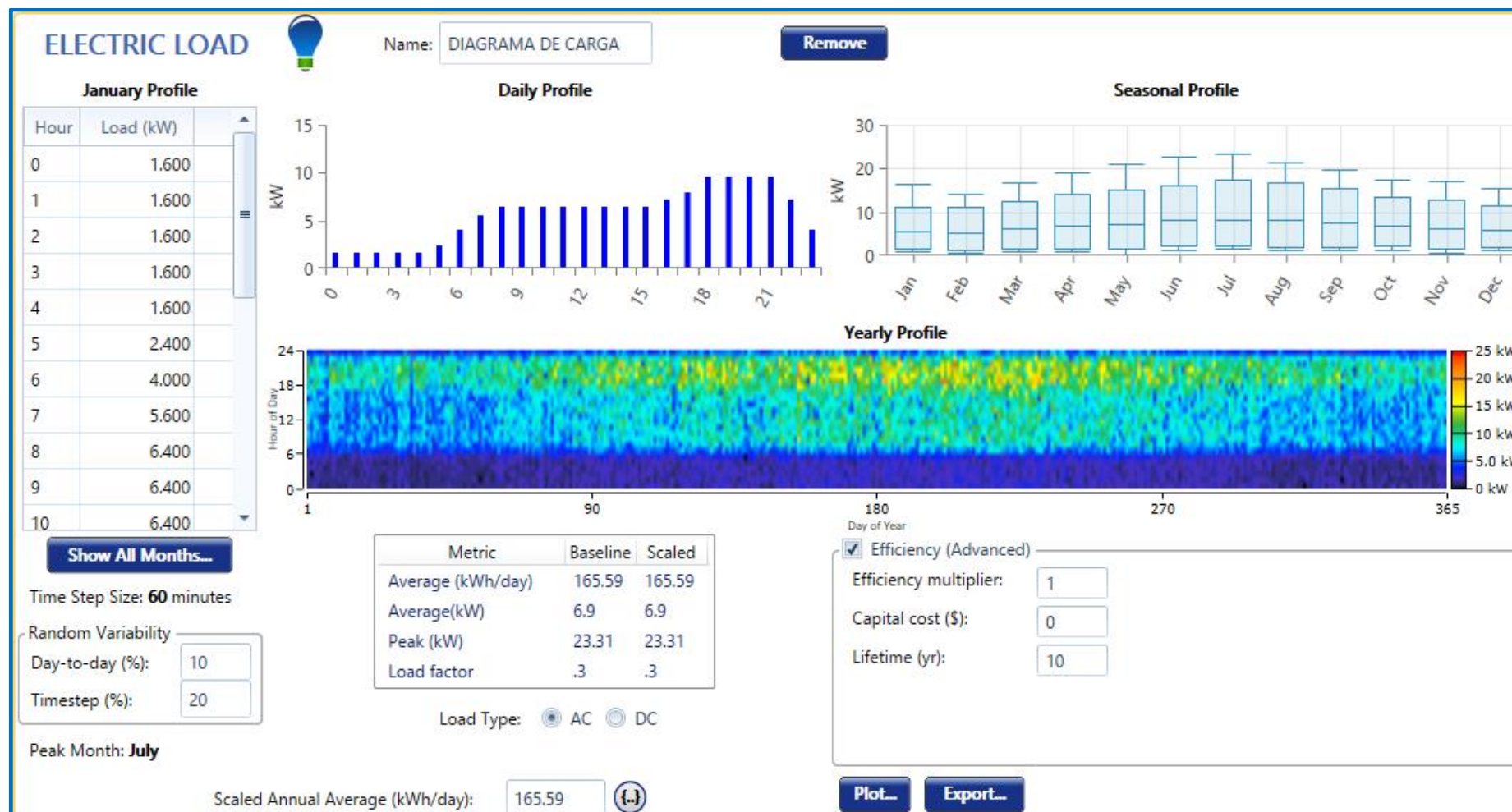


Fig. N° 41: Diagram de charge seleccionado por Homer.
Fuente: Elaboración propia

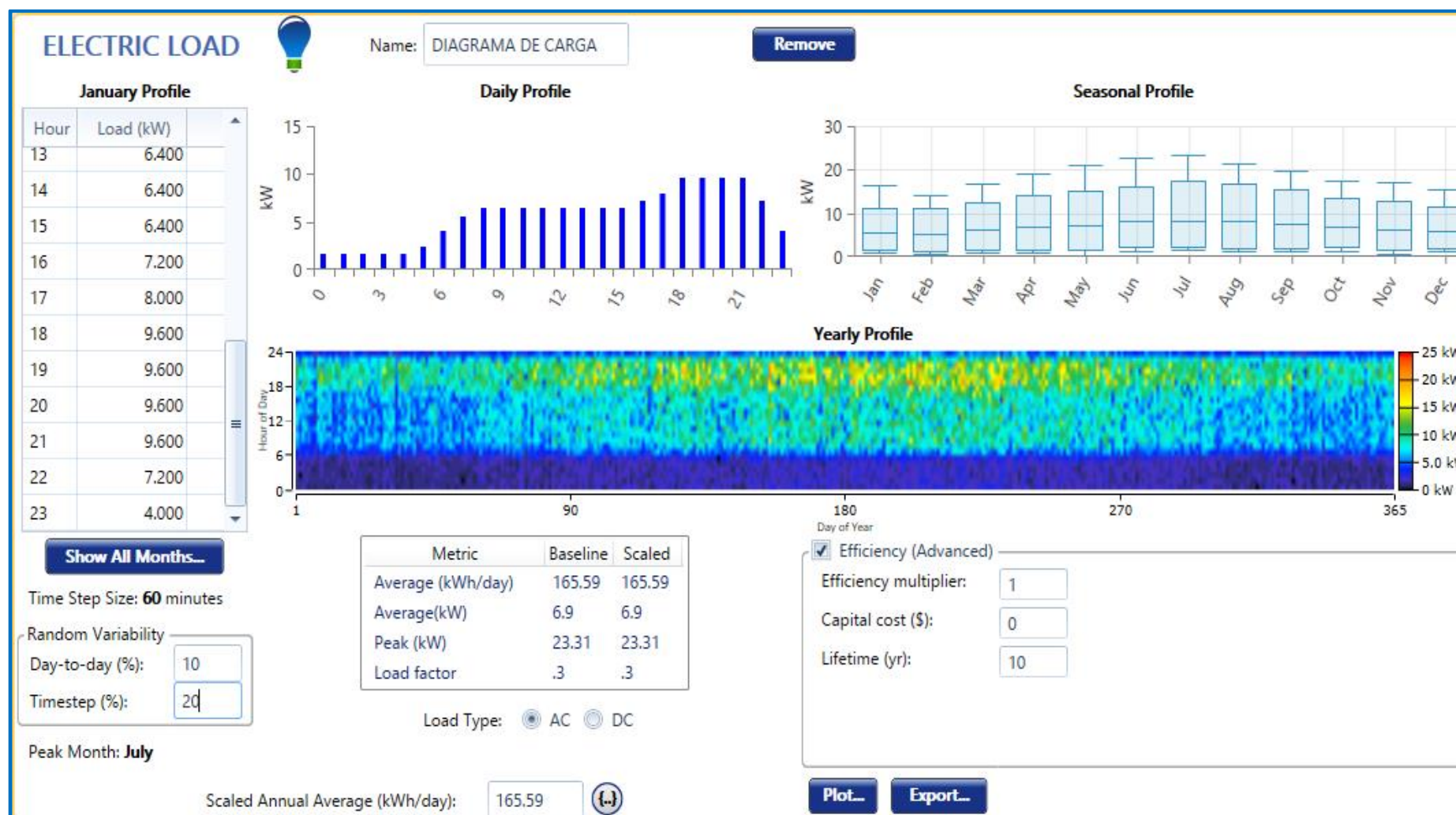


Fig. N° 42: Diagrama de carga seleccionado por Homer.
Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Selección de parámetros de temperatura (°C), radiación solar (kW.h/m2/día) y velocidad del viento (m/s) por Homer.

Se selecciona de acuerdo a la ubicación, latitud y longitud colocados en el primer paso de la comunidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca; la data es correspondiente al satélite de la NASA obteniendo sus valores promedio por mes de todo un año.

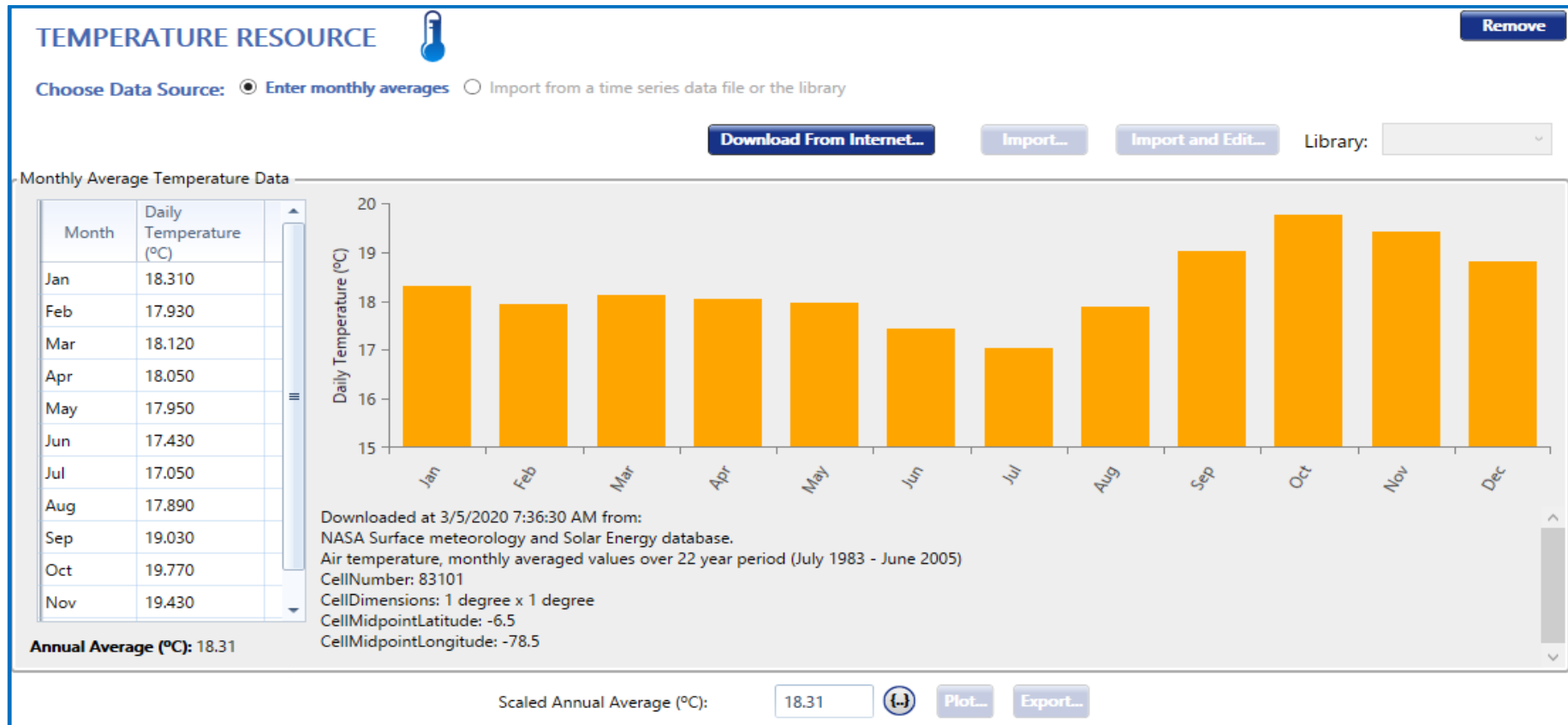


Fig. N° 43: Temperature promotion (°C) seleccionado por Homer.
Fuente: Elaboración propia

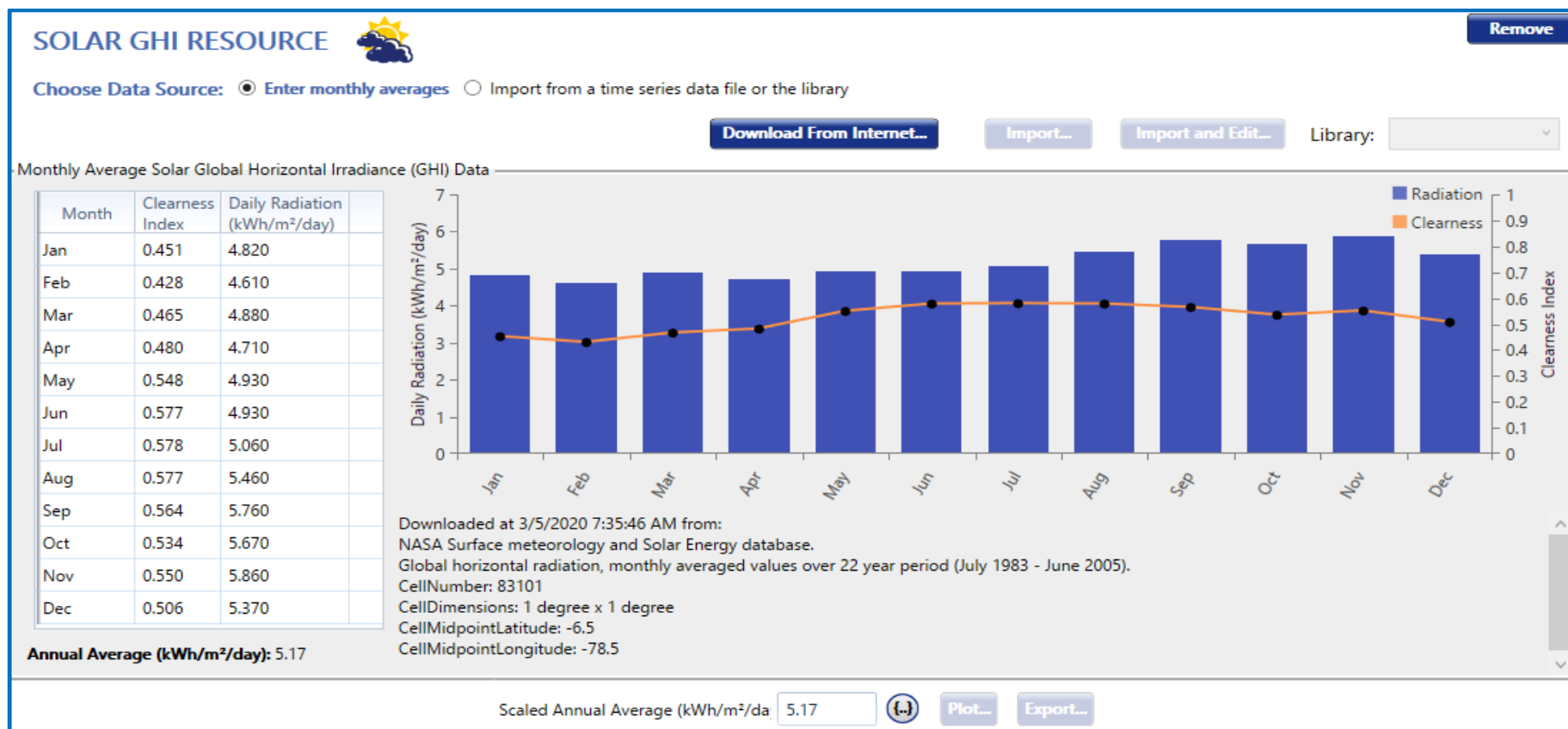


Fig. N° 44: Radiación solar (kW.h/m2/día) seleccionado por Homer.
 Fuente: Elaboración propia

Nota: La radiación solar (kW.h/m2/día) corresponden al promedio por mes obteniendo el mes con más alto valor de 5.76 kW.h/m2/día (septiembre), mientras que el valor más bajo es de 4.61 k Wh/m2/día (febrero); con un valor de 5.17 en horas solar punta en escala annual según Homer.

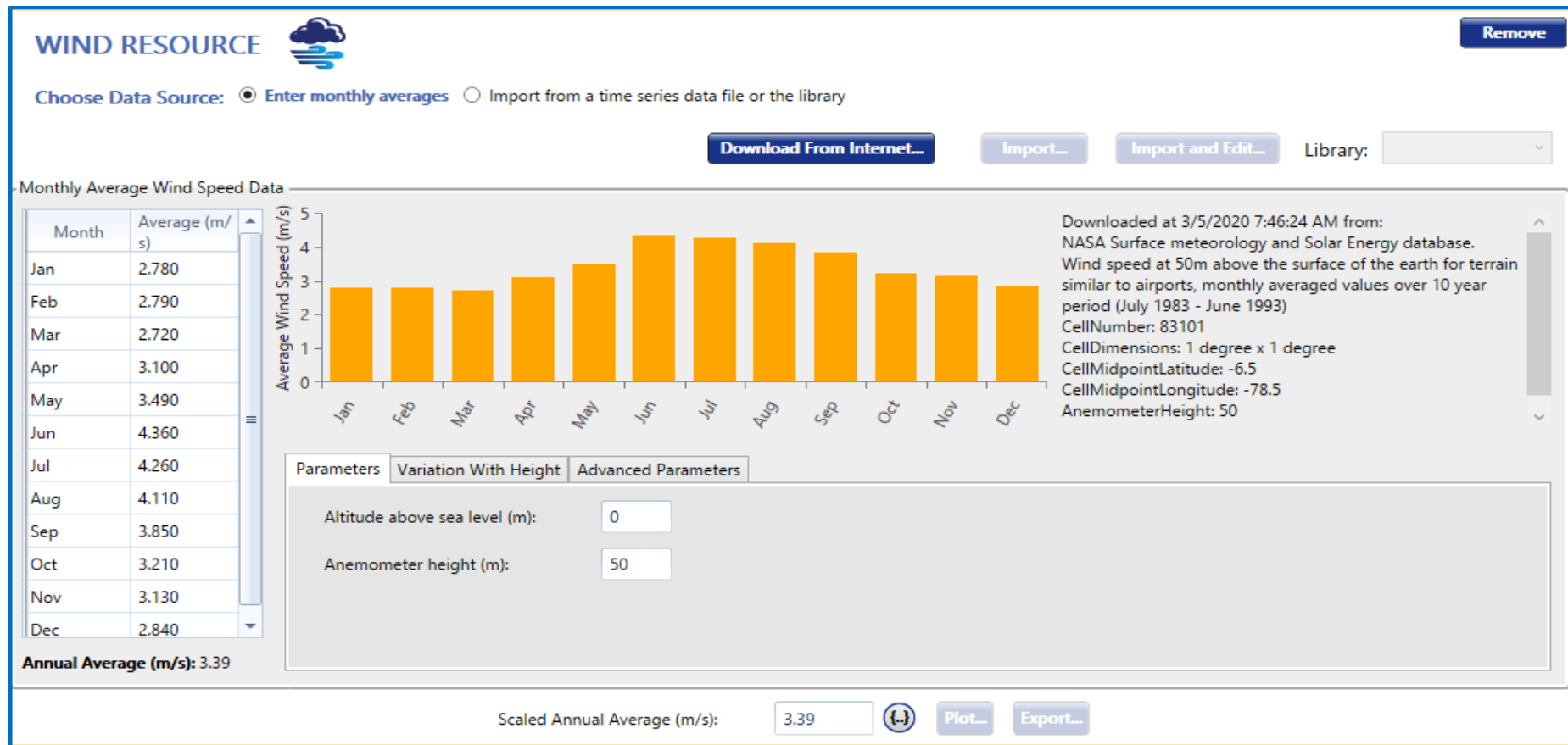


Fig. N° 45: Velocidad del viento (m/s/día) seleccionado por Homer.
 Fuente: Elaboración

Nota: La velocidad del viento (m/s/día) corresponden al promedio por mes obteniendo el mes con más alta velocidad de 4.36 m/s/día (junio), mientras que el valor más bajo es de 2.72 m/s/día (marzo); en escala annual según Homer.

5.2.4. Selección de los componentes utilizando homer

En este paso se seleccionan los paneles solares, sistema de acumulación (baterías), convertor de corriente directa a corriente alterna, aerogeneradores; se seleccionó, mediante Homer de acuerdo a los datos de radiación, capacidad, costo de sus equipos, reemplazo de sus equipos según costo de su mantenimiento. Sus componentes seleccionados presentan sus especificaciones de acuerdo a los diferentes factores que presenta el diagrama de carga como: Tipo de panel, temperatura de operación, capacidad clasificada, potencia nominal, etc.; indicados en la parte izquierda de la tabla que representa a sus componentes. En icono sizing (dimensionamiento) ubicamos Homer optimizer, en la parte inferior nos muestra el factor de reducción (derating factor); es un factor de entrada expresado en porcentaje de generación de energía según los componentes seleccionados para la optimización.

PV Name: CanadianSolar MaxPower CS6U-330P Abbreviation: CS6U-330P Remove Copy To Library

Properties

Name: CanadianSolar MaxPower CS6U-330P
Abbreviation: CS6U-330P
Panel Type: Flat plate
Rated Capacity (kW): 0.330
Temperature Coefficient: -0.41
Operating Temperature (°C): 45.00
Efficiency (%): 16.97
Manufacturer: Canadian Solar
[Data Sheet for CS6U-330P](#)
Notes:

Cost

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
2.7	0.00	0.00	0.00

Lifetime time (years): 25.00 More...

Sizing

☒ HOMER Optimizer™
☐ Search Space
☐ Advanced



Site Specific Input

Derating Factor (%): 88.00

Electrical Bus

☒ AC ☐ DC

Tabla. N° 6: Panels solares seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

Name: CanadianSolar MaxPower (
Abbreviation: CS6U-3

Remove
Copy To Library

Properties

Operating temperature (°C): 45.00

Efficiency (%): **16.97**

Manufacturer: Canadian Solar

[Data Sheet for CS6U-330P](#)


Notes:

72 Poly-crystalline cells.

The MaxPower CS6U polycrystalline line offers a number of variations: from nominal max power of 315W, 320W, 325W, to 330W. This component represents the 330W polycrystalline module, which offers excellent module efficiency of up to 16.97%.

Cost

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
2.7	0.00	0.00	0.00

Lifetime time (years): 25.00 

More...


Sizing

☒ HOMER Optimizer™

☐ Search Space

☐ Advanced


Site Specific Input


Derating Factor (%): 88.00 

Electrical Bus

☒ AC ☐ DC

☒ Consider temperature effects?
Using ambient temperature defined in the temperature resource.

Temperature effects on power (%/°C): -0.390 

Nominal operating cell temperature (°C): 45.00 


Efficiency at standard test conditions (%): 18.33 

Tabla. N° 6: Panels solares seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

Nota: La radiación solar (kW.h/m2/día) corresponden al promedio por mes obteniendo el mes con más alto valor de 5.76 kW.h/m2/día (septiembre), mientras que el valor más bajo es de 4.61 k Wh/m2/día (febrero); con un valor de 5.17 en horas solar punta en escala annual según Homer.

STORAGE

Name:
Abbreviation:

Properties

Kinetic Battery Model

Nominal Voltage (V): 12
Nominal Capacity (kWh): 1
Maximum Capacity (Ah): 83.4
Capacity Ratio: 0.403
Rate Constant (1/hr): 0.827
Roundtrip efficiency (%): 80
Maximum Charge Current (A): 16.7
Maximum Discharge Current (A): 24.3
Maximum Charge Rate (A/Ah): 1

www.homerenergy.com

This is a generic 12 volt lead acid battery with 1 kWh of energy storage.

Generic

homerenergy.com

Cost

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	500.00	240.00	750.00

Lifetime

time (years):

throughput (kWh):

Sizing

☒ HOMER Optimizer™
☐ Search Space
☐ Advanced

Site Specific Input

String Size: Voltage: 12 V

Initial State of Charge (%):

Minimum State of Charge (%):

☒ Minimum storage life (yrs):

Tabla. N° 7: Storage seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

Nota: El Sistema de acumulación se seleccionó de 12V, con a capacidad de 83.3 Ah, su máxima corriente de carga es de 16.7 A, 24.3 A de descarga máxima, con una tasa de carga máxima de 1 A/Ah, su capacidad nominal es de 1 k Wh, con 40% mínimo de estado de carga.

Fronius Symo 4.5-3-S

Complete Catalog

Name: Fronius Symo 4.5-3-S
Abbreviation: Fron4.5

Remove

Copy To Library

Properties

Name: **Fronius Symo 4.5-3-S**
Abbreviation: **Fron4.5**
[Technical Data for Symo 4.5-3-S](#)
Notes:
Grid-following
PV-dedicated inverter: Three-phase inverter for any sized system.
Interface to internet via WLAN or Ethernet

Fronius

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
4.5	\$2,500.00	\$1,000.00	\$3,500.00
Click here to add new item			

Multiplier:

Capacity Optimization

☒ HOMER Optimizer™
☐ Search Space
☐ Advanced

Inverter Input

Lifetime (years): 10.00
Efficiency (%): 97.20
☒ Parallel with AC generator?


Rectifier Input

Relative Capacity (%): 50.00
Efficiency (%): 90.00

Tabla. N° 8: Converter seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

Nota: El convertor seleccionado es de marca Fronius Symo 4.5, con una capacidad de 4.5 k W, un costo de 2500 \$, 1000 \$ en su mantenimiento y reparación en su instalación, con 10 años de vida útil, 97.2 % de eficiencia, capacidad relativa de un 50%. Costo de instalación para toda la vida 20 años es de 3500 \$. El rectificador de entrada presenta 50% capacidad relativa, 90% de eficiencia.

Add/Remove
Enercon E-44 [900kW]
Enercon E-44 [900kW]

WIND TURBINE


Name:
Abbreviation:

Properties

Name: **Enercon E-44 [900kW]**
Abbreviation: **E-44**
Rated Capacity (kW): **900.00**
Manufacturer: **Enercon**

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	X
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	X
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	

Multiplier:

Quantity Optimization

☒ HOMER Optimizer™
☐ Search Space
☐ Advanced


Site Specific Input

Lifetime (years):
Hub Height (m):
☒ Consider ambient temperature effects?

Electrical Bus

☒ AC
☐ DC

WIND TURBINE



Name:
Abbreviation:

Remove
Copy To Library

Properties

NOTES:

Gearless, variable speed, and single blade adjustment.
Rotor Diameter: 44m
Hub Height options: 45m, 55m
Upwind rotor with active pitch control.
One independent pitch system per rotor blade with allocated emergency supply.
Cut out wind speed: 28-34 m/s with ENERCON storm control.

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	X
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	X
1	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	

Multiplier: {..} {..} {..}

Quantity Optimization

☒ HOMER Optimizer™
☐ Search Space
☐ Advanced

Site Specific Input

Lifetime (years): {..}
Hub Height (m): {..}
☒ Consider ambient temperature effects?

Electrical Bus

☒ AC
☐ DC

Tabla. N° 9: Aerogenerador seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

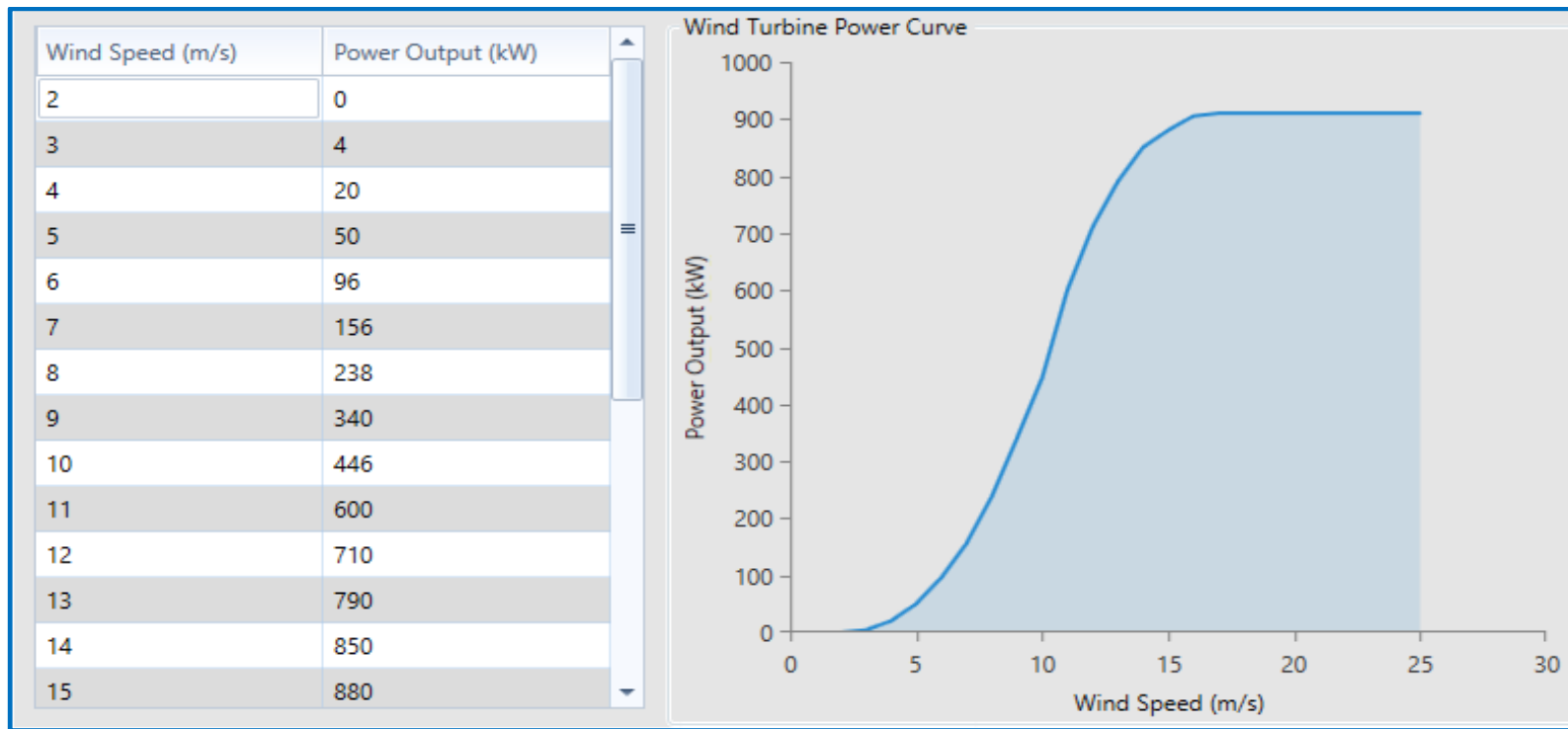


Tabla. N° 10: Curve de potencias del aerogenerador seleccionados por Homer.
Fuente: Elaboración propia

Nota: El aerogenerador se selecciona para abastecer la potencias de máxima demanda y disponibilidad del viento en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca; la potencia nominal del aerogenerador es de 900 k W, en el gráfico se muestra la potencia que genera respecto a la velocidad, la curva de potencias (velocidad vs la potencia nominal), su costo de mantenimiento es mayor a su costo de instalación; se decir se consideró una inversión incluido a su instalación.

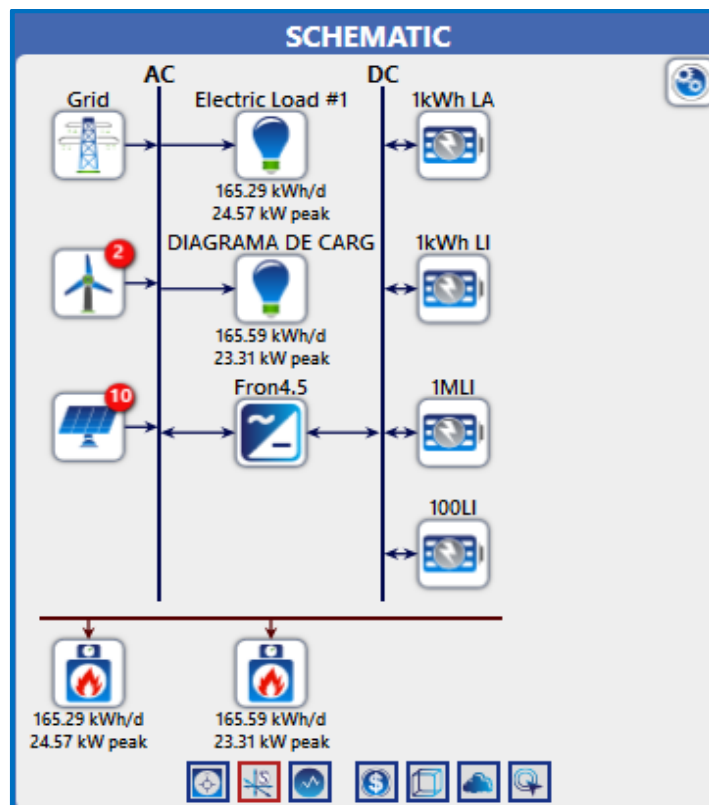


Fig. N° 46: Dimensionamiento del Eolic, utilizando Homer
Fuente: Elaboración

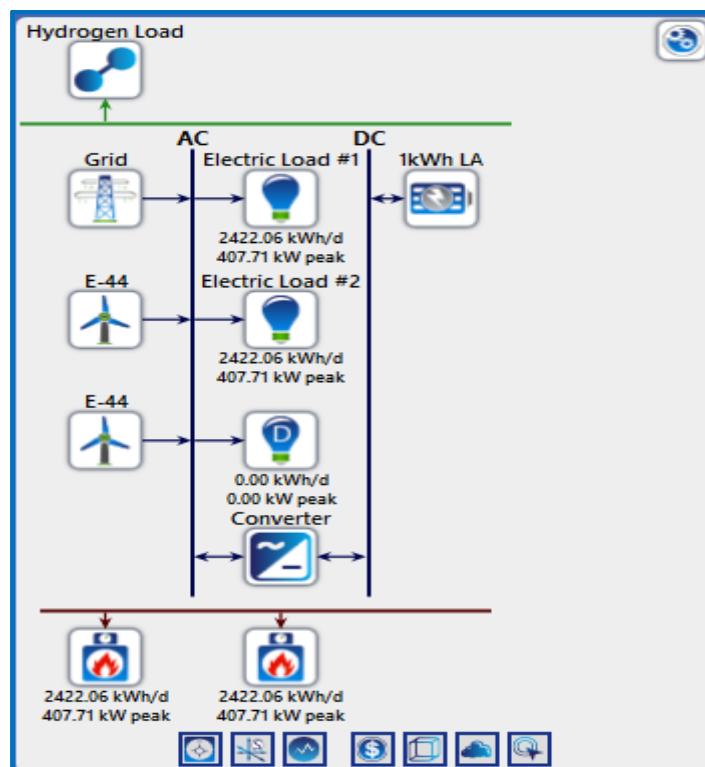


Fig. N° 47: Dimensionamiento del Sistema Eolic solar, utilizando Homer
Fuente: Elaboración propia

5.2.5. Optimización generada por el sistema eólico y solar

La optimización de los componentes del sistema solar y eólico se seleccionó mediante el software Homer, realizando los cálculos del costo de los equipos y a la vez la energía producida por los paneles solares y los aerogeneradores. El dimensionamiento realizado con el software nos arroja resultados equivalentes a su conexión y capacidad en kWp, las cuales serían útiles en la generación dependiendo la radiación solar. En la tabla siguiente nos muestra la capacidad instalada por cada panel dimensionado de acuerdo a su capacidad de generación acumulada para atender a la máxima demanda de consumo de la población de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota.

Overall Winner				Category Winner		Calculate				OK
Eaton1500 Capacity (kW) <input checked="" type="checkbox"/> Optimizer	Grid Purchase Capac (kW)	PV Inverter Capacit (kW)	PV Size (kW) <input checked="" type="checkbox"/> Optimizer	Jinko60/300 Size (kW) <input checked="" type="checkbox"/> Optimizer	LONGi Inverter Capacit (kW)	LONGi Size (kW) <input checked="" type="checkbox"/> Optimizer	LR6-60HV Inverter Capacit (kW)	LR6-60HV Size (kW) <input checked="" type="checkbox"/> Optimizer	CS6K-2 Inverte (kW)	
0.0	999999		0.0							
56.5			262.1							
113.0			524.2							
169.5			786.3							
226.0			1048.4							
282.5			1310.5							
339.0			1572.6							
395.5			1834.7							

Tabla. N° 11: Capacidad instalada del Sistema solar, utilizando Homer
Fuente: software Homer Pro

OPTIMIZATION

Optimization Settings

Minutes per time step: 60 Time steps per year: 8,760

☒ Allow systems with multiple generators.

☒ Allow systems with two types of wind turbines.

☐ Limit excess thermal output (% of load): 10

☒ Issue a warning if an off-grid system has:

maximum renewable penetration greater than 55 %

battery autonomy of less than 2 hrs

Optimizer Settings

Maximum simulations per optimization 10,000

System design precision 0.0100

NPC precision 0.0100

Focus factor 50.00

Slower (thorough)

Faster

☒ Optimize category winners?

Tabla. N° 12: Optimization del Sistema Eolic solar, utilizando Homer.
Fuente: Elaboración propia

Nota: La table nos muestra lo siguiente: la configuración del optimizativizador se realiza en un tiempo de 60 minutos como se indicó es el lapso de interval en el diagram de carga eléctrica, los pasos de tiempo al año son 8760 (factor constate del factor de carga), permite sistemas con múltiples generadores, además con dos tipos de aerogeneradores, emite una advertencia a un Sistema de red (55%), autonomía de la batería es menos de 02 horas. La simulación máxima de optimización es 10 000, la precisión máxima de diseño es 0.01, con un factor de 50

Evaluación económica.

En este capítulo se evalúa el presupuesto correspondiente para ser ejecutado el proyecto de investigación en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, la misma que financiará con apoyo de la región Cajamarca y el gobierno central una vez aprobada y elaborada, para ello se adquirió ½ hectárea de terreno para el espacio de los paneles solares y aerogeneradores; los cuales no ocupan mucho espacio por su capacidad de potencia que tienen; todo esto está evaluado en el presupuesto.

Evaluación económica del sistema solar			
	Descripción.	UND	Total (S/.)
1.00	Parque Solar Fv		
1.10	Módulos Fv ,Cableados y otros.	UND	31 237.12
1.20	Sistema de Monitorización.	UND	46.54
1.30	Montaje y puesta en servicio	Hrs	17 200.00
1.40	Ingeniería y Dirección de obra.	Pa	6 550.00
1.50	Obra civil.	Pa	11 695.00
2.00	Sistema de acumulación		
2.10	Batería Generic Lead Acid 1 kWh	Und	1 441.44
	Total presupuesto		68 170.10

Evaluation economic del Sistema solar.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación económica de los Aerogeneradores marca E-44 (900 kW)	
Descripción	Costo total (S/.)
Modelo	
Aerogenerador Enercon E-44 (900 k W)	24 750.00
Controlador cargador eólico 120V-24/48V	5 718.75
Caseta para baterías, controladores e inversores	5 700.00
Torre de 45m	8 062.50
Cerco metálico (ML)	500.00
Terreno (m2)	6 500.00
Accesorios	2 000.00
Nº Aerogeneradores	2.00
Potencia Unitaria (Kw)	900.00
Potencia Total del Sistema eólico (Kw)	1 800.00
Horas viento equivalentes (h)	2 470.00
Producción anual (kwh)	4 446 000.00
Precio de venta Kwh – Año 0	0.06
Aumento del precio de venta	0.01
Gastos Operativos anuales	320 000.00
Incremento costes anuales	0.02

Costs totals del system Eolic.
Fuente: Elaboración propia

COSTOS TOTALES	
Coste aerogeneradores	49 500.00
Instalación eléctrica	250 000.00
Obra civil + Varios	150 000.00
Presupuesto total	449 500.00
Valor Residual	-
PRECIOS ÍNDICE (S/./Kw instalado)	
Coste aerogeneradores	27.50
Instalación eléctrica	138.89
Obra civil	83.33
Precio Indice Instalación	249.72
PERIODOS DE AMORTIZACIÓN	
Amortización Obra Civil	20 años
Amortización Equipos	12 años

Costs totals del system Eolic.
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

- a.** La demanda máxima actual de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca es de 3.85 kW y la proyectada a 20 años es 4.26 kW.
- b.** La irradiación solar mínima es de 4 kW.h/m²/día en HSP (horas solar punta) y un máximo de 5.17 kW.h/m²/día (HSP).
- c.** La velocidad del viento máxima es de 3.62 y el valor mínimo es de 1.53 m/s.
- d.** Se ha seleccionado 10 und de paneles (PV) de marca Canadian Solar MaxPower policristalino, modelo CS6U-330P, los cuales fueron distribuidos colocando 02 und en serie por 05 und en paralelo para completar una tensión de 12V del sistema de acumulación.
- e.** Se ha seleccionado 04 und de acumuladores: 03 und de acumuladores litio con una capacidad de 1k Wh Li (02 und), 100 k WhLi (01 und) y 01 und de acido de litio con una capacidad de 1k Wh Li ,02 und de inversores marca Fronius Symo con una potencia de 4.5 kW, ambos inversores se conectaron en paralelo; es decir para el sistema solar (01 und), para el sistema eólico (01 und).
- f.** Se ha seleccionado 02 und de aerogeneradores E44- 900 kW Enercon; cuyas especificaciones técnicas son: Rotor de 44m de diámetro, con una altura de sus torres son de 55m, presenta un rotor activado a un control de freno mecánico para realizar mantenimientos, con una velocidad de desconexión de 28 a 34 m/s.
- g.** Para la implementación de la optimización eólico y solar se requiere un presupuesto de 450 500 S/.

6.2. Recomendaciones.

A. Se recomienda realizar la optimización eólica y solar para satisfacer la máxima demanda actual y proyectada a 20 años y utilizar un mejor consumo de energía en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, habiéndose demostrado que es una de las mejores alternativas para mejorar su eficiencia energética en el distrito ya la vez contando con el presupuesto de un presupuesto menor al presupuesto.

B. En cuanto a la implementación de energías renovables, se recomienda utilizar el software HOMER, siendo un aplicativo rápido de usarla y de mucha importancia y en la simulación, optimización y diseño de microrredes de generación utilizando las energías renovables; que nos permitirán mejorar la eficiencia económica (costos) y energética reduciendo tiempo y dinero en los estudios de pre-factibilidad.

Referencias bibliográficas.

Chercca Ramirez, J. (2014). Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Generación de Energía Eléctrica y la Reducción de Emisiones de CO2 en el Poblado Rural la Gramita de Casma. (Lima 2014). Pág.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1694>

Guevara Medina, M. (2014). Sistema Híbrido de Generación de Energía Eléctrica Eólico Fotovoltaico Aislado Para el Suministro Eléctrico Demandado Por un Edificio Habitacional. (México 2014)

<http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/13171>

Mera J. Sistemas Híbridos. (2017) Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras. (Lima 2017)

<http://scielo.sld.cu>

Facundo Bertua Ríos, Elisa Peñalvo López (2017), Análisis y selección de un sistema de energía renovable híbrido en la zona de Valencia utilizando el proceso analítico jerárquico (AHP). (Valencia, España 2017).

<http://hdl.handle.net/10251/83965>

Jery Huacaychuco y Sacha Navarro (2017), Proyecto de factibilidad en el uso de Paneles Solares como generación fotovoltaica para suministro de electricidad en ambientes ENAMM. (Callao, Lima 2017)

<http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/73>

Ramos López, Luna Puente (2017); Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de Salamanca. (Chihuahua, México 2017).

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx> ›

Atlas Eólico del Perú 2016 (MINEM).

<http://www.minem.gob.pe>

Eólico del Perú (2016), Ministerio de energía y minas dirección general de electrificación rural dirección de fondos concursables.

<https://www.osinergmin.gob.pe>

Carta Gonzáles, Calero Pérez (Energías Renovables 2017). Pág. 23

<https://www.amazon.com>

Ttacca Hualla y Mostajo Sotomayor (2017), Estudio de la eficiencia energética en los sistemas hospitalarios de Salud - Hospital II Ayaviri. (Puno 2017)

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5986>

Restrepo Garcés, Manotas Duque y Lozano (2016), Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes Renovables en Edificios Comerciales. (Cali, Colombia 2016).

<https://scielo.conicyt.cl> ›

Una propuesta basada en Smart Grid para mejorar la electrificación rural en el Perú

Benito Misaray, Huanachin Osorio, Rodríguez (2019). (Lima 2019)

<https://hdl.handle.net/20.500.12640/1706>

Arce Jáuregui, Bravo Flores, Medina Guevara, Tipiani Marrou (2017), Planeamiento estratégico de la Industria peruana de energías renovables. (Lima 2017).

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/9039>

Linkografía

<https://www.homerenergy.com> › h. (31/09/20, 10:00 Hrs)

<https://www.virtualpro.co/biblioteca/manuales-sobre-energia-renovable-eolica> (31/09/20, 12:00 Hrs)

<https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/manuales-sobre-energia-renovable-eolica> (31/09/20, 12:30 Hrs)

<http://www.pspb.org/e21/media/HOMERModelingInformation.pdf>). ((31/09/20, 12:30 Hrs)

<https://www.iea.org/stats/surveys/mps.pdf>). (31/09/20, 13:10 Hrs)

<https://bester.energy/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>. (31/09/20, 14:00 Hrs)

http://cellenergyinternational.co.uk/pdf/WES5_Tulipo_brochure_ds1.pdf. (31/09/20, 14:45 Hrs)

<https://concepto.de/energia-eolica/#ixzz5gu3RjFLZ> 2016 (Libro virtual). (31/09/20, 15:45 Hrs)

<https://www.homerenergy.com/>. (31/09/20, 18:00 Hrs)

<https://power.larc.nasa.gov/>. (31/09/20, 22:00 Hrs)

ANEXOS: ANEXO A.

Export...

Optimization Results

Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

☒ Categorized
 ☐ Overall

Architecture										Cost				System		Gen						
						PV (kW)	G3	Gen (kW)	1kWh LA	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	OE
										999,999		CC	\$1.22M	\$0.100	\$95,630	\$0.00	0	0				
						0.213				999,999		CC	\$1.22M	\$0.100	\$95,600	\$639.89	0.0340	0				
								1		999,999	0.0571	CC	\$1.22M	\$0.100	\$95,655	\$317.14	0	0				
						0.427		1		999,999	0.108	CC	\$1.22M	\$0.100	\$95,594	\$1,612	0.0680	0				
							1			999,999		CC	\$1.25M	\$0.102	\$96,157	\$18,000	0.0267	0				
						1.71	1			999,999		CC	\$1.25M	\$0.102	\$95,914	\$23,119	0.299	0				

Export...

Optimization Results

Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

☒ Categorized
 ☐ Overall

Architecture										Cost				System		Gen						
						PV (kW)	G3	Gen (kW)	1kWh LA	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	OE
								490	1	999,999	0.0571	CC	\$1.41M	\$0.116	\$91,301	\$245,317	0	0	0	0	0	0
						0.427		490	1	999,999	0.108	CC	\$1.41M	\$0.116	\$91,240	\$246,612	0.0680	0	0	0	0	0
							1	490		999,999		CC	\$1.44M	\$0.118	\$91,804	\$263,000	0.0267	0	0	0	0	0
						1.71	1	490		999,999		CC	\$1.44M	\$0.118	\$91,560	\$268,119	0.299	0	0	0	0	0
						1.71	1	490	3	999,999	0.431	CC	\$1.44M	\$0.118	\$91,636	\$269,148	0.299	0	0	0	0	0
							1	490	7	999,999	1.63	CC	\$1.44M	\$0.118	\$91,986	\$265,590	0.0267	0	0	0	0	0

Anexo A1: Optimización del Sistema Eolic solar, dimensionado por Homer.
Fuente: Elaboración propia

ANEXO B.

Architecture/ PV (kW)	Architecture/ G3	Architecture/ Gen (kW)	Architecture/ 1kWh LA	Architecture/ Grid (kW)	Architecture/ Converter (kW)	Architecture/ Dispatch	Cost/NPC (\$)	Cost/COE (\$)	Cost/Opera ting cost (\$/yr)	Cost/Initial capital (\$)	System/Ren Frac (%)
				999 999.00		AC	1 222 472.00	0.10	95 630.00	-	-
0.21				999 999.00		AC	1 222 724.00	0.10	95 599.61	639.89	0.03
			1.00	999 999.00	0.05	AC	1 223 101.00	0.10	95 654.54	314.62	-
0.43			1.00	999 999.00	0.09	AC	1 223 621.00	0.10	95 594.11	1 607.37	0.07
	1.00			999 999.00		AC	1 241 152.00	0.10	95 683.17	18 000.00	0.52
1.71	1.00			999 999.00		AC	1 243 164.00	0.10	95 440.08	23 119.14	0.79
1.71	1.00		3.00	999 999.00	0.37	AC	1 245 138.00	0.10	95 515.46	24 129.49	0.79
	1.00		7.00	999 999.00	1.39	AC	1 245 973.00	0.10	95 863.33	20 517.86	0.52
		420.00		999 999.00		AC	1 384 766.00	0.11	91 898.08	210 000.00	-
0.21		420.00		999 999.00		AC	1 385 017.00	0.11	91 867.70	210 639.90	0.03
		420.00	1.00	999 999.00	0.05	AC	1 385 394.00	0.11	91 922.62	210 314.60	-
0.43		420.00	1.00	999 999.00	0.09	AC	1 385 915.00	0.11	91 862.19	211 607.40	0.07
	1.00	420.00		999 999.00		AC	1 403 446.00	0.11	91 951.26	228 000.00	0.52
1.71	1.00	420.00		999 999.00		AC	1 405 457.00	0.11	91 708.16	233 119.10	0.79
1.71	1.00	420.00	3.00	999 999.00	0.37	AC	1 407 431.00	0.12	91 783.54	234 129.50	0.79
	1.00	420.00	7.00	999 999.00	1.39	AC	1 408 267.00	0.12	92 131.41	230 517.90	0.52

Anexo A2: Evaluación del Sistema Eolic solar, dimensionado por Homer. (1/2)

Fuente: Elaboración propia

PV/Capital Cost (\$)	PV/Production (kWh/yr)	G3/Capital Cost (\$)	G3 /Production (kWh/yr)	G3/O&M Cost (\$)	1kWh LA/Autonomy (hr)	1kWh LA/Annual Throughput (kWh/yr)	1kWh LA/Operating hours (hours)	1kWh LA/Nominal Capacity (kWh)	1kWh LA/Usable Nominal Capacity (kWh)	Converter/ Rectifier Mean Output (kW)	Converter/I nverter Mean Output (kW)	Grid/Energy Purchased (kWh)
												956 300.00
639.89	325.20											955 974.80
					0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	956 300.00
1 279.79	650.40				0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	955 649.60
		18 000.00	4 998.10	360.00								951 301.90
5 119.14	2 601.62	18 000.00	4 998.10	360.00								948 700.30
5 119.14	2 601.62	18 000.00	4 998.10	360.00	0.02	-	-	3.00	1.80	-	-	948 700.30
		18 000.00	4 998.10	360.00	0.04	-	-	7.01	4.20	-	-	951 301.90
												956 300.00
639.89	325.20											955 974.80
					0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	956 300.00
1 279.79	650.40				0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	955 649.60
		18 000.00	4 998.10	360.00								951 301.90
5 119.14	2 601.62	18 000.00	4 998.10	360.00								948 700.30
5 119.14	2 601.62	18 000.00	4 998.10	360.00	0.02	-	-	3.00	1.80	-	-	948 700.30
		18 000.00	4 998.10	360.00	0.04	-	-	7.01	4.20	-	-	951 301.90

Anexo A3: Evaluación del Sistema Eolic solar, dimensionado por Homer. (2/2)

Fuente: Elaboración propia

Architecture/ PV (kW)	Architecture/ G3	Architecture/ Gen (kW)	Architecture/ 1kWh LA	Architecture/ Grid (kW)	Architecture/ Converter (kW)	Architecture /Dispatch	Cost/NPC (\$)	Cost/COE (\$)	Cost/Operating cost (\$/yr)	Cost/Initial capital (\$)	System/Ren Frac (%)
				999 999.00		AC	1 222 472.00	0.10	95 630.00	-	-
0.21				999 999.00		AC	1 222 724.00	0.10	95 599.61	639.89	0.03
			1.00	999 999.00	0.06	AC	1 223 104.00	0.10	95 654.61	317.14	-
0.43			1.00	999 999.00	0.11	AC	1 223 627.00	0.10	95 594.23	1 612.11	0.07
	1.00			999 999.00		AC	1 247 216.00	0.10	96 157.49	18 000.00	0.03
1.71	1.00			999 999.00		AC	1 249 227.00	0.10	95 914.39	23 119.14	0.30
1.71	1.00		3.00	999 999.00	0.43	AC	1 251 226.00	0.10	95 990.28	24 148.44	0.30
	1.00		7.00	999 999.00	1.63	AC	1 252 132.00	0.10	96 339.55	20 589.60	0.03
		490.00		999 999.00		AC	1 411 815.00	0.12	91 276.09	245 000.00	-
0.21		490.00		999 999.00		AC	1 412 066.00	0.12	91 245.70	245 639.90	0.03
		490.00	1.00	999 999.00	0.06	AC	1 412 447.00	0.12	91 300.70	245 317.10	-
0.43		490.00	1.00	999 999.00	0.11	AC	1 412 970.00	0.12	91 240.33	246 612.10	0.07
	1.00	490.00		999 999.00		AC	1 436 558.00	0.12	91 803.59	263 000.00	0.03
1.71	1.00	490.00		999 999.00		AC	1 438 570.00	0.12	91 560.48	268 119.10	0.30
1.71	1.00	490.00	3.00	999 999.00	0.43	AC	1 440 569.00	0.12	91 636.38	269 148.40	0.30
	1.00	490.00	7.00	999 999.00	1.63	AC	1 441 475.00	0.12	91 985.64	265 589.60	0.03

Anexo A4: Resultados de la optimización del Sistema Eolic solar, dimensionado por Homer. (1/2)

Fuente: Elaboración propia

PV/Capital Cost (\$)	PV/Production (kWh/yr)	G3/Capital Cost (\$)	G3/Production (kWh/yr)	G3/O&M Cost (\$)	1kWh LA/Autonomy (hr)	1kWh LA/Annual Throughput (kWh/yr)	1kWh LA/Operating hours (hours)	1kWh LA/Nominal Capacity (kWh)	1kWh LA/Usable Nominal Capacity (kWh)	Converter/Rectifier Mean Output (kW)	Converter/Inverter Mean Output (kW)	Grid/Energy Purchased (kWh)
												956 300.00
639.89	325.20											955 974.80
					0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	956 300.00
1 279.79	650.40				0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	955 649.60
		18 000.00	254.93	360.00								956 045.10
5 119.14	2 601.62	18 000.00	254.93	360.00								953 443.40
5 119.14	2 601.62	18 000.00	254.93	360.00	0.02	-	-	3.00	1.80	-	-	953 443.40
		18 000.00	254.93	360.00	0.04	-	-	7.01	4.20	-	-	956 045.10
												956 300.00
639.89	325.20											955 974.80
					0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	956 300.00
1 279.79	650.40				0.01	-	-	1.00	0.60	-	-	955 649.60
		18 000.00	254.93	360.00								956 045.10
5 119.14	2 601.62	18 000.00	254.93	360.00								953 443.40
5 119.14	2 601.62	18 000.00	254.93	360.00	0.02	-	-	3.00	1.80	-	-	953 443.40
		18 000.00	254.93	360.00	0.04	-	-	7.01	4.20	-	-	956 045.10

Anexo A5: Resultados de la optimización del Sistema Eólico solar, dimensionado por Homer. (2/2)

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C

PANEL FOTOGRÁFICO



Anexo C1: Vista panorámica de las viviendas de la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota.



Anexo C2: Inspeccionamiento de las viviendas ubicadas en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota.



Anexo C3: Inspeccionamiento de los servicios básicos como: Agua, SS.HH de las viviendas ubicadas en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota.

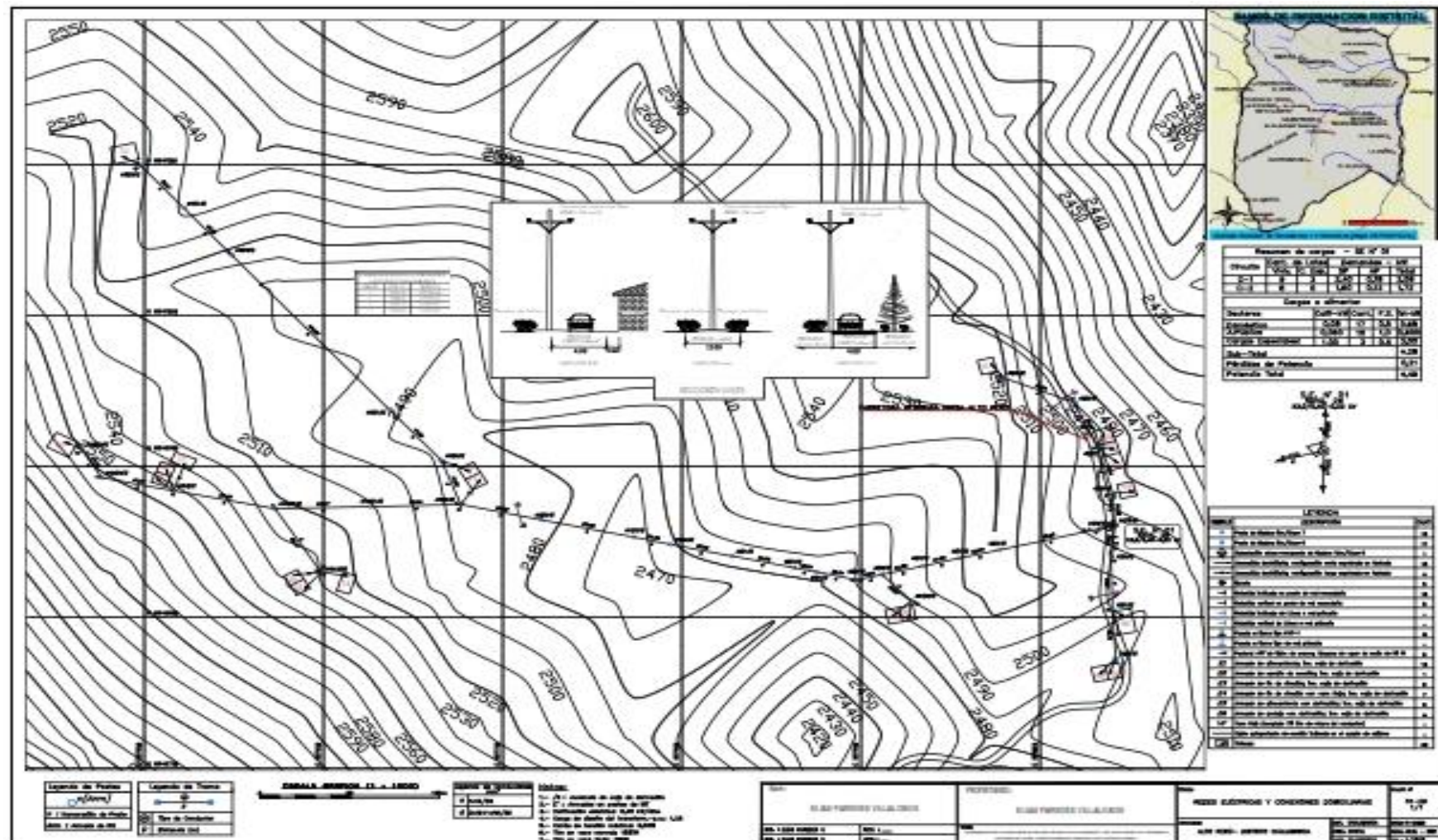


Anexo C4: Inspeccionamiento de las viviendas ubicadas en la localidad de Alto Perú, distrito de Chalamarca, provincia de Chota.

ANEXO D: RELACIÓN DE ABONADOS DE LA LOCALIDAD DE ALTO PERÚ				
N°	NOMBRES Y APELLIDOS	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
1.	AGUILAR CORONEL , LEYLA YULIZA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
2.	SÁNCHEZ DE DÍAZ , MARÍA EMELINA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
3.	SAYAVERDE DÍAZ , MARÍA ESPERANZA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
4.	VÁSQUEZ AGUILAR , UFELIA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
5.	VÁSQUEZ RUÍZ , ROSABEL	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
6.	ZORRILLA DÍAZ , MAVILA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
7.	IDROGO DE RAFAEL ,DONATILA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
8.	LUMBA ROJAS , IRMA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
9.	BUSTAMANTE CAMPOS , IDELITA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
10.	BUSTAMANTE CAMPOS , LUCILA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
11.	CAMPOS DÍAZ , LUZ AMERICA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
12.	CIEZA IDROGO , CELIA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
13.	DÍAZ BURGA , FILOMENA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
14.	DÍAZ RUBIO , MAVILA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
15.	ESTELA FUSTAMANTE , LUZ ARCELE	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
16.	FERNANDEZ TANTAJULCA , OLGA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
17.	GALVEZ LUMBA , DONATILA	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
18.	LOCAL RONDERIL	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
19.	IGLESIA CATÓLICA (EN PROYECCIÓN)	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA
20.	I.E PRIMARIA (EN PROYECCÓN)	CAJAMARCA	CHOTA	CHALAMARCA

Tabla A6: Relación de abonados de la localidad de Alto Perú
Fuente: Elaboración propia

ANEXO E: Plano de distribución de redes



Plano de distribución de redes
Fuente: Elaboración propia

ANEXO E

FICHA TÉCNICA DE TODOS COMPONENTES
UTILIZADOS EN LA INSTALACIÓN DE
SISTEMA EÓLCIO PARA GENERAR UNA
OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA.

PANELES POLICRISTALINOS



EFICIENCIA DE LA CÉDULA
16%

GARANTÍA DE PRODUCTO
5 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA
0 - 5W

Número de artículo	Descripción	Peso neto	Rendimiento eléctrico bajo STC (1)				
			Maxim. Potencia	Tensión Máxima	Corriente Máxima	Watts en V _{oc}	Corriente en cortocircuito
			Watt	Volt	Amp	Watt	Amp
TAI50Wp-156-36P	20W - Poly 540x570x25 / 30mm	4.3	50	17.6	2.84	21.8	3.10
TAI80Wp-156-36P	80W - Poly 1030x670x35mm	6.8	80	17.6	4.55	21.8	4.90
TAI100Wp-156-36P	100W - Poly 1030x670x35mm	8.9	100	17.6	5.68	21.8	6.12
TAI150Wp-156-36P	150W - Poly 1470x680x35mm	12	150	17.90	6.70	22.40	6.81
TAI200Wp-156-54P	200W - Poly 1470x680x35mm	15	200	26.60	7.52	32.00	8.33
TAI250Wp-156-60P	250W - Poly 1640x932x40mm	17	250	30.00	8.33	36.40	9.03
TAI300Wp-156-72P	300W - Poly 1966x932x50mm	24	300	35.60	7.72	43.20	8.48

Módulo	TAI 50WP	TAI 80WP	TAI 100WP	TAI 150WP	TAI 200WP	TAI 250WP	TAI 300WP
Potencia nominal (tolerancia ±3%)	50W	80W	100W	150W	200W	250W	300W
Tipo de célula	Policristalina						
Cantidad de células en serie	36				54	60	72
Tensión máxima del sistema (V)	1000V						
Coefficiente de temperatura de PMP	-0.47/°C			-0.47/°C			
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.38/°C			-0.38/°C			
Coefficiente de temperatura de Isc (%)	+0.1/°C			+0.1/°C			
Rango de temperatura	-40°C a +80°C						
Capacidad de carga máxima en su superficie	200kg/m²						
Resistencia máxima al impacto	23m/s, 7.53g						
Conector	MC4						
Longitud de los cables	900mm						
Tolerancia de salida	±0.3%						
Bastidor	Aluminio						
Garantía del producto	5 años						
Garantía sobre el rendimiento eléctrico	10 años 90% + 25 años 80% de la entrega de potencia						
Cantidad mínima de unidades por embalaje	1 panel						

1) STC (Condiciones de prueba estándar): 1000W/m², 25°C, AMBiente seco 1.5

(1) STC Condiciones de prueba estándar: 1000W/m², 25°C, AM (masa de aire) 1.5



PV3000 MPK Series

Inversor solar de Baja Frecuencia

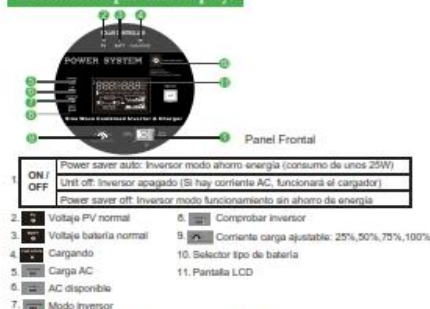
Características:

- Potencia de salida entre 1kW y 6kW
- Onda senoidal pura
- Cargador AC de alta potencia
- Regulador MPPT integrado de 80A según versiones
- Eficiencia máxima del MPPT de 98%
- Transformador interno de bobinado en cobre
- Pantalla de monitorización y configuración de ajustes
- Diseño de gran eficiencia con modo de ahorro de energía
- Comunicaciones mediante puerto RS232
- Compatibilidad con generador y arranque automático AGS
- Cargador integrado de entre 35 hasta 75A según versiones
- Aislamiento galvánico

Introducción:

Este es un inversor multifunción que combina las tareas de un inversor de baterías junto con un regulador de carga solar de tipo MPPT maximizador y un cargador de baterías integrado para ofrecer un producto todo en uno. Este modelo con bobinado de baja frecuencia crea una senoidal pura a partir de un transformador de cobre, que le da una gran fiabilidad y durabilidad. Podremos visualizar el funcionamiento del inversor a través de la pantalla LCD de su parte frontal.

Información pantalla display:



Conexión del sistema solar:



Especificaciones

MODELO	PV3000-1KW MPK	PV3000-1.5KW MPK	PV3000-2KW MPK	PV3000-3KW MPK	PV3000-5KW MPK	PV3000-6KW MPK
Voltaje nominal banco de baterías	12VDC	12VDC	12VDC	12VDC	24VDC	24VDC/48VDC
Potencia nominal	1KW	1.5KW	2KW	3KW	5KW	6KW
Potencia arranque (20ms)	3KW	4.5KW	6KW	9KW	15KW	18KW
Capacidad arranque motores	1HP	1HP	1HP	2HP	3HP	3HP
Onda eléctrica	Onda senoidal pura / igual a la entrada (modo bypass)			Onda senoidal pura / igual a la entrada (modo bypass)		
Salida eléctrica	220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)			220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)		
Frecuencia salida	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz			50Hz/60Hz +/-0.3 Hz		
Eficiencia Inversor (Pico)	>95%			>95%		
Eficiencia conectado AC	>95%			>95%		
Factor de potencia	0.8			1.0		
Tiempo transferencia spico	10ms(max)			10ms(max)		
AC ENTRADA	230VAC			230VAC		
Rango voltaje seleccionable	105-280VAC			105-280VAC		
Rango de frecuencia	50Hz/60Hz (Auto) 40-80Hz			50Hz/60Hz (Auto) 40-80Hz		
Voltaje mínimo arranque	10.0VDC /10.0VDC			20.0VDC-21.0VDC /40.0VDC-42.0VDC		
Alarma batería baja	10.5VDC +/-0.3V			21.0VDC +/-0.6V /42.0VDC +/-1.2V		
Corta bajo voltaje	10.0VDC +/-0.3V			20.0VDC +/-0.6V /40.0VDC +/-1.2V		
Alarma alto voltaje	16.0VDC +/-0.3V			32.0VDC +/-0.6V /64.0VDC +/-1.2V		
Recuperación alto voltaje	15.5VDC +/-0.3V			31.0VDC +/-0.6V /62.0VDC +/-1.2V		
Consumo en reposo	<25W con modo ahorro			<50W con modo ahorro		
AC CARGADOR	Depende tipo batería			Depende tipo batería		
Voltaje salida	10A			30A		
Fusible entrada AC	10A			30A		
Protección sobrecarga	15.7VDC			31.4VDC/62.8VDC		
Máxima corriente carga	35A			70A		
Onda de entrada	Onda pura (red o generador)			Onda pura (red o generador)		
Frecuencia nominal entrada	50Hz o 60Hz			50Hz o 60Hz		
Protección sobrecarga	Corta-circuitos			Corta-circuitos		
Protección cortocircuito salida	Corta-circuitos			Corta-circuitos		
Limite intensidad Bypass	10A			30A		
Corriente máxima Bypass	30Amp			40Amp		
REGULADOR CARGA	Potencia PV máxima			1200W		
Corriente PV máxima	80A			1600W		
Selección voltaje DC	12V			24V/48V auto		
Rango MPPT	16-100VDC			32-145VDC @ 24V / 64-145VDC @ 48V		
Voltaje máximo MPPT VDC	100VDC			145VDC		
Eficiencia máxima	>90%			>90%		
Consumo stand-by regulador	<2W			<2W		
CARACT. FISICAS	Instalación			En pared		
Dimensiones (W*H*D)	423*247*197mm			597*247*197mm		
Peso neto (Inversor) kg	15.5	19.5	23.5	25.7	50.4	51.8
Dimensiones embalaje (W*H*D)	570*300*300mm			743*372*312mm		
Peso bruto (Inversor) kg	21.0	22.4	25.8	31.2	54	55.7
OTROS	Rango operativo temperatura			0°C to 40°C		
	Temperatura almacenamiento			-15°C to 60°C		
	Nivel sonoro			80dB MAX		
	Pantalla			LED+LCD		
	Volumen(20GP/40GP/40HQ)			480uats / 920uats / 1060uats		
				320uats / 640uats / 750uats		

Paneles conexión





Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
2. Terminal negativo fotovoltaico
3. Terminal positivo batería
4. Terminal negativo batería
5. Terminal carga CC positivo
6. Terminal carga CC negativo
7. Pantalla LCD

Nº	Pulsación	Función
5.	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
6.	Larga (≥3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6.	Corta	Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes
7.	Larga (≥3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
7.	Corta	Interruptor consumos CC, Entrar configuración / guardar
7.	Larga (≥3 s)	Entrar/salir menú secundario

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración



Diseño de circuitería optimizado

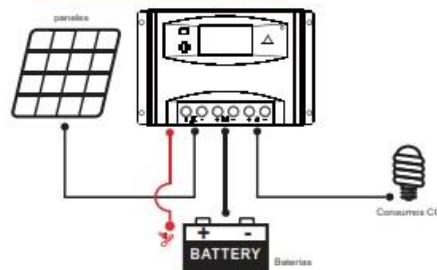


SCM Diseño robusto y fiable



Materiales de gran calidad

Conexión al sistema solar:



Funciones:



PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 10A y 20A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 5048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 50A
Tamaño LCD: 2.8"



Modelos: PC1500B-60D / 6048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.8"

Aplicación



Sistemas portátiles,
embarcaciones y recreo



Aislada
sistema solar casero



Granja solar de generación

	Modelo	PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-50-60	PC1500B-6048D
Entrada	Voltaje FV	≤30V			
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A
Salida	Voltaje sistema	12/24V Auto			
	Desconexión por alto voltaje	15.00V x 1' x 2' x 3' x 4' (0.5V)			
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A
	Autoconsumo	≤13mA			
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V			
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V			
	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización			
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V~15V) x 1' x 2' x 3' x 4'			
	Voltaje Carga Absorción	14.4V (13V~15V) x 1' x 2' x 3' x 4'			
	Voltaje Carga Equalización	14.6V (13V~15.0V) x 1' x 2' x 3' x 4'			
Características físicas	Protección Bajo Voltaje	10.7V (10V~14V) x 1' x 2' x 3' x 4'			
	Reconexión Bajo Voltaje	12.6V (10V~14V) x 1' x 2' x 3' x 4'			
	Salida USB	5V, 1A x2			
	Sección cableado	≤8mm²	≤16mm²	≤16mm²	≤16mm²
	Temperatura trabajo	-30°C~55°C			
	Tamaño (L x W x H)	105 x 95 x 40.5mm			
	Peso neto	355g			



VISION Rechargeable Products Sealed Lead Acid Battery

www.vision-batt.com

FM Series

General purpose application

VISION FM series are designed for general purpose applications, such as UPS, telecom, electrical utilities.

With 10 years design life, the batteries comply to the most popular international standards, such as IEC896-2, BS6290-4, Eurobat Guide.

The battery container and cover are available both in V0 class flame retardant ABS or HBO ABS plastics.

Shenzhen Center Power Tech Co., Ltd. has come to obtain wide recognition from customers all over the world. This is not only due to the fact that our products are featured by reliable stability in quality, but also because we attach great importance to our communication with customers and our perfect understanding of customers' requirements as well.

Shenzhen Center Power Tech. Co., Ltd

6FM230-X 12V 230Ah

(Edition Jan 2014)

General Features

- Positive and negative plates in lead-calcium-tin alloy
- Stable Quality & High Reliability
- Sealed Construction
- Long Service Life
- Maintenance-Free Operation
- Low Pressure Venting System
- Low Self Discharge
- U. L. Component Recognition
- Six months shelf life at 20°C
- Design life 10 years



Dimensions and Weight

	SI Units	English Units
Length	520mm	20.5Inch
Width	269mm	10.6Inch
Height	203mm	8.0Inch
Total Height	208mm	8.2Inch
Approx. Weight	72.6Kg	160.1lbs

Performance Characteristics

- Nominal Voltage 12V
- Number of cell 6
- Nominal Capacity 77°F(25°C)
 - 10 hour rate (23.0A, 10.8V) 230Ah
 - 5 hour rate (44.6A, 10.5V) 223Ah
 - 1 hour rate (153A, 9.60V) 153Ah
- Internal Resistance
 - Fully Charged battery 77°F(25°C) $\leq 2.8\text{m}\Omega$
- Self-Discharge
 - 3% of capacity declined per month at 20°C(average)
- Operating Temperature Range
 - Discharge -20~60°C
 - Charge -10~60°C
 - Storage -20~60°C
- Max. Discharge Current 77°F(25°C) 1100A(5s)
- Short Circuit Current 4300A
- Charge Methods: Constant Voltage Charge 77°F(25°C)
 - Cycle use 2.40-2.45VPC
 - Maximum charging current 69A
 - Temperature compensation -30mV/°C
- Standby use 2.20-2.30VPC
 - Temperature compensation -20mV/°C



Center Power Industrial Park, Tongfu Industrial District Dapeng Town, 518120 Shenzhen, China
Tel: 86 755 8431 8088 Fax: 86 755 8431 8038 E-mail: sales@vision-batt.com
Website: <http://www.vision-batt.com>

6FM230-X 12V 230Ah

Discharge Data

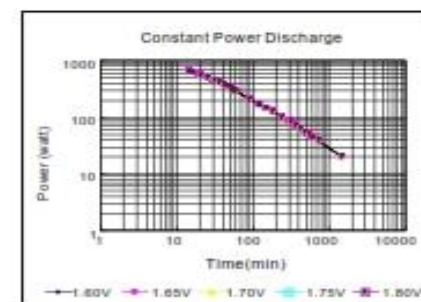
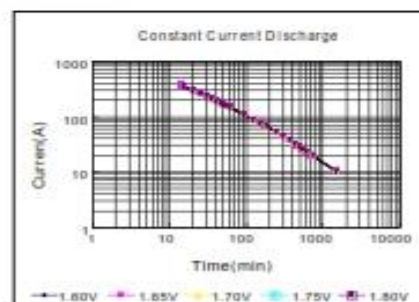
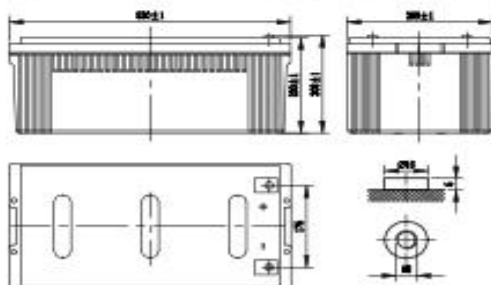
Constant Current Discharge Data (Amperes at 25°C)

End voltage volts/cell		15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min	55min	60min	1.5h	2h	2.5h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	12h	24h
1.60V		371	307	266	242	216	197	182	170	161	153	111	89.6	76.9	68.5	54.0	45.4	38.0	32.8	28.9	25.8	23.4	20.3	10.4
1.65V		367	304	266	241	215	195	180	168	159	151	110	88.8	76.4	68.2	53.8	45.1	37.9	32.7	28.8	25.7	23.3	20.2	10.4
1.70V		365	302	265	240	214	194	179	167	158	150	109	88.3	76.0	67.8	53.5	44.9	37.7	32.5	28.6	25.6	23.2	20.1	10.3
1.75V		359	298	261	236	211	191	176	165	156	149	108	87.3	75.0	66.8	53.0	44.6	37.5	32.3	28.5	25.5	23.1	20.0	10.3
1.80V		348	290	256	233	208	189	174	164	155	148	107	87.0	74.7	66.5	52.6	44.3	37.2	32.1	28.3	25.4	23.0	19.9	10.2

Constant Power Discharge Data (Watts per cell at 25°C)

End voltage volts/cell		15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min	55min	60min	1.5h	2h	2.5h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	12h	24h
1.60V		677	573	511	469	423	388	361	335	314	296	213	172	147	131	103	86.7	73.0	63.2	55.9	50.2	45.6	39.5	20.3
1.65V		673	570	507	466	420	386	359	333	312	294	212	171	146	130	103	86.4	72.8	63.0	55.7	50.0	45.4	39.4	20.3
1.70V		666	564	503	462	417	383	357	331	309	291	210	169	145	129	102	86.1	72.5	62.8	55.5	49.8	45.2	39.2	20.2
1.75V		656	556	499	459	415	381	355	328	306	288	208	168	144	128	101	85.8	72.2	62.5	55.2	49.6	45.0	39.0	20.1
1.80V		649	552	494	455	411	378	352	325	302	284	205	166	143	126	100	85.4	71.9	62.2	55.0	49.4	44.9	38.9	20.0

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycles not the minimum values.
All data shall be changed without notice. Vision reserves the right to explain and update the information contained herein.



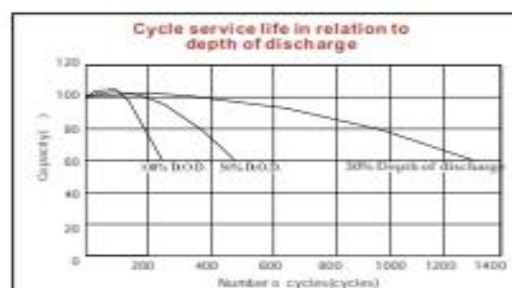
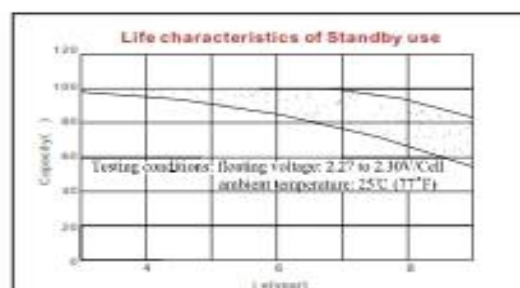
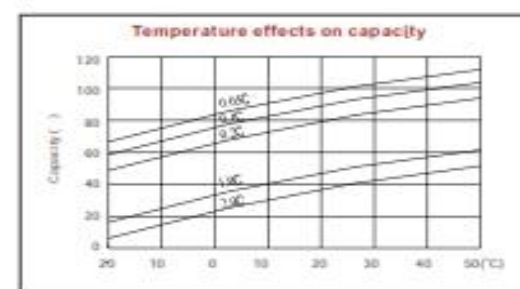
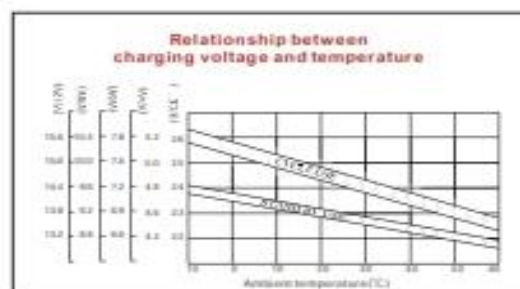
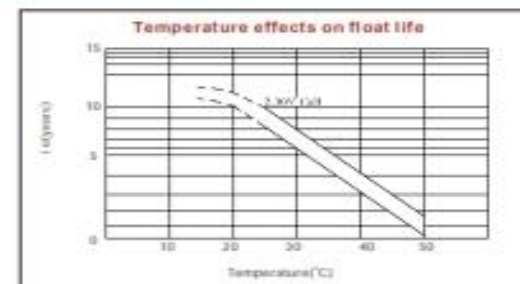
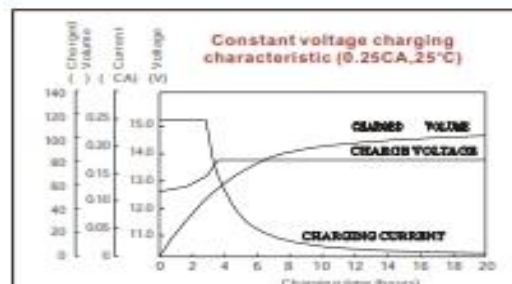
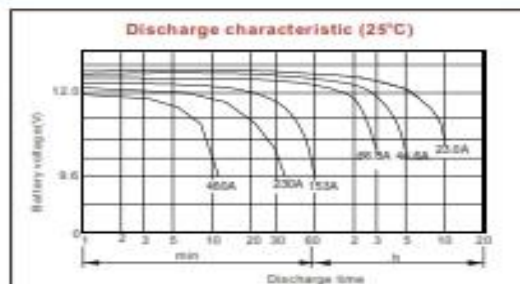
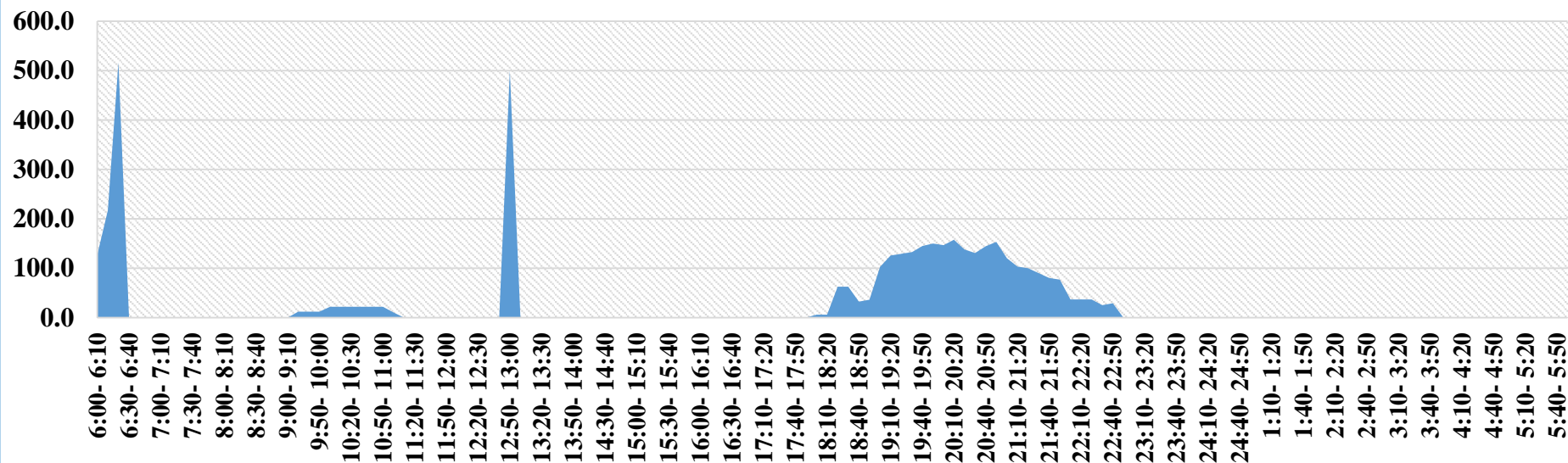


DIAGRAMA DE CARGA DE LA ZONA RURAL - ALTO PERÚ, CHALAMARCA.

■ Energía: $E = \text{Pot.}(5/60) - W/H$



ANEXO F

Diagrama de carga de la localidad de Alto Perú