

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
Y ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO AUTÓNOMO PARA  
LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA HACIENDA EL  
POTRERO, DISTRITO DE BELLAVISTA – JAÉN**

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

**Autores: Bach. Jhony Alexes Oblitas Tineo**

**Bach. James Vásquez Gómez**

**Asesor: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez**

**JAÉN – PERÚ, JUNIO, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**Informe final de tesis UNJ.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

**12860 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**65765 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**72 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 22, 2023 11:43 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 22, 2023 11:44 AM GMT-5****● 11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley De Creación N° 29304

Universidad Licenciada Con Resolución Del Consejo Directivo N° 002-2018-

SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 20 de diciembre del año 2023, siendo las 16:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del jurado:

Presidente: M. Sc. Ing. Walter Linder Cabrera Torres

Secretario: M. Sc. Ing. Lenin Franchescoletth Núñez Pintado

Vocal: M. Sc. Ing. Lenin Quiñones Huatangari, Para evaluar la sustentación del Informe final:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo por Suficiencia Profesional

Titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA EOLICO AUTONOMO PARA LA DEMANDA ELECTRICA DE LA HACIENDA EL POTRERO, DISTRITO DE BELLAVISTA - JAEN"

Presentado por los bachilleres: **Jhony Alexes Oblitas Tineo** y **James Vásquez Gómez** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el jurado acuerda:

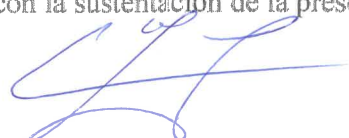
( X ) Aprobar      ( ) Desaprobar      ( X ) Unanimidad      ( ) Mayoría


Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18,19,20   | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16,17      | ( )    |
| c) Bueno       | 14,15      | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo 17:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la sustentación de la presente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
I. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Antecedentes .....	3
1.1.1. Internacionales .....	3
1.1.2. Nacionales .....	4
1.1.3. Regionales .....	5
1.1.4. Locales .....	5
1.2. Situación del problema .....	6
1.3. Planteamiento del problema .....	7
1.4. Justificación .....	7
1.4.1. Justificación social .....	7
1.4.2. Justificación técnica .....	8
1.4.3. Justificación ambiental .....	8
1.4.4. Justificación económica .....	9
II. OBJETIVOS .....	10
2.1. Objetivo general .....	10
2.2. Objetivos específicos .....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
3.1. Método .....	11
3.2. Metodología .....	12
3.2.1. Cálculo de la demanda eléctrica .....	12
3.2.2. Evaluación del recurso eólico .....	16
3.2.3. Dimensionamiento del sistema eólico .....	26

3.2.4. Evaluación económica.....	42
IV. RESULTADOS .....	47
4.1. Máxima demanda eléctrica .....	47
4.2. Velocidad del viento .....	47
4.3. Dimensionamiento del sistema eólico .....	48
4.4. Evaluación económica .....	49
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
6.1. Conclusiones.....	51
6.2. Recomendaciones .....	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencia unitaria y potencia instalada .....	13
Tabla 2: Factor de simultaneidad para cargas de equipos eléctricos específicos .....	14
Tabla 3: Máxima demanda eléctrica.....	15
Tabla 4: Clasificación y frecuencia de velocidades.....	21
Tabla 5: Factor de forma y factor de escala obtenidos con la ecuación de Weibull .....	23
Tabla 6: Probabilidad de velocidades superiores a las obtenidas.....	25
Tabla 7: Características técnicas de aerogeneradores preseleccionados .....	29
Tabla 8: Especificaciones técnicas del aerogenerador seleccionado.....	30
Tabla 9: Especificaciones de los controladores de voltaje .....	32
Tabla 10: Parámetros de diseño del banco de baterías .....	33
Tabla 11: Datos técnicos del banco de energía.....	35
Tabla 12: Corrección por temperatura en un inversor eléctrico .....	36
Tabla 13: Parámetros de diseño del inversor eléctrico.....	46
Tabla 14: Especificaciones técnicas del inversor eléctrico seleccionado.....	37
Tabla 15: Conductividad eléctrica del cobre y el aluminio $K$ . .....	38
Tabla 16: Caída de tensión en el circuito del sistema eólico autónomo.....	39
Tabla 17: Especificaciones técnicas del conductor. ....	39
Tabla 18: Inversión económica del proyecto.....	43
Tabla 19: Promedio mensual de facturación eléctrica.....	44
Tabla 20: Flujo de caja del proyecto .....	46
Tabla 21: Resultados de la máxima demanda .....	47
Tabla 22: Velocidad promedio del viento calculada con la ecuación de Weibull.....	47
Tabla 23: Especificaciones técnicas de los equipos del sistema eólico autónomo.....	48
Tabla 24: Resultados de la valuación económica del proyecto .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la investigación .....	11
Figura 2: Espacio geográfico donde se evaluó el recurso eólico.....	16
Figura 3: Velocidad del viento en resolución diaria, periodo 2015 - 2019 .....	17
Figura 4: Velocidad diaria del viento en resolución mensual, periodo 2015 – 2019 .....	18
Figura 5: Velocidad promedio del viento a escala de colores, periodo 2015 - 2019.....	19
Figura 6: Dirección predominante del viento en la zona del proyecto durante un año .....	20
Figura 7: Distribución de frecuencia en resolución diaria, agosto del 2018 y 2019 .....	22
Figura 8: Distribución de Weibull para los datos analizados .....	24
Figura 9: Comportamiento de la velocidad del viento en un aerogenerador.....	26
Figura 10: Distribución de los mini aerogeneradores.....	31
Figura 11: Caídas de tensión máximas permitidas en corriente continua .....	37

## RESUMEN

El trabajo de investigación propone el diseño de un sistema eólico autónomo para satisfacer la demanda eléctrica de la Hacienda El Potrero; para ello se determinó valores de consumo eléctrico lo cual se realizó mediante la identificación de equipos y su consumo eléctrico, obteniendo una potencia total instalada de 8 210  $W$ , aplicando la normativa del Código Nacional de Electricidad Utilización sección 050 referente al factor de demanda y factor simultaneo se obtuvo que la máxima demanda es 7 900  $W$ . Para la evaluación del recurso eólico se usaron datos del sitio web Heart Data de la NASA y SENAMHI, y mediante un análisis en hojas de cálculo se determinó que la velocidad promedio diaria del viento es de 2,21  $m/s$ ; con los valores de la máxima demanda y la velocidad del viento se dimensiono el sistema eólico conformado por 14 mini aerogeneradores de 600  $W$  cada uno, controladores de carga de 24  $V$ , un banco de baterías conformado por 8 baterías de 300  $Ah$  cada una y dos inversor eléctrico de 5  $KVA$ . Referente a la inversión del proyecto este tiene un total de  $S/61\,241,88$  y no es económicamente viable puesto que se obtiene un valor actual neto ( $VAN$ ) y una tasa interna de retorno ( $TIR$ ) negativos.

***Palaras clave:*** Autónomo, diseño, demanda, eólico, sistema.



## ABSTRACT

The research work proposes the design of an autonomous wind system to satisfy the electrical demand of Hacienda El Potrero; For this, electrical consumption values were determined, which was carried out by identifying equipment and its electrical consumption, obtaining a total installed power of 8,210  $W$ , applying the regulations of the National Electricity Code Use section 050 referring to the demand factor and factor. Simultaneously, it was obtained that the maximum demand is 7,900  $W$ . For the evaluation of the wind resource, data from the NASA and SENAMHI Heart Data website were used, and through a spreadsheet analysis it was determined that the average daily wind speed is 2.21  $m/s$ ; With the values of the maximum demand and the wind speed, the wind system was sized, consisting of 14 mini wind turbines of 600  $W$  each, 24  $V$  charge controllers, a battery bank consisting of 8 batteries of 300  $Ah$  each and two 5  $KVA$  electric inverter. Regarding the investment in the project, this has a total of  $S/ 61 241,88$  and is not economically viable since a negative net present value ( $NPV$ ) and internal rate of return ( $IRR$ ) are obtained.

**Keywords:** Autonomous, design, demand, wind, system.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

### 1.1.1. Internacionales

La Universidad Politécnica de Lappeenranta (LUT University, 2019), en un estudio realizado, muestra que se puede lograr un sistema de energía renovable al 100 % a nivel mundial con emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) nulas antes de 2050 por un coste menor que formas de energía convencionales. La energía eólica se impone en la batalla del futuro del sistema energético global. Se estima que la energía eólica aportará el 18 %, es decir aproximadamente 8 000 GW de energía eólica en todo el mundo en el año 2050.

Por otra parte, el Departamento de Energía de los Estados Unidos USDE (United States Department of Energy, 2018), sostiene que la capacidad de energía eólica en los Estados Unidos continuó creciendo con fuerza en el año 2018, con el apoyo de la industria. La energía eólica suministra más del 10 % de la generación total de electricidad en 14 estados y más del 30 % en tres de esos estados. Las mejoras en el costo y el rendimiento de las tecnologías de energía eólica también han impulsado la capacidad eólica adicional, produciendo energía eólica a bajo costo para empresas de servicios públicos, y otros compradores de energía.

En una investigación desarrollada en Alemania “Desarrollo Eólico en las Alturas” de (Hermann & Romero Castillo, 2012) afirman que el 10 % de la electricidad que circula por la red eléctrica germana proviene de la energía eólica, la energía producida por la fuerza del viento. Hasta el año 2020, esta cantidad deberá duplicarse. De hecho, a largo plazo, el estado alemán planea cubrir el 25 % del consumo de electricidad con energía eólica; lo cual constituye un serio desafío para quienes conciben las instalaciones que le sacan provecho al soplar de la brisa.

### 1.1.2. Nacionales

Como parte del impulso a las energías renovables no contaminantes por parte del grupo (Enel, 2018), se construyó una central eólica para aprovechar la calidad del viento de la región Ica. Esto contribuye a la descentralización de la generación de electricidad del país. Gracias a la central eólica se incrementará en un 60 % la generación de electricidad con centrales eólicas en el Perú.

En el artículo “Soluciones para un mercado eléctrico de alto crecimiento” de (Quintanilla, 2016), sostiene que el Perú en su plan energético nacional, considera para el año 2025 inversiones en el sector energía de cincuenta mil millones de dólares y para el subsector electricidad de nueve mil millones de dólares. Las metas serán duplicar los requerimientos de demanda eléctrica y alcanzar el 60 % de producción con fuentes renovables, así como el acceso del 100 % de las familias peruanas a la electricidad. Es previsible que el mayor aporte a estos requerimientos provendrá de la inversión privada como sucedió en las últimas dos décadas.

Con el propósito de contextualizar la investigación, se procedió a revisar el “Estudio para aprovechamiento eólico con fines energéticos y actualización del atlas eólico del Perú” del Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2016), en el cual sustenta que el Perú cuenta con un excelente recurso eólico para generación de energía a gran escala. Destacando principalmente las costas del departamento de Piura, Lambayeque y algunas zonas de La Libertad, también destacan los departamentos de Ancash, Lima y Arequipa, pero el departamento con más posibilidades para la producción es Ica.

Por otra parte, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERMIN, 2016), afirma que: En lo que respecta a producción de energía eólica, la capacidad de las centrales con energías renovables alcanzó el año 2018 una producción de 6 338 MW y un incremento de 125 % en la potencia de las centrales equivalentes al año 2008. Se trata del mayor crecimiento con energías renovables en la historia de la electricidad en el Perú, en tan solo una década. Parte de esta capacidad se ha puesto en operación en el período 2016 – 2018.

### **1.1.3. Regionales**

La región Cajamarca tiene un alto potencial para la generación de energía eólica es por lo que la empresa multinacional de energía (Greenergy, 2019) en convenio con el gobierno central del Perú llevaron a cabo en el 2016 los proyectos “Parques Eólicos Duna y Huambos”, el objetivo es generar energía eólica a través de una fuente de energía renovable para suministrar 36,75 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

Según el artículo “Proyecto eólico Duna y Huambos inaugurado en Cajamarca generará energía limpia” del (Diario Oficial El Peruano, 2019) describe que gracias a estos proyectos de energía eólica en Cajamarca y de acuerdo con estadísticas oficiales del Ministerio de Energía y Minas (MINEN), la energía eólica y solar tiene una participación conjunta de 5,1 % referente a la energía total generada. La principal fuente de producción es la hidráulica con 65 % de participación, seguida de la térmica con 31 % y compuesta por gas, diésel y carbón.

### **1.1.4. Locales**

Bernal & Porras (2022), en su trabajo de investigación “Diseño de un aerogenerador para suministro de energía eléctrica al sector el Pongo” para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista. Determinaron que la velocidad promedio del viento es de 3,69 m/s, y económicamente el proyecto no es viable para satisfacer la demanda 76,55 Kw.h/día, recomiendan implementar el proyecto desde el punto de vista ambiental.

Suárez Huamán (2021), en su trabajo de investigación “Diseño de un aerogenerador eólico para cubrir la demanda eléctrica del laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén”, para obtener el título de ingeniero mecánico electricista. Lograron evaluar la velocidad del viento en la zona del proyecto, utilizando el método Weibull resultando una velocidad promedio del viento de 1,03 m/s durante todo un año, el valor de la velocidad es muy bajo para diseñar e implementar un sistema eólico para cubrir demandas de energía medianas.

## 1.2. Situación del problema

La International Energy Agency (IEA) (2016), afirma que la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aumenta de manera constante. Pero se proyecta que las emisiones globales de material particulado disminuirán en un 7 %, el dióxido de azufre en un 20 % y los óxidos de nitrógeno en un 10 % durante el período hasta 2040. Paralelamente, la transformación más amplia del sector energético, impulsada por el acuerdo climático de París. Significa que más de un tercio del crecimiento proyectado en el uso de energía se cumple con fuentes que no emiten contaminantes del aire es decir del tipo eólico, solar, hidroeléctrico y nuclear.

Quintanilla (2016), destaca que durante 23 años el mercado peruano ha crecido a tasas anuales de 7 %, como producto del crecimiento de la actividad económica y la oferta energética no solo acompañó el crecimiento sino lo anticipó e hizo posible que la economía se consolide. Centrándose en el sector eléctrico, la producción mayoritaria de electricidad se obtiene a partir de fuentes convencionales como energías obtenidas a partir de recursos fósiles (carbón, petróleo y gas), y en un reducido porcentaje se encuentran las energías obtenidas a partir de recursos renovables (eólica, solar y biomasa).

Respecto a la Hacienda el Potrero S.A, representantes tienen mucho interés por el uso de fuentes de energía renovable, tales como la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, esto con el fin de tener un suministro autónomo y también apoyar con la disminución de las emisiones de agentes contaminantes al medio ambiente ya que ellos quieren compensar en parte la contaminación que ocasionan por su actividad económica (la ganadería).

Por otra parte, la Hacienda el Potrero, lugar donde se pretende instalar un sistema eólico autónomo, se encuentra abastecida por la empresa local de suministro de electricidad, la cual presenta cortes eléctricos inesperados y consecutivos, ante estos percances representantes de la Hacienda presentan interés por usar otras fuentes de energía con el fin de tener un sistema de suministro eléctrico estable y así disminuir posibles problemas en equipos eléctricos ocasionados por los cortes intempestivos de electricidad.

### **1.3.Planteamiento del problema**

¿Cómo se diseña un sistema eólico autónomo para la demanda eléctrica de la Hacienda El Potrero, distrito de Bellavista - Jaén?

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación social**

Global Wind Energy Council, (GWEC), refiere que hace una década atrás, la generación eólica se encontraba liderada por Estados Unidos, Alemania y España. Transcurridos estos diez años nuevos países fueron tomando protagonismo y para el año 2016, el país con mayor capacidad instalada fue China con 148,6 *GW* representando prácticamente el 32 % de la capacidad mundial, en segundo lugar, aparece Estados Unidos con 82,40 *GW* representando el 18 %, seguido por Alemania con 49,5 *GW* e India con 28,70 *GW*.

El Perú, incrementó el interés por la producción de energías renovables como la energía eólica, instalando plantas eólicas en varias regiones del país tales como la instalación de las centrales eólicas Duna y Huambos ubicadas en la región Cajamarca que provee una producción de energía de 18 *MW* cada una, teniendo así una producción total de energía eólica de 36 *MW* hasta el año 2022.

Jaén, una de las provincias de la región Cajamarca lugar *in situ* donde se realizó este estudio presenta poco interés por producir energías renovables, es por esto por lo que mediante este trabajo de investigación se incentiva a la producción de energías renovables las cuales son amigables con el medio ambiente.

### **1.4.2. Justificación técnica**

El viento es un fluido presente en el mundo, y su velocidad varía según la ubicación geográfica. Las zonas costeras son las más beneficiadas, ya que allí se concentran las velocidades más altas del viento. Para aprovechar la energía cinética del viento y generar electricidad, se utilizan aerogeneradores. Estos dispositivos convierten la energía cinética del viento en energía mecánica al hacer girar las aspas del aerogenerador, y luego la transforman en energía eléctrica mediante un generador.

Aprovechar la energía del viento para la generación de energía eléctrica es una de las formas más convenientes en el aspecto técnico, porque la instalación de equipos eólicos consisten básicamente en equipos modulares que se pueden instalar en la mayoría de zonas geográficas, los costos de producción de energía tiene una notable reducción en comparación a los costos de energía convencional, este tipo de energía presenta la más mínima emisión de agentes contaminantes así que es considerada un tipo de energía ecológica.

La investigación se centra en utilizar fuentes de energía renovable. De acuerdo con el Atlas Eólico del Perú, en la región Cajamarca se estima una capacidad de generación eólica aprovechable de 891 *MW* a una altura de 100 metros, con velocidades de viento cercanas a 5 *m/s*, sin embargo, en la provincia de Jaén el promedio de velocidad del viento está por debajo de los 3 *m/s*. Es fundamental evaluar la velocidad del viento para garantizar un funcionamiento estable del aerogenerador a lo largo del tiempo.

### **1.4.3. Justificación ambiental**

Energías renovables como la energía eólica es una muy buena alternativa a los combustibles fósiles y a otro tipo de energía no renovable. Las fuentes de energía renovable son ecológicas y tienen un menor impacto ambiental. Por ello la energía eólica es un tipo de generación de energía prometedor, reduce la emisión de contaminantes a la atmosfera ya que no produce emisiones en su producción. Además, alarga el tiempo de duración de las reservas de combustibles fósiles ya que su uso significa directamente el no uso de aquellos.

En Jaén, Cajamarca la energía eléctrica utilizada es netamente energía proveniente de fuentes convencionales tales como energía hidráulica y otras producida a partir de los hidrocarburos, las cuales generan un alto índice de contaminación, es por eso por lo que se incentiva a utilizar energías renovables tales como la energía eólica con el fin de disminuir la brecha ambiental.

Es por eso que se están realizando estudios para desarrollar la tecnología eólica con el fin de incrementar la evolución de esta. La energía eólica aprovecha la energía proveniente de los vientos para producir energía mecánica o eléctrica. Las investigaciones apuntan al diseño de diferentes turbinas utilizando la mecánica de fluidos para poder satisfacer la demanda eléctrica de manera eficiente.

#### **1.4.4. Justificación económica**

La energía eólica es de importancia social, ambiental y económica, este tipo de energía generalmente es fácil de instalar gracias a que son económicas, modulares y adaptable a cualquier zona geográfica donde se encuentre el recurso disponible, permite brindar energía a reducidos costos a zonas aisladas del sistema de interconexión eléctrica incentivando al uso de energía ecológica.

Con el avance de la tecnología es más común el uso de nuevos equipos eléctricos y/o electrónicos ya sea para el uso personal o el uso en la industria, esto demanda mayores costos de electricidad y por ende mayores costos económicos, los costos de energías convencionales cada vez se incrementará ya que estos en su gran mayoría provienen de recursos limitados. Como alternativa a esto el uso de energías renovables como la energía eólica será cada vez más común por ser más económica y menos contaminante.



## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema eólico autónomo para cubrir la demanda eléctrica de la Hacienda El Potrero, distrito de Bellavista - Jaén.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la máxima demanda eléctrica de la Hacienda El Potrero.
- Evaluar el recurso eólico en la zona del proyecto.
- Dimensionar el sistema eólico autónomo.
- Evaluar la viabilidad económica del proyecto.

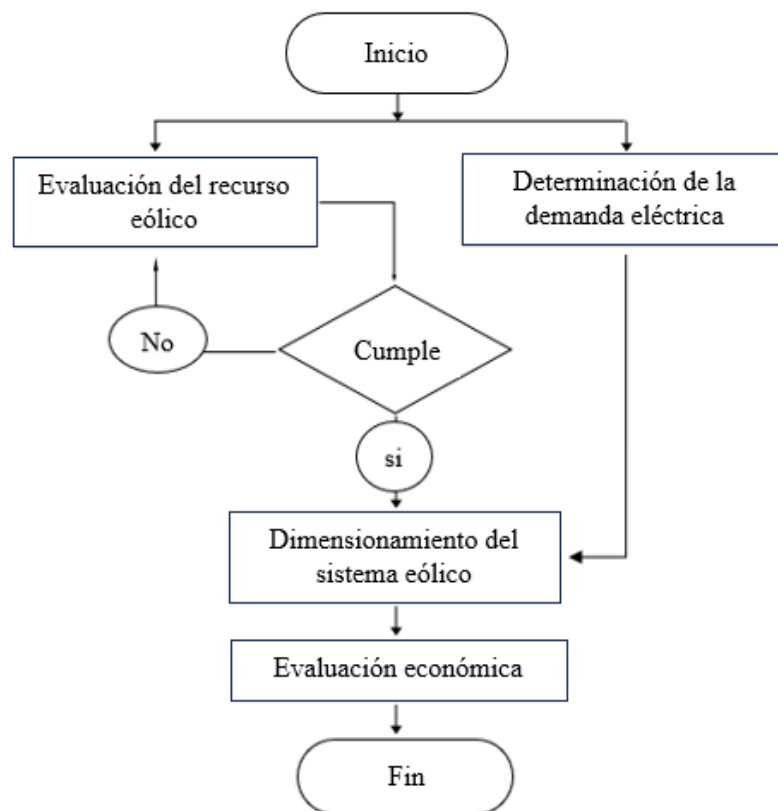
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Método

El trabajo de investigación se centra en un método experimental que se basa en la determinación de la demanda eléctrica, así como en la evaluación de la velocidad y dirección del viento en una zona específica, con el fin de diseñar un sistema eólico autónomo. El flujograma que describe la metodología empleada en el trabajo de investigación se muestra en la *figura 1*.

*Figura 1*

*Diagrama de flujo de la investigación.*



*Nota. Diagrama de flujo de cómo se realizará el proyecto autoría propia.*

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Cálculo de la demanda eléctrica

La demanda eléctrica se determina a partir de la potencia eléctrica de un equipo o máquina eléctrica y equivale al valor promedio de potencia eléctrica en un intervalo de tiempo.

Para el cálculo de la demanda y máxima demanda eléctrica se identificó todos los componentes consumidores de electricidad eléctricos y/o electrónicos y su factor de demanda correspondiente. Los equipos consumidores de electricidad se muestran en la tabla 1 y la determinación de la máxima demanda se realiza con la *ecuación (1)* según (OSINERMING, 2016).

$$MD = W \times fd \times fs \quad (1)$$

Donde  $MD$  representa la máxima demanda ( $W$ ),  $W$  representa la potencia instalada en ( $W$ ),  $fd$  representa al factor de demanda (adimensional) y  $fs$  representa al factor de simultaneidad (adimensional).

#### a) Energía consumida

La energía eléctrica está relacionada directamente con la producción y con las horas de operación de las máquinas o equipos eléctricos en una residencia o industria. La potencia depende únicamente del equipo, en el caso del consumo de energía, es proporcional al tiempo de uso de los equipos, la energía consumida se determina con la *ecuación (2)*.

$$E = W \times t \quad (2)$$

Donde,  $E$  es la energía consumida ( $Wh$ ),  $W$  es la potencia eléctrica ( $W$ ) y  $t$  es el tiempo ( $h$ ). Para determinar el tiempo en que el equipo está en operación se tiene en cuenta el promedio de las horas de uso al día y los resultados se muestra en la *tabla 1*.

La energía eléctrica consumida por un aparato eléctrico es el producto de la potencia eléctrica y la duración del tiempo utilizado. La unidad de energía es el Joule ( $J$ ). Otra unidad usada es la de Watt hora ( $1 Wh = 3600 J$ ).

La *tabla 1* muestra los equipos eléctricos y la cantidad de estos, es así como multiplicando el número de equipos por la potencia unitaria de cada uno podemos determinar la potencia instalada. En el caso de la energía consumida por cada equipo durante un intervalo de tiempo podemos determinarlo al multiplicar la potencia instalada por el tiempo que esta suministrado de electricidad y en funcionamiento.

En lo que respecta al tiempo para los cálculos respectivos se consideró el tiempo promedio de uso de cada equipo durante el día a plena carga por equipo.

*Tabla 1*

*Potencia unitaria, potencia instalada y energía consumida al día.*

Descripción	Cantidad	P. Unitaria [Watts]	P. Instalada [Watts]	Tiempo [horas]	Energía [Wh]
Smart TV	2	180	360	4	1 440
Licuadaora	2	200	400	0.5	200
Equipo de sonido	1	160	160	2	320
Refrigerador	1	700	700	6	2 100
Plancha eléctrica	1	1 100	1 100	0.5	550
Luminarias LED	2	120	240	1	240
LFC	25	40	1 000	4	1 200
Smartphones	20	7	140	2	140
Motor CA 5 HP	1	3 730	3 730	0.5	1 865
Notebook	2	65	130	2	260
Computadora	1	250	250	4	1 400
Total			8 210		14 355

*Nota. Determinación de la potencia instalada y de energía requerida.*

## b) Factor de simultaneidad

Según el MINEM (2006), cuando se instalen dos o más cargas de las cuales sólo una pueda ser utilizada a la vez, se debe considerar la carga mayor en el cálculo de la demanda. En el caso de cargas de calefacción ambiental y de aire acondicionado, que no se utilizan simultáneamente, la mayor debe ser considerada en el cálculo de la demanda.

Cuando un alimentador sirve cargas de naturaleza cíclica o similar, de modo que la carga total conectada no debe ser alimentada al mismo tiempo, la capacidad de conducción del alimentador se debe calcular para la máxima carga que pueda ser servida en un tiempo dado, (MINEM, 2006).

La *tabla 2* muestra el factor de simultaneidad para equipos eléctricos específicos, estos datos se pueden constatar en el Código Nacional de Electricidad Utilización sección 050 “cargas de circuitos y factores de demanda”.

*Tabla 2*

*Factor de simultaneidad para cargas de equipos eléctricos específicos.*

Tipo de carga	Factor de simultaneidad
Iluminación	0.75
Calefacción	0.75
Toma corrientes	-
Aire acondicionado	1
Lavavajilla, lavadora y terma	-
Motor 1	1
Motor 2	0.75
Resto de motores	0.6

*Nota. Factor de forma y factor de escala según CNE utilización (2006).*

Para determinar la máxima demanda eléctrica, se tomaron en cuenta el factor de demanda y el factor de simultaneidad. En la *tabla 3* se muestra la máxima demanda que tiene un valor de 7 900 *Wh*, valor que servirá de referencia para el dimensionamiento de del sistema eólico autónomo.

Tabla 3

Máxima demanda eléctrica.

Descripción	Potencia Unitaria [W]	Potencia Instalada [W]	Factor de demanda	Factor Simultaneo	Máxima demanda [W]
Smart TV	180	360	1	1	360
Licuadaora	200	400	1	1	400
Equipo de sonido	160	160	1	1	160
Refrigerador	700	700	1	1	700
Plancha eléctrica	1 100	1 100	1	1	1 100
Luminarias LED	120	240	1	0.75	180
LFC	40	1 000	1	0.75	750
Celulares	7	140	1	1	140
Motor CA 5 HP	3 730	3 730	1	1	3 730
Notebook	65	130	1	1	130
Computadora	250	250	1	1	220
Total		8 210			7 900

Nota. Máxima demanda elaborado con el CNE utilización (2006).

### 3.2.2. Evaluación del recurso eólico

#### a) Espacio geográfico

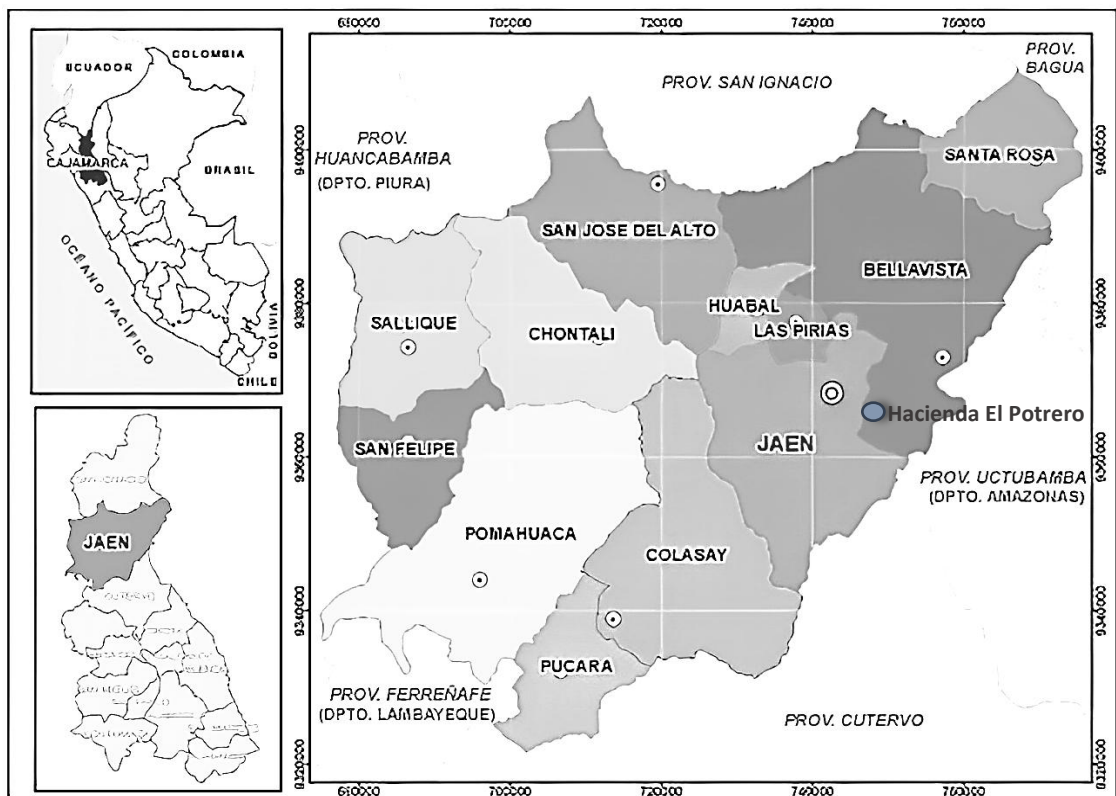
La obtención de datos del viento para el proyecto de investigación se realizó en la Hacienda El Potrero, Distrito de Bellavista, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca - Perú. Específicamente en las coordenadas geográficas latitud  $-5,650525$  y longitud  $-78,695473$  según (Google Maps).

#### b) Hacienda el Potrero S.A.C

La Hacienda el Potrero S.A.C. es una empresa especializada en la cría de ganado de la raza Brahman. Opera en la región de Cajamarca desde 1998, específicamente en Santa Cruz, distrito de Bellavista, provincia de Jaén. La hacienda se ha centrado en el mantenimiento de pasturas mejoradas y en la modernización genética del ganado a través de la utilización de inseminación artificial.

Figura 2

Espacio geográfico donde se evaluó el recurso eólico.



Nota. Ubicación geográfica del proyecto, fuente gobierno regional de Cajamarca.

### c) Velocidad del viento

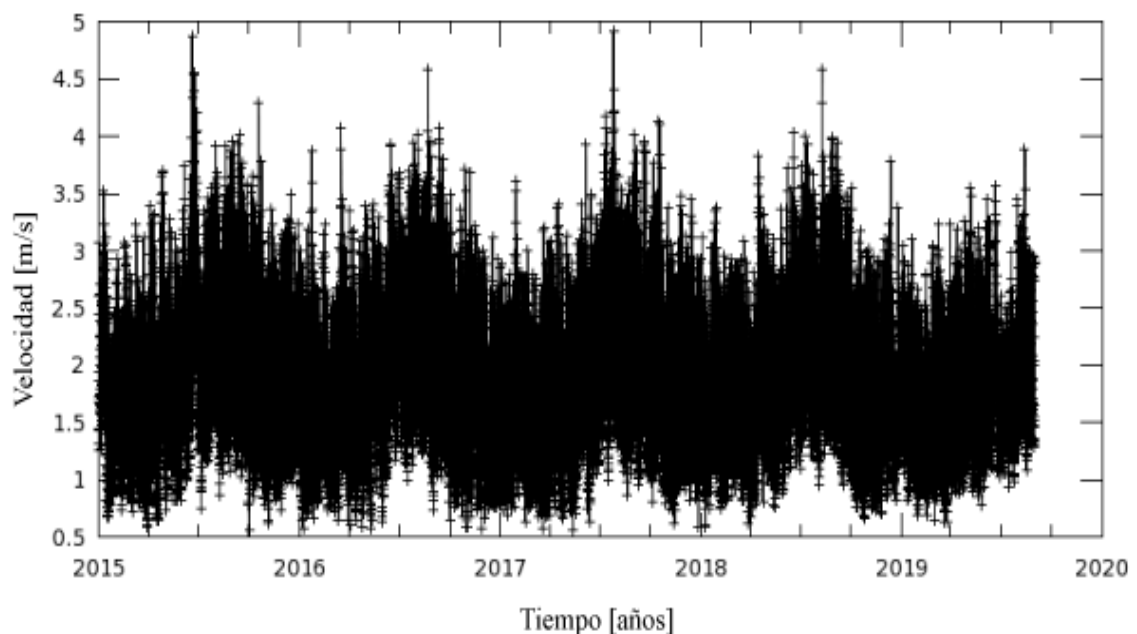
Para la obtención de datos de la velocidad del viento se utilizó el sitio web Earthdata, una interfaz web de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (en adelante NASA) que provee información de meteorología de varios satélites para todas las zonas del mundo. Y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (en adelante SENAMHI), una institución encargada de monitorear y proporcionar información meteorológica e hidrológica en el territorio peruano.

#### Velocidad del viento en la zona del proyecto

Se obtuvieron datos para las coordenadas geográficas latitud  $-5,650525$  y longitud  $-78,695473$  que corresponden a la zona del proyecto según Google Maps. La *figura 3* muestra los datos de velocidad del viento obtenidos del sitio web de la NASA durante el periodo 2015 - 2019. Los datos obtenidos comprenden a ocho tomas diarias en un intervalo de tiempo de tres horas. Se determinó la velocidad máxima del viento con un valor de  $4,80 \text{ m/s}$  y la velocidad mínima del viento con un valor de  $0,50 \text{ m/s}$ , obteniendo una velocidad promedio de  $2,21 \text{ m/s}$ .

*Figura 3*

*Velocidad del viento en resolución diaria, periodo 2015 - 2019.*



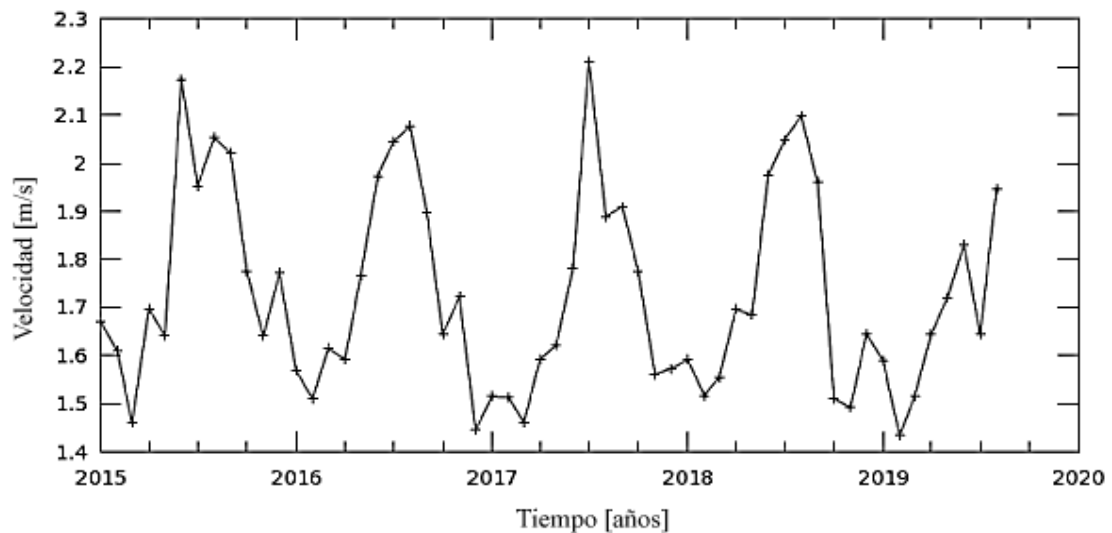
*Nota. Datos extraídos del sitio web Earthdata NASA.*



La figura 4 muestra los datos de la velocidad promedio del viento en resolución mensual durante el periodo 2015 - 2019 para la zona del proyecto.

Figura 4

Velocidad diaria del viento en resolución mensual, periodo 2015 – 2019.



Nota. Datos extraídos del sitio web Earthdata NASA.

La figura 5 muestra el promedio diario de la velocidad del viento a escala de colores para un espacio geográfico determinado, la zona de estudio se encuentra dentro de la ubicación geográfica a la cual le corresponde un valor máximo de 4,8  $m/s$ , cada densidad de color representa una zona geográfica determinada y la zona donde se evaluaron los datos corresponde al distrito de Bellavista - Centro Poblado Santa Cruz, Hacienda el Potrero.

En un mapa de escala de densidad de color, la velocidad del viento suele representarse mediante diferentes tonalidades o intensidad. Por lo general, se utilizan densidad de color más bajos para indicar velocidades de viento más bajas y densidad de color más altos para representar velocidades de viento más altas. La escala de densidad de color puede variar dependiendo del mapa y la fuente de información.

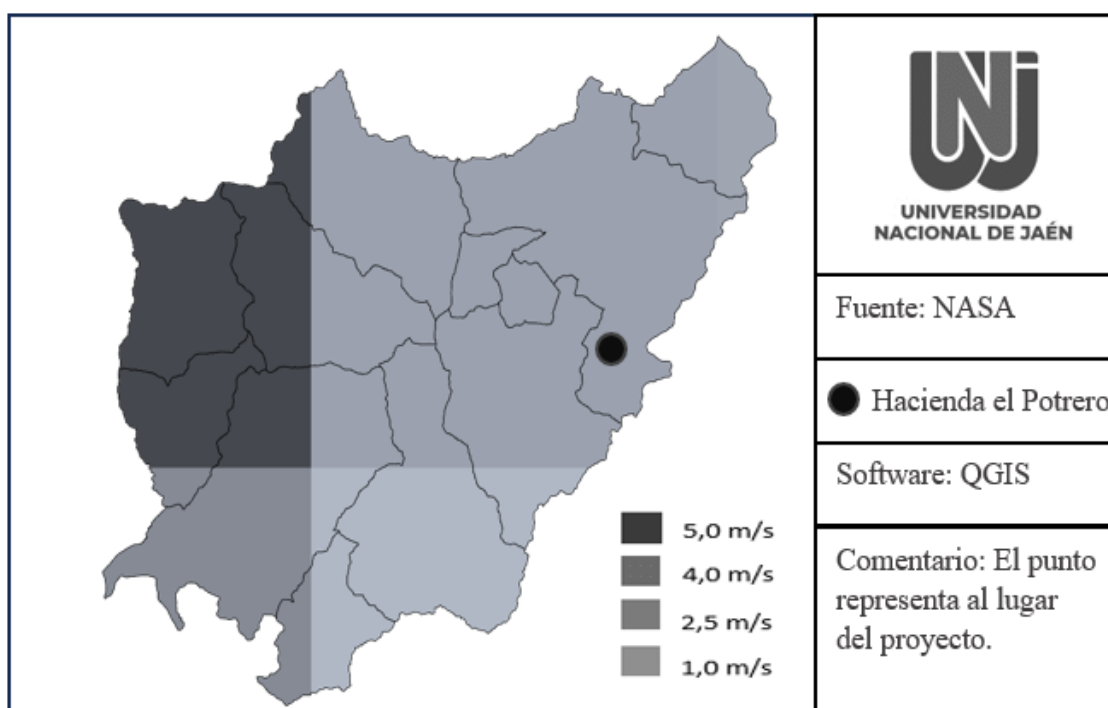
Es importante tener en cuenta que la correspondencia entre escala de densidad de color y las velocidades del viento puede variar según la escala de densidad de color utilizada en el mapa en particular. Por lo tanto, es recomendable consultar la leyenda o

la información proporcionada en el mapa para comprender adecuadamente la relación entre la densidad de color y las velocidades del viento representadas.

La velocidad promedio determinada en la zona del proyecto que tiene un valor de 2,21 m/s corresponde a un punto geográfico específico el cual ha sido promediado con otras velocidades de distintos puntos geográficos y representado mediante densidad de color como se observa en la *figura 5*.

*Figura 5*

*Velocidad promedio del viento a escala de colores, periodo 2015 - 2019.*



*Nota. Velocidad del viento a escala de colores, datos de la NASA.*

### **Dirección de la velocidad del viento**

La dirección de la velocidad del viento se representa comúnmente en un mapa mediante flechas o líneas que indican la dirección hacia la cual el viento se está moviendo. Estas flechas o líneas pueden variar en longitud y espesor dependiendo de la intensidad del viento. En la mayoría de los casos, las flechas o líneas se dibujan en la dirección hacia la cual el viento está soplando. Por ejemplo, si el viento está soplando hacia el norte, la flecha apuntará hacia el norte.

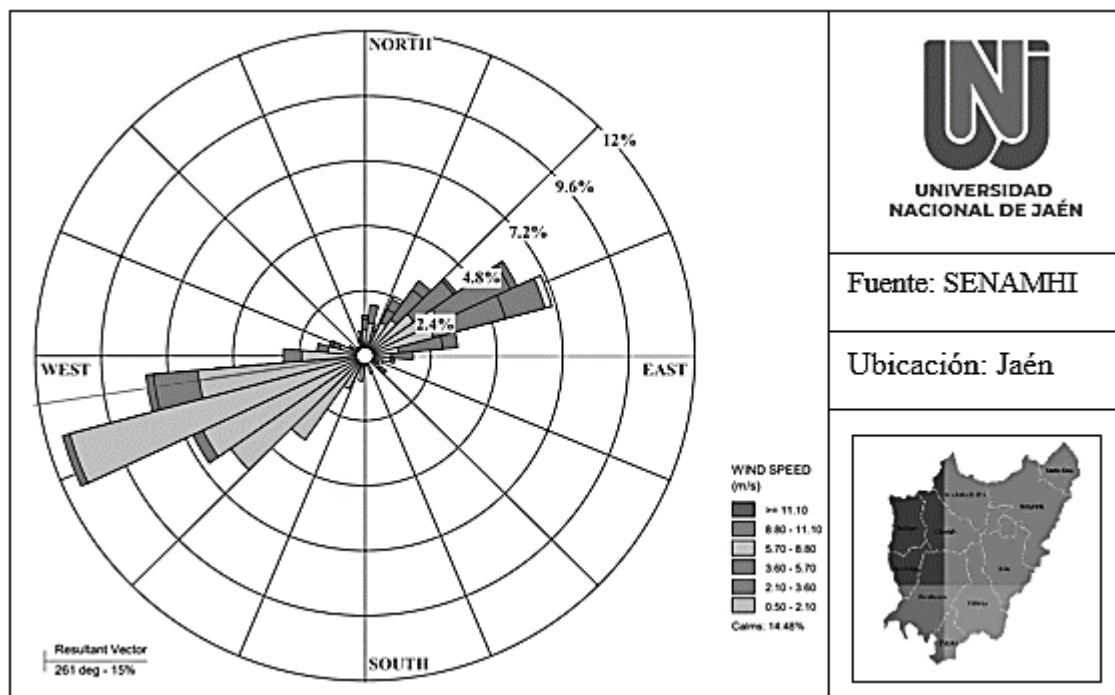
En algunos mapas, también se utilizan códigos de densidad de color o símbolos adicionales para indicar la dirección del viento. Estos códigos o símbolos suelen ser parte de una leyenda que proporciona información detallada sobre la velocidad y dirección del viento en cada punto del mapa.

La *figura 6*, muestra la rosa de los vientos, la cual es un diagrama circular con rayos que representan las direcciones del viento, desde el centro hacia el perímetro. Cada rayo está etiquetado con una dirección cardinal y puntos intermedios. Se utilizan abreviaturas como "N" para norte, "S" para sur, "E" para este y "O" para oeste. Este diagrama permite visualizar fácilmente la dirección predominante del viento en una ubicación y se puede complementar con información adicional sobre la intensidad y el porcentaje de tiempo que el viento sopla en cada dirección.

Se evaluó el vector de viento promedio por hora (velocidad y dirección) a 50 metros sobre el suelo. La dirección promedio del viento en Bellavista - Jaén en el año 2018 y es predominantemente en el oeste según (SENAMHI, 2018).

*Figura 6*

*Dirección predominante del viento en la zona del proyecto durante un año.*



*Nota. Dirección del viento, datos del SENAMHI.*

## Clasificación de velocidades

Para determinar el potencial eólico existente en una determinada zona, se deben clasificar las velocidades registradas según la frecuencia con la que ocurrieron cada una de ellas, para esta categorización es importante no considerar los registros de vientos de calma que no poseen energía cinética para la generación de energía, (Martínez Tejada y Álvarez Castañeda, 2013).

Los datos se clasificaron mediante intervalos de velocidad de manera que, el intervalo menor contenga al valor mínimo de velocidad y el intervalo mayor contenga al valor máximo de velocidad, los intervalos inician en 1,20 *m/s* y su amplitud tiene un valor de 0,30 *m/s* hasta llegar a un valor de 3,90 *m/s* el cual contiene la velocidad máxima. Los datos clasificados corresponden al mes de agosto de los años 2018 y 2019, fueron seleccionados por ser los meses en donde se presenta menor estabilidad de la velocidad del viento.

Tabla 4

*Clasificación y frecuencia de velocidades.*

Intervalos de velocidad del viento [ <i>m/s</i> ]	Frecuencia	
	2018	2019
1,2 – 1,5	62	61
1,5 – 1,8	69	89
1,8 – 2,1	23	23
2,1 – 2,4	18	11
2,4 – 2,7	12	13
2,7 – 3,0	19	34
3,0 – 3,3	16	13
3,3 - 3,6	19	03
3,6 – 3,9	06	01
Total, de datos	248	248

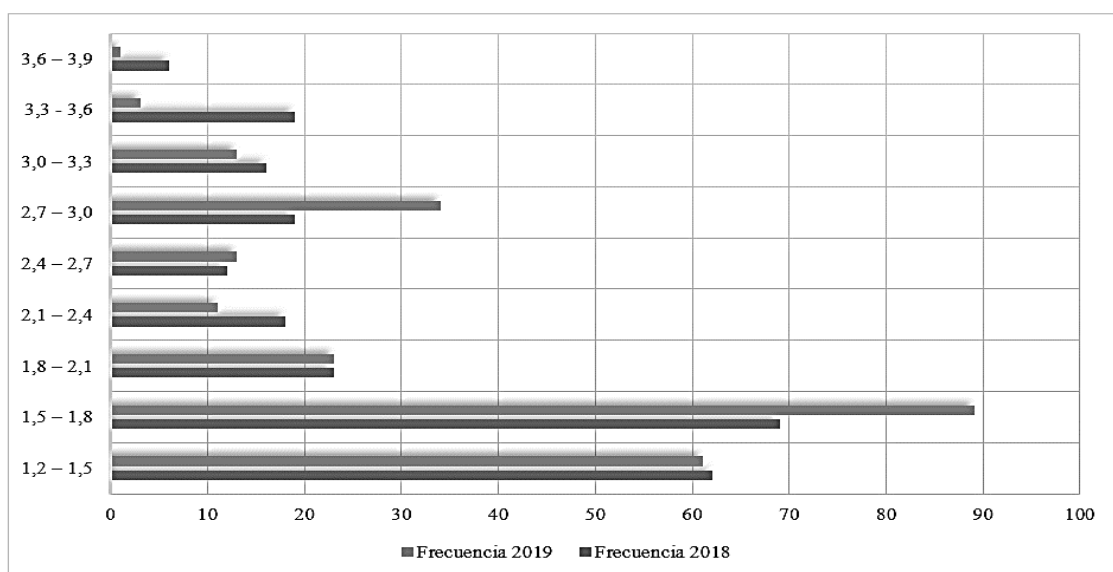
*Nota. Que tan frecuente son las velocidades, elaborado con datos de la NASA.*

En la *tabla 4* se presenta los intervalos de velocidades, el número de datos clasificados en cada mes y año y la frecuencia de velocidades registradas.

En la *figura 7* se muestra la distribución de frecuencia de la clasificación de velocidades, se determinó que en el intervalo  $1,50 \text{ m/s} - 1,80 \text{ m/s}$  se encuentra la mayor frecuencia de velocidades en el mes de agosto de los años 2018 y 2019.

*Figura 7*

*Distribución de frecuencia en resolución diaria, agosto del 2018 y 2019.*



*Nota. Frecuencia de velocidades en la zona del proyecto, datos de la NASA.*

#### **d) Distribución de Weibull**

Según MINEM (2016), el conocimiento de la distribución de probabilidades de velocidades de viento es importante para determinar el potencial eólico disponible, además de obtener otros parámetros energéticos de interés. La expresión analítica más usada en estudios de energía eólica para representar la probabilidad de velocidades de viento es la función de Weibull.

La función de Weibull es una función caracterizada por dos parámetros; uno de escala y otro de forma, el parámetro de escala define cuan dispersa se encuentra la distribución mientras que el parámetro de forma define la forma de la distribución (Rico, 2013). La distribución de Weibull está dada por la *ecuación (3)*.

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp \left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

Donde  $f(v)$  representa la probabilidad estadística de que ocurra una determinada velocidad ( $m/s$ ),  $c$  es el denominado factor de escala ( $m/s$ ) y  $k$  es el factor de forma (*adimensional*).

Para determinar el parámetro de forma y el parámetro de escala  $k$  y  $c$  se utilizaron las *ecuaciones* (4) y (5) respectivamente.

$$k = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \left[ \frac{N(N-1)}{N(\sum_{i=1}^N \ln^2 v_i) - (\sum_{i=1}^N \ln v_i)^2} \right]^{0.5} \quad (4)$$

$$c = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^k \right)^{\frac{1}{k}} \quad (5)$$

Donde  $N$  corresponde al número de datos.

Evaluando datos y reemplazando en las *ecuaciones* (4) y (5) se determinó el factor de forma  $k$  y el parámetro de escala  $c$ . El factor de escala  $c$  ( $m/s$ ) indica la velocidad promedio del viento, y el factor de forma  $k$  es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta la velocidad promedio. Se determinó la velocidad promedio del viento en la zona del proyecto con un valor de 2,21  $m/s$ .

*Tabla 5*

*Factor de forma y factor de escala obtenidos.*

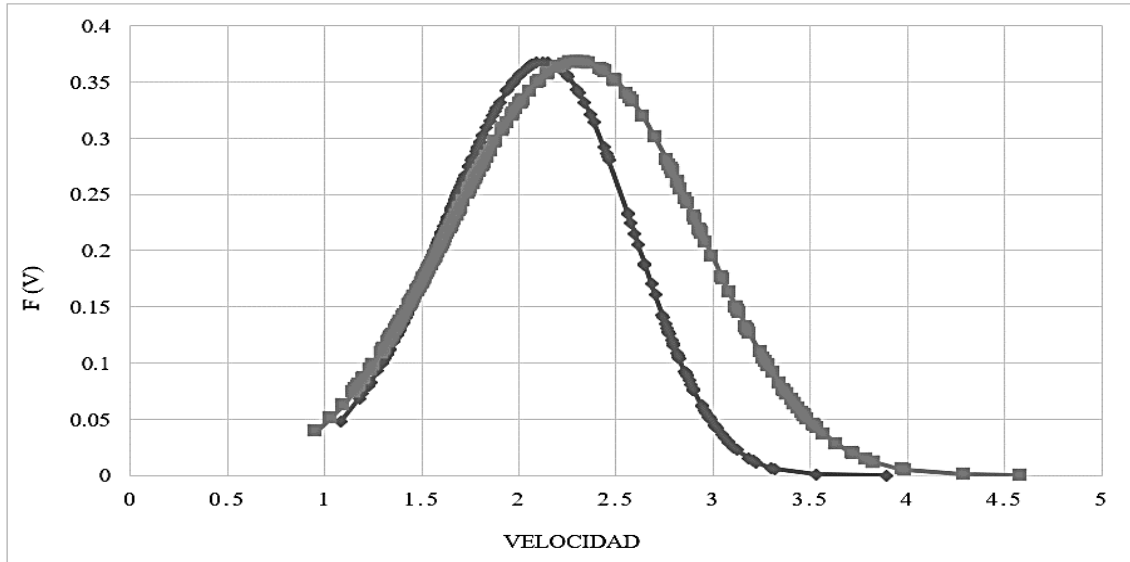
Datos evaluados	Factor de forma	Factor de escala [ $m/s$ ]
Hacienda El Potrero	4,02	2,21

*Nota. Factor de forma y factor de escala elaborados con datos de la NASA.*

La *figura 8*, muestra la distribución de Weibull para los datos evaluados, se pudo determinar los datos del mes de agosto del año 2018 en comparación con los datos del año 2019 tiene una variación mínima, también se determinó que los datos de la variación de velocidad presentaron mayor estabilidad en el año 2018 en comparación a los datos del año 2019.

Figura 8

Distribución de Weibull para los datos analizados.



Nota. Distribución de Weibull elaborado con datos de la NASA.

### Probabilidad de Weibull

La distribución de Weibull es una función de probabilidad que se utiliza para modelar eventos que varían en el tiempo, como la duración de vida de un producto o la velocidad del viento. La probabilidad de Weibull describe la posibilidad de que un evento ocurra dentro de un cierto intervalo de tiempo o en un rango específico de valores.

Con los parámetros de Weibull previamente calculados  $c$  y  $k$  es posible realizar la distribución de Weibull, la cual permite calcular la probabilidad que existan velocidades de viento superiores o inferiores a una velocidad determinada, para eso se utilizó la ecuación (6).

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (6)$$

Tomando valores de las velocidades del viento máximas y mínimas, se pudo determinar el porcentaje de probabilidad de que exista una velocidad más próxima a las velocidades adquiridas de los sitios web de la NASA y SENAMHI, los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

*Probabilidad de velocidades superiores a las obtenidas de la NASA y SENAMHI.*

Velocidad de referencia [m/s]	Probabilidad [%]
1,2	9 %
1,5	19 %
1,8	33 %
2,1	35 %
2,4	36 %
2,7	30 %
3,0	19 %
3,3	9 %
3,6	3 %
3,9	1 %

*Nota. Probabilidad de velocidades evaluado con datos de la NASA.*

La *tabla 6* muestra que la mayor probabilidad de tener velocidades más próximas a la velocidad promedio es de 2,10 m/s hasta 2,40 m/s, las cuales representan (35 y 36) % de probabilidad respectivamente.



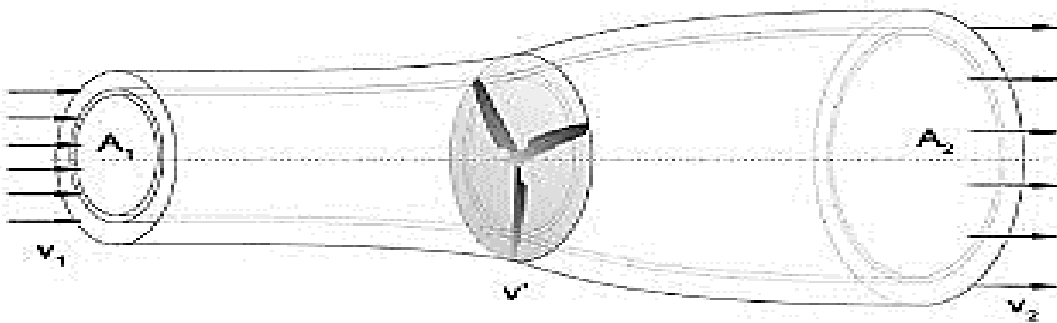
### 3.2.3. Dimensionamiento del sistema eólico

#### a) Límite Betz

Los aerogeneradores aprovechan la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica y mediante un generador producir energía eléctrica, (Atlas Eólico del Perú, 2016).

Figura 9

Comportamiento de la velocidad del viento en un aerogenerador.



Nota. Representación gráfica de la energía cinética del viento, University of Minho.

Analizando la figura 9 se puede determinar la energía cinética del viento con la ecuación (7).

$$E_{ct} = \frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2) \quad (7)$$

Donde,  $E_{ct}$  es la energía cinética total (Joule),  $m$  es la masa del viento (Kg),  $v_1$  es la velocidad de incidencia en el aerogenerador (m/s) y  $v_2$  es la velocidad aprovechada (m/s).

El flujo de masa del aerogenerador está dado por las ecuaciones (8) y la potencia generada viene dada por la ecuación (9).

$$\rho Q = vA\rho = \dot{m} \quad (8)$$

$$P = \frac{1}{2}\dot{m}(v_1^2 - v_2^2) \quad (9)$$

Donde,  $P$  es la potencia generada ( $W$ ),  $Q$  es el flujo del viento ( $m^3/s$ ),  $v$  es la velocidad del viento ( $m/s$ ),  $\rho$  es la densidad del viento ( $Kg/m^3$ ),  $A$  es el área donde incide la velocidad del viento ( $m^2$ ) y  $\dot{m}$  es la masa del viento que incide en las palas del aerogenerador por unidad de tiempo ( $Kg/s$ ).

Considerando a  $v$  como la velocidad media de la velocidad de entrada y de salida, *ecuación (10)*, se obtiene el flujo de masa en relación con la velocidad media con la *ecuación (11)*.

$$v = \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} \quad (10)$$

$$\dot{m} = \rho \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} A \quad (11)$$

Entonces la potencia generada y la potencia de incidencia se determinan con las *ecuaciones (12) y (13)* respectivamente.

$$P = \frac{1}{4} \rho (v_1^2 - v_2^2) (v_1 - v_2) A \quad (12)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (13)$$

La relación entre la potencia generada y la potencia incidida determinan el límite de Betz mediante la *ecuación (14)*.

$$\frac{P}{P_e} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right] \left[ 1 + \left( \frac{v_2}{v_1} \right) \right] = C_p \quad (14)$$

Albert Betz, físico alemán que participó en la elaboración de las bases teóricas de los modernos aerogeneradores, publicó el año 1919 una teoría, conocida como ley de Betz ( $C_p$ ). Según esta ley no puede convertirse más del 16/27 (el 59,30 %) de la energía cinética del viento en energía mecánica. La demostración de dicha ley puede encontrarse en varias referencias, (González, Pérez, Santos, y Gil, 2009).

## b) Potencia eólica

Con el valor de la máxima demanda y con el valor del factor de escala (que representa la velocidad promedio) se determinara el potencial eólico y las características métricas del aerogenerador. Para determinar la potencia eólica se utilizó la *ecuación (15)*.

$$P_e = \frac{1}{2} \rho v^3 r^2 \pi \quad (15)$$

Donde  $P_e$  es la potencia eólica ( $W/m^2$ ),  $\rho$  es la densidad del viento ( $Kg/m^3$ ),  $v$  es la velocidad del viento ( $m/s$ ) y  $r$  es el radio de la turbina eólica ( $m$ ).

La densidad del viento varia con relación a la altura geográfica y a la temperatura promedio y se determina con la *ecuación (16)*.

$$\rho = 1,225 e^{\left[ \left( \frac{-h}{8435} \right) - \left( \frac{T-15}{288} \right) \right]} \quad (16)$$

Donde,  $h$  es la altitud geográfica ( $msnm$ ) y  $T$  es la temperatura promedio ( $^{\circ}C$ ).

La altitud para la zona del proyecto es de  $725 msnm$  según Google Earth pro y la temperatura promedio es de  $31 ^{\circ}C$  según Wheter Spark. Remplazando los valores en la *ecuación (16)* se determinó que la densidad para la zona del proyecto es de  $1,086 Kg/m^3$ .

Remplazando los datos de la densidad y velocidad del viento se obtiene la *ecuación (17)*.

$$P_e = \frac{1}{2} (1,086) (2,21)^3 r^2 \pi \quad (17)$$

Como se observa en la *ecuación (17)* la potencia del generador eólico está en función del radio de sus hélices, con esto se puede determinar la dimensión de radio de hélices que debe tener el generador eólico para que cumpla con la potencia requerida en la zona del proyecto.

Según el Atlas Eólico Mundial, determinan que la máxima potencia eólica para la zona del proyecto es de  $75 W/m^2$ , realizando los cálculos se determinó que para que el

aerogenerador cubra la demanda eléctrica con la velocidad promedio determinada en la zona del proyecto se requiere aerogeneradores eólicos que tengan como mínimo un radio en sus hélices de 2,01 m.

### c) Generación eólica

La *tabla 7* muestra características técnicas de generadores eólicos preseleccionados los cuales se encuentran dentro de las dimensiones de demanda, velocidad y radio de hélices que se calculó previamente.

*Tabla 7*

*Características de aerogeneradores preseleccionados.*

Fabricante	Nombre comercial	Velocidad de arranque [m/s]	Potencia nominal [W]	Radio de hélice [m]
Enair	E30PRO	2,0	300	1,90
Vergnet	GEV 5/5	2,5	800	1,50
IstaBreeze	Heli 2.0	2,0	400	1,30
Zonhan	NE-600	2,0	600	2,10

*Nota. Generadores eólicos preseleccionados.*

De la *tabla 7* se seleccionó 14 mini aerogeneradores Zonhan NE-600 con una potencia nominal de 600 W cada uno, los cuales juntos satisfacen la demanda eléctrica de 7 900 Wh.

El generador eólico seleccionado tiene una rotación horaria, alternador monofásico, un voltaje nominal de 24 V, 3 aspas, vida útil de 15 años, material estructural de aluminio y un diámetro de la toma de poste de 48mm.

Tabla 8

*Especificaciones del generador eólico seleccionado.*

Fabricante	Modelo	Rotación	Alternador	Voltaje
Zonhan	NE-600	Horaria	Monofásico	24 voltios

*Nota. Detalles de los generadores eólicos seleccionados.*

#### **d) Configuración eólica**

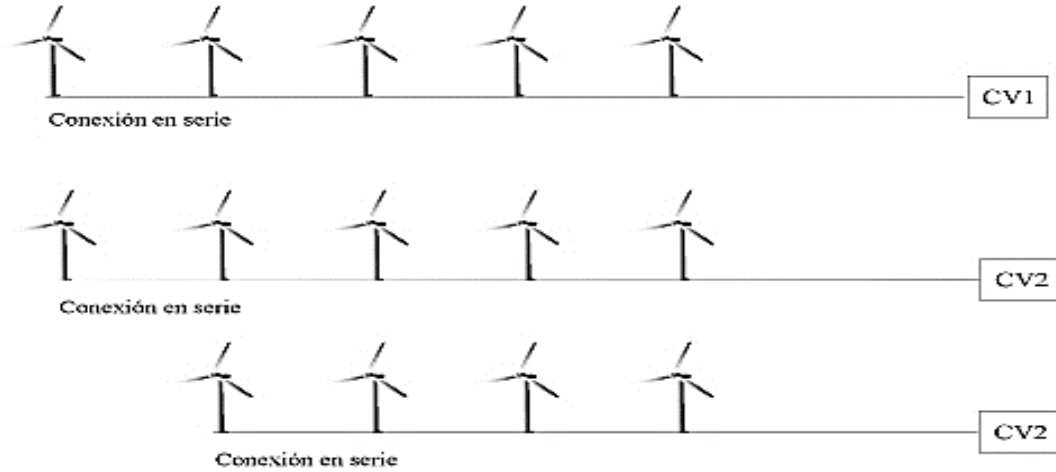
La distribución en campo de los generadores eólicos se refiere a la disposición y ubicación de los aerogeneradores en un parque eólico. Esta distribución se planifica estratégicamente para optimizar la captura de energía eólica y maximizar la eficiencia del parque, Se busca un equilibrio entre la densidad de generadores y el aprovechamiento máximo del recurso eólico. Es importante asegurar que no haya interferencias entre los aerogeneradores vecinos, ya que las turbulencias generadas por uno pueden afectar el rendimiento de otros cercanos.

La distribución en campo de los generadores eólicos busca maximizar la producción de energía, minimizar las pérdidas por turbulencias entre los aerogeneradores y garantizar la eficiencia y operatividad del parque. Cada proyecto de parque eólico tiene consideraciones únicas que influyen en la distribución final de los generadores.

Los generadores eólicos se pueden distribuir tanto en serie como en paralelo, de esta configuración depende el tipo de controlador de voltaje que cumpla con el voltaje de entrada y la corriente de entrada. En este caso la distribución se realizó de tal manera que concuerde con la capacidad de los controladores disponibles en el mercado y se utilizó el software en línea MPPT CalculaTor a un voltaje de sistema de 24 voltios conformado por tres cadenas de mini aerogeneradores dos cadenas están conformada por 5 mini aerogeneradores y una cadena de 4 mini aerogeneradores, las cadenas están conectadas en serie como se indica en la *figura 10* configurando así tres grupos, dos grupo conformado por 5 aerogeneradores cada uno y otro grupo conformado por cuatro aerogeneradores.

Figura 10

Distribución de los mini aerogeneradores.



Nota. Distribución de mini generadores eólicos, configuración en serie.

#### e) Regulación de voltaje

Un regulador de voltaje es un dispositivo utilizado para regular y controlar la tensión eléctrica en un sistema. Su función principal es mantener una salida de voltaje estable y dentro de los rangos deseados, incluso cuando las condiciones de carga o entrada varían. Estos dispositivos monitorean constantemente la tensión de entrada y ajustan la salida para mantenerla en el nivel deseado.

Se utilizó el software MPPT Calculator de Victron Energy especializado en tipo de controlador que se adecúa a las exigencias de tensión y corriente en rangos máximos y mínimo generados en equipos de fuente renovable a exigencias del rigor de la temperatura de la zona del proyecto.

Se seleccionó para este proyecto el controlador de carga con seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT). El MPPT es un controlador de carga de 24 voltios en corriente directa (VCD) de última generación, que admite cadenas de hasta 5 generadores en serie por cada cadena y siendo un total 10 aerogeneradores que podrán ser controlados por dos equipos MPPT 250/100, para los 4 aerogeneradores restantes se seleccionó un controlador MPPT 100/50 capaz de controlar una cadena de cuatro aerogeneradores de 600 W conectados en serie a un voltaje de 24 voltios. La *tabla 9* describe las características de los controladores seleccionados.

Tabla 9

*Especificaciones de los controladores de voltaje.*

	Serie	Paralelo	Vol. Máx.	Vol. Salida	Controlador
Grupo 1	5	2 x 5	120	24	2 x MPPT 250/100
Grupo 2	4	1 x 4	120	24	1x MPPT 100/50
Total					3 controladores

*Nota. Detalles de los controladores de voltaje para el sistema eólico.*

## **f) Almacenamiento de energía**

### **Baterías gelificadas**

Las baterías de gel, también conocidas como baterías de electrolito en gel o baterías de ácido-plomo selladas, son un tipo de batería recargable que utiliza un electrolito en forma de gel en lugar de un electrolito líquido. Este gel generalmente consiste en una mezcla de ácido sulfúrico y sílice, que se vuelve más espeso y gelatinoso para evitar derrames.

Estas baterías son una variante de las baterías de plomo ácido y están diseñadas para ser selladas y libres de mantenimiento. La principal ventaja de las baterías de gel es su capacidad para funcionar en diferentes posiciones, incluyendo vertical, horizontal o de costado, sin derramar el electrolito. Esto las hace adecuadas para su uso en aplicaciones donde la instalación fija no es posible o deseable.

Algunas de las ventajas de las baterías de gel son: Sin derrames de electrolito, mayor resistencia a las vibraciones, menor autodescarga, mayores ciclos de vida y tolerancia a temperaturas extremas.

## Factor de corrección

El factor de corrección compensa el hecho de que las baterías no serán nuevas para siempre, pero su potencia máxima será menor con los años. Al igual que la batería de su teléfono móvil, no es tan potente como los primeros días que la usó. Siendo el factor de corrección de 1,15 Reglamento electrotécnico para baja tensión de España (en adelante REBT).

## Autonomía

Una de las principales características que ayudan a establecer el dimensionado de las instalaciones autónomas son los días de autonomía, donde nuestra instalación tendrá la capacidad de suministrar esa energía diaria sin ningún tipo de inconveniente pese a que una sería de circunstancias concretas en las que la producción de los generadores eólicos sea nula como, por ejemplo: días con baja velocidad del viento, paro por mantenimiento, entre otras.

## Parámetros de diseño

*Tabla 10*

*Parámetros de diseño del banco de baterías.*

Detalles	Valor
Días de autonomía	1 día
Profundidad de descarga	70%
Factor de corrección	1,15
Energía requerida	14 355 Wh
Voltaje nominal	12V

*Nota. Parámetros de diseño que determinaran la selección de baterías.*

## Cálculo de baterías

Para calcular la capacidad del banco de baterías tenemos que saber cuánta energía se necesita almacenar, esto se expresa comúnmente en amperio por hora (*Ah*). Como en



la *tabla 1* ya se había determinado la energía requerida del sistema que tiene un valor de 14 355Wh. Con este dato, se calculó la capacidad nominal del banco de almacenamiento de energía mediante la *ecuación (18)*.

$$E = F_s \times \frac{E_d}{V_n} \quad (18)$$

Donde  $E$  es la energía total requerida (Ah),  $V_n$  es el voltaje nominal de la batería (V),  $E_d$  es la máxima demanda de energía (Wh) y  $F_s$  es el factor de corrección (*adimencional*).

Tomando el valor de la energía requerida del sistema de 14 355 Wh, y un factor de corrección igual a 1,15 y el voltaje nominal de una batería de 12 voltios. Como resultado se obtuvo la carga eléctrica con un valor de 1 376 Ah. Luego se determinó la capacidad nominal del banco de baterías con la *ecuación (19)*.

$$C_N = \frac{E \times N_{d,aut}}{F_d \times F_{ct}} \quad (19)$$

Donde  $C_N$  es la capacidad nominal del banco de baterías (Ah),  $N_{d,aut}$  es el número de días de autonomía,  $F_d$  es el factor de descarga máxima y  $F_{ct}$  es el factor de corrección por temperatura.

Tomando el valor de la corriente del proyecto  $E$  de 1 376Ah, una autonomía de un día, un factor de descarga de 0,70 y un factor de corrección por temperatura de 0,90. Se calculó la capacidad nominal del banco de baterías con un valor de 2 184 Ah/día.

La autonomía seleccionada fue determinada tomando en cuenta los mantenimientos preventivos y correctivos los cuales para su realización tomarían como mínimo un día, el factor de descarga y factor de corrección por temperatura son estándares para baterías de plomo de 12 voltios (González y Castro Gil, 2009).

Se ha seleccionado un banco acumulador de corriente continua conformado por ocho baterías de plomo ácido gelificado de 12-300 con un voltaje nominal de 12 voltios en corriente continua y capacidad de 300 Ah cada una, el banco acumulador de corriente continua tendrá un voltaje de entrada y salida de 24 voltios y una capacidad de 2 400Ah.

Tabla 11

Datos técnicos del banco de energía.

Datos técnicos del banco de energía	Energía requerida para el sistema
Batería GEL 12V 300Ah Tensite	2 184 Ah/día

Nota. Detalles de la batería utilizada en el banco de energía.

### g) Conversión de la energía continua en alterna

#### Cálculo del inversor

Un inversor es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida (senoidal, cuadrada o triangular) de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Para el cálculo de potencia del inversor se utiliza la *ecuación (20)*.

$$P_{Inv} = 1,15 \times M_d / F_t \quad (20)$$

Donde  $P_{Inv}$  es la potencia del inversor en (W)  $M_d$  es la máxima demanda en (W) y  $F_t$  es el factor de corrección por temperatura y (adimensional). También cabe detallar que el valor de 1,15 es el factor de seguridad según el REBT.

#### Corrección por temperatura ( $F_t$ )

La corrección por temperatura en un inversor se refiere a la capacidad del dispositivo para ajustar su rendimiento en función de las variaciones de temperatura. Cuando la temperatura aumenta, la eficiencia y la capacidad de carga de un inversor pueden disminuir. Esto se debe a que los componentes electrónicos internos, como los transistores y los condensadores, pueden experimentar cambios en su rendimiento a temperaturas extremas. Además, el calor excesivo puede causar daños permanentes a los componentes del inversor.

Tabla 12

Corrección por temperatura en un inversor eléctrico.

Factor de corrección por temperatura en un inversor eléctrico									
Temperatura	25	26	27	28	29	30	31	32	33
( $F_t$ )	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92

Nota. El inversor dependiendo de la temperatura varia su eficiencia.

Cuando la temperatura interna del inversor se incrementa la potencia de salida disminuye es así como un ambiente con elevada temperatura puede dar como resultado de reducción de la potencia total del equipo La zona de proyecto alcanza la temperatura promedio de 30 °C, por efectos de cálculo se considera un factor de corrección por temperatura  $F_t$  de 0,95 como se muestra en la *tabla 12*.

### Parámetros de diseño

Tabla 13

Parámetros de diseño del inversor eléctrico.

Detalle	Valor
Temperatura promedio	30 °C
Factor de corrección por temperatura	0,95
Potencia requerida	< 7 900 VA o 7,9 KVA

Nota. Parámetros de diseño que determinan la selección del inversor eléctrico.

Remplazando los datos de la *tabla 13* en la *ecuación (20)* se obtuvo un valor de 9 563 W, es decir que el inversor seleccionado debe tener una potencia eléctrica superior a este valor.

Se seleccionaron dos inversores eléctricos de la marca Phoenix modelo 24/5000 con un voltaje de entrada de 24 voltios en corriente continua y un voltaje de salida de

220 voltios en corriente alterna con onda sinusoidal, frecuencia de 60 Hertz y una potencia de 5 KVA cada uno, como se detalla en la *tabla 14*.

*Tabla 14*

*Especificaciones técnicas del inversor eléctrico seleccionado.*

Fabricante	Cantidad	Voltaje de entrada	Voltaje de salida
Phoenix	2	24 voltios en CC	220 voltios en CA

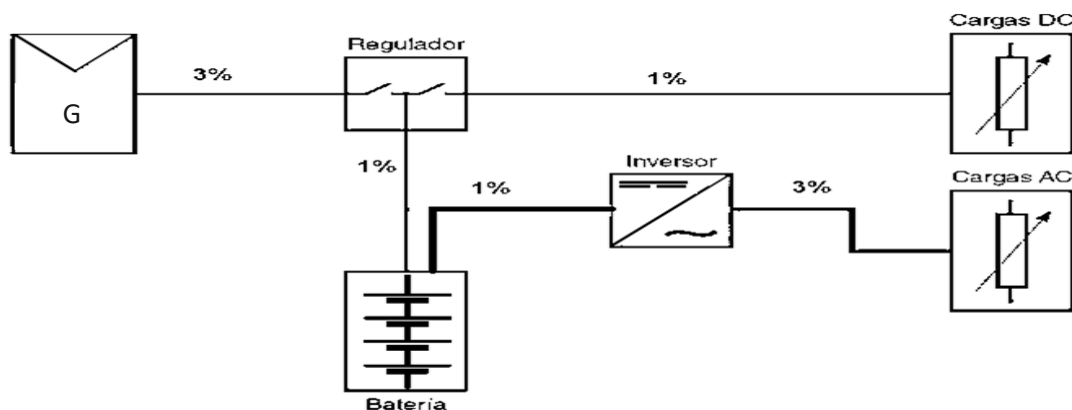
*Nota. Detalles del inversor eléctrico que se utilizara en el sistema eólico.*

### **h) Cálculo de conductores**

De acuerdo con los niveles de caída de la tensión entre los diferentes tramos de los circuitos de corriente continua (DC), se va a dimensionar las características de los cables o conductores. Según la normativa del REBT, establece porcentajes de caída de tensiones máximas permitidas en conexiones en corriente continua y se detalla en la *figura 11*.

*Figura 11*

*Caídas de tensión máximas permitidas en corriente continua.*



*Nota. Caída de tensión máxima permitida, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Español (REBT).*

Para calcular la sección del conductor eléctrico en una instalación, se deben considerar varios factores, como la corriente que va a circular por el conductor, el tipo de material del conductor (cobre o aluminio), la temperatura ambiente, la temperatura máxima permitida para el conductor, entre otros. Conociendo estos valores anteriormente mencionados, se puede calcular el calibre de un conductor haciendo uso de la ecuación (21).

$$S = \frac{I \times L \times K}{\Delta V} \quad (21)$$

Donde  $S$  es la sección del conductor ( $mm^2$ ),  $I$  es la corriente ( $A$ ),  $L$  es la longitud del conductor en ( $m$ ),  $K$  es la conductividad del material del conductor y  $\Delta V$  es la caída de tensión permitida ( $V$ ).

Cabe detallar que la conductividad de un conductor puede variar dependiendo de la temperatura y del material aislante que lo rodea. Estos factores pueden afectar la resistividad eléctrica del conductor, que es el inverso de la conductividad eléctrica. Es así como para los cálculos realizados se consideró la temperatura adecuada y el aislante y conductores eléctricos más comunes como se muestra en la *tabla 15*.

*Tabla 15*

*Conductividad eléctrica del cobre y el aluminio K.*

Conductor	Temperatura del conductor		
	20 °C	K termoplástico a 70 °C	K termoestables a 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

*Nota. Conductividad del aluminio y cobre dependiendo de la temperatura.*

Basándose en la *figura 11* y con los valores de la *tabla 15* se procedió a calcular la caída de tensión en los diferentes tramos que conforman el circuito del sistema eólico como se puede observar en la *figura 11*. Es así como mediante el uso de tablas de cálculo se procedió a determinar cada valor de tal forma que cumplan con la normativa utilizada, los datos se muestran en la *tabla 16*.

Tabla 16

Caída de tensión en el circuito del sistema eólico autónomo.

Caída de tensión en el circuito del sistema								
Tramo	VDC	VAC	I	L	S	K	$\Delta V$	%
Generador - Regulador	120	-	2,5	20	4	48,47	0,34	0,4
Regulador - Batería	24	-	2,5	10	4	48,47	0,26	1,1
Batería - Inversor	24	-	25	2,5	4	48,47	0,65	2,7
Inversor - Carga AC	-	220	-	-	-	-	-	-

Nota. Caída de tensión máxima permitida en sistemas aislados.

De la *tabla 16* se puede determinar que la caída de tensión en el circuito desde el generador al regulador es de 0,5 % utilizando un conductor de cobre de  $4 \text{ mm}^2$ , en el circuito del regulador al banco de baterías la caída de tensión es de 1,1 % utilizando un conductor del mismo calibre y del mismo material, en el circuito del banco de baterías hacia el inversor la caída de tensión es de 2,7 % utilizando un conductor de las mismas especificaciones, y finalmente en el circuito inversor hacia las cargas de corriente alterna el conductor debe tener el calibre de tal manera que cumpla con la caída de tensión normado por el CNE Utilización. De los cálculos se determina que el conductor utilizado debe ser de cobre con una sección de  $4 \text{ mm}^2$  como se muestra en la *tabla 17*.

Tabla 17

Especificaciones técnicas del conductor.

Especificaciones técnicas del conductor			
Material	Calibre	Aislante	Longitud
Cu	$4 \text{ mm}^2$	Termoplástico	32,4 m

Nota. Determinación de las características técnicas del conductor.

## **i) Protección del sistema eólico**

Los sistemas de protección eléctrica son fundamentales para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas, así como para proteger equipos y personas de posibles fallas o sobrecargas eléctricas. Estos sistemas se diseñan para detectar anomalías en la corriente eléctrica y tomar medidas automáticas para evitar daños.

### **Interruptores automáticos**

Son dispositivos que se instalan en el panel eléctrico y se activan cuando detectan una corriente anormal, como una sobrecarga o un cortocircuito. Su función es interrumpir la corriente eléctrica de manera rápida para evitar daños en los cables y equipos, así como para prevenir riesgos de incendio o electrocución.

### **Interruptores de corriente continua**

Un interruptor bipolar DC es un dispositivo utilizado en circuitos de corriente continua (DC) para controlar y cortar el flujo de corriente eléctrica. A diferencia de los interruptores utilizados en circuitos de corriente alterna (AC), los interruptores bipolares DC están diseñados específicamente para manejar la polaridad constante de la corriente continua.

En el mercado es común encontrar interruptores dependiendo de las necesidades, ya sea para uso doméstico o uso industrial, en el primer caso se pueden encontrar interruptores que soporten hasta 500 voltios y corrientes de hasta 50 amperios principalmente. En nuestro caso el voltaje de salida de los aerogeneradores es inferior a 500 voltios y la corriente igualmente es inferior a 50 amperios, es así que se seleccionaron interruptores de corriente continua Schneider Electric C60H-2 poles-50 A-C curve con una capacidad de hasta 50 amperios.

### **Sobretensiones transitorias**

Las sobretensiones transitorias en sistemas eólicos aislados son picos de voltaje que ocurren en un corto periodo de tiempo, generalmente como resultado de eventos como descargas atmosféricas, maniobras de conmutación o fallos de aislamiento. Estas

sobretensiones pueden causar daños significativos en los componentes del sistema eólicos, incluyendo los generadores, inversores, controladores de carga y baterías.

Existen limitadores de sobretensiones, también conocidos como dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS), son componentes cruciales en los sistemas eólicos autónomos para proteger contra picos de voltaje transitorios que pueden dañar los equipos electrónicos. Estos dispositivos se instalan en diversos puntos del sistema eólico para desviar las sobretensiones a tierra y limitar el voltaje que llega a los componentes sensibles.

Para el sistema eólico se seleccionaron limitadores de sobretensiones transitorias Acti9 iPRD1-3P-350V de 350 voltios, esto se basa en que el voltaje de generación de los mini generadores eólicos conectados en serie es inferior a 350 voltios.

### **Puesta a tierra**

La puesta a tierra es un concepto fundamental en el diseño y funcionamiento seguro de las instalaciones eléctricas. Consiste en crear un camino de baja resistencia eléctrica hacia la tierra para desviar corrientes no deseadas y proporcionar un nivel de seguridad adicional en caso de fallas eléctricas.

Calcular una puesta a tierra implica determinar los parámetros necesarios para lograr una resistencia de tierra adecuada que cumpla con las normativas y estándares de seguridad eléctrica. La resistencia de tierra se refiere a la resistencia eléctrica total entre el electrodo de tierra y la tierra circundante.

Para el cálculo de una puesta a tierra es necesario tener datos como la resistividad del terreno, obteniendo este dato como base se procede a seleccionar los materiales como el electrodo y aditivos que mejoren la conductividad y disminuyan la resistividad del terreno la cual debe de cumplir con la normativa del Código Nacional de Electricidad Utilización en donde se fija que la resistividad de una puesta a tierra no debe de exceder los 25 ohmios ( $\Omega$ ).



### 3.2.4. Evaluación económica

Se realizó la evaluación económica del proyecto. En este sentido se utilizarán algunos indicadores que permitieron evaluar la implementación del sistema eólico autónomo. Los indicadores que se utilizan son el Valor Actual Neto (*VAN*), y la Tasa Interna de Retorno (*TIR*).

#### a) Inversión

El monto inicial de inversión del proyecto es de S/ 61 241,88 para implementar el sistema eólico autónomo. En la *tabla 18*, se presenta el monto de inversión del proyecto.

#### b) Valor actual neto (*VAN*)

Fontaine (2008) en su libro “Evaluación Social de Proyectos” explica que una inversión es rentable sólo si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando éstos se actualizan haciendo uso de la tasa de interés pertinente para el inversionista.

Es decir, la inversión es deseable sólo si el valor actual de los beneficios netos es mayor que cero como se expresa en la *ecuación (22)*.

$$VAN = \sum_0^n \frac{FC_t}{(1+Td)^i} > 0 \quad (22)$$

Donde (*n*) es el número de año (tiempo de retorno), (*FC<sub>t</sub>*) es el flujo de caja total, (*Td*) es la tasa de descuento e (*i*) es el numero del año en el cual se evalúa.

#### c) Tasa interna de retorno (*TIR*)

Según Fontaine (2008), la *TIR* es la que hace igual a cero el *VAN* de un flujo de beneficios netos. La *TIR* se calcula con la *ecuación (23)*.

$$VAN = 0 = \sum_0^n \frac{FC_t}{(1+Td)^i} \quad (23)$$

Es conveniente realizar la inversión cuando el *VAN* tiene un valor positivo y una *TIR* mayor que el costo de capital.

Tabla 18

*Inversión económica del proyecto.*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario [S/]	Precio total [S/]
1.01	Generador eólico de 600 W + Controladores	Unidad	14	1 810,97	27 353,58
	Subtotal				27 353,58
2.01	Baterías gel 12V CC, 300 Ah	Unidad	8	1 330,33	10 642,64
2.02	Bornes para baterías	Unidad	16	5	80
2.03	Puente de Baterías con 2 Bornes	Unidad	8	11	88
	Subtotal				10 810,64
3.01	Inversor Phoenix 5KVA	Unidad	2	9 271,43	18 542,86
	Subtotal				18 542,86
4.01	Cable THW 12AWG x Rollo	Metro	100	1,47	147
3.02	Tubo Luz SAP 3/4" x 3 metros	Unidad	12	5,6	67,2
3.03	Cinta aislante 3/4" x18 metros	Unidad	6	6,5	39
	Subtotal				253,2
4.01	Electrodo de cobre 5/8"	Unidad	1	199,90	199,90
4.02	Caja de registro de concreto	Unidad	1	35	35
4.03	Conector de 5/8" tipo AB	Unidad	2	8,90	17,80
4.04	Tubo PVC 20 mm Ø x 2,5 m	Unidad	2	4,5	9
4.05	Bentonita sódica x 30 kg	Bolsa	1	19,90	19,90
	Subtotal				281,6
5.01	Montaje mecánico	Global	1	2 000	2 000
5.02	Montaje eléctrico	Global	1	2 000	2 000
	Subtotal				4 000
	Total				S/ 61 241,88

*Fuente. Presupuesto económico para la implementación del proyecto.*

#### d) Flujo de caja

Con el flujo de caja se puede observar los ingresos y egresos netos que se puede obtener a lo largo de la duración del proyecto.

#### Ingresos

Como ingresos se considera el ahorro en electricidad, de lo cual se determinó un promedio de  $S/300$  mensuales según la facturación realizada por la empresa distribuidora de electricidad. El consumo y el promedio mensuales se muestra en la *tabla 19*.

*Tabla 19*

*Promedio mensual de facturación eléctrica.*

Mes	Tarifa	Facturación [S/]
Enero	BT5B Residencial	303,30
Febrero	BT5B Residencial	305,70
Marzo	BT5B Residencial	302,10
Abril	BT5B Residencial	302,20
Mayo	BT5B Residencial	301,82
Junio	BT5B Residencial	285,65
Julio	BT5B Residencial	278,90
Agosto	BT5B Residencial	305,32
Setiembre	BT5B Residencial	305,10
Octubre	BT5B Residencial	301,75
Noviembre	BT5B Residencial	301,27
Diciembre	BT5B Residencial	302,70
Promedio		299,67

*Nota. Promedio anual de facturación eléctrica.*

## **Egresos**

Los egresos representan los gastos que se generan para mantener el sistema eólico en operación; en este caso los aerogeneradores, baterías, controladores de carga e inversor eléctrico tienen una vida superior al periodo de tiempo considerado en nuestra evaluación económica en tal motivo los egresos de equipos no representan ningún costo. Los egresos considerados son por el costo de mantenimiento del sistema eólico que representa un 5 % del total de la inversión del proyecto en un periodo de 5 años, resultando un valor de S/ 3 062,09 cada 5 años.

### **e) Tasa de descuento**

El proyecto, considerando sus riesgos, requiere una rentabilidad mínima evaluada mediante la tasa de descuento. Esta tasa se utiliza para calcular el valor actual neto (VAN) del proyecto. Para inversiones en energía, donde se espera una rentabilidad económica a corto y mediano plazo, la tasa de interés vigente en el mercado para proyectos de energía renovable es del 12,3 % (Campos, 2018). No obstante, si la inversión tiene como objetivo obtener beneficios ecológicos y sociales sin una expectativa de rentabilidad económica, no se aplica la tasa de interés al monto invertido.

Tabla 20

Flujo de caja del proyecto

FLUJO DE CAJA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EÓLICO AUTÓNOMO												
Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo	- S/ 61 241,88											
Ingresos	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600
Egresos												
Mantenimiento	-	-	-	-	S/ 3 062	-	-	-	-	S/ 3 062	-	-
Total de egresos	-	-	-	-	S/ 3 062	-	-	-	-	S/ 3 062	-	-
Flujo de caja	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 537,9	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 3 600	S/ 537,9	S/ 3 600	S/ 3 600
Tasa	12 %											
Valor actual	-57 641	-54 041	-50 441	-46 841	-46 303	-42 703	-39 103	-35 503	-31 903	-31 366	-27 766	-24 166
VAN	- S/ 41 923,03											
TIR	-7,11 %											

Nota. Flujo de caja del proyecto, muestra que el proyecto es inviable.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Máxima demanda eléctrica

El dato correspondiente a la máxima demanda eléctrica es de 7 900 *Wh* la cual se determinó identificando los equipos eléctricos en la zona del proyecto y su tiempo de operación de estos, su potencia unitaria y su factor de demanda.

*Tabla 21*

*Resultados de la máxima demanda.*

Nº Equipos	Potencia instalada [W]	Máxima demanda [W]
58	8 210	7 900

*Nota. Determinación de la máxima demanda,*

### 4.2. Velocidad del viento

El promedio de velocidad del viento que se tomó como base para el dimensionamiento del generador eólico tiene un valor de 2,21 *m/s*, en el análisis de Weibull se determinó que la mayor probabilidad de tener velocidades más próximas a la velocidad promedio es de 2,10 *m/s* hasta 2,40 *m/s*, las cuales representan (35 y 36) % respectivamente.

*Tabla 22*

*Velocidad promedio del viento calculada con la ecuación de Weibull.*

Datos evaluados	Factor de forma <i>k</i>	Factor de escala <i>c</i> [m/s]
Hacienda El Potrero	4,05	2,21

*Nota. Resultados obtenidos del análisis de datos mediante ecuaciones de Weibull.*

### 4.3. Dimensionamiento del sistema eólico

Determinando la máxima demanda eléctrica y el recurso eólico disponible se dimensionó el generador eólico en relación con estos datos (máxima demanda eléctrica y velocidad promedio del viento). Las especificaciones técnicas del generador eólico se muestran en la *tabla 23*.

*Tabla 23*

*Especificaciones técnicas de los equipos del sistema eólico autónomo.*

Equipo	Fabricante	Cantidad	Modelo	Voltaje nominal	Capacidad
Aerogenerador	Zonhan	14	NE-600	24	600 W
Regulador de voltaje	Victron	3	-	24	-
Batería	Tensite	8	12-300	12	300 Ah
Inversor eléctrico	Phoenix	2	24/5000	24	5 KVA

*Nota. Equipos necesarios en la implementación del sistema eólico autónomo.*

De la tabla 23 se seleccionó 14 mini aerogeneradores Zonhan NE-600 con una potencia de 600 W cada uno y un voltaje nominal de 24 voltios, tres reguladores de voltaje de 24 voltios, ocho baterías Tensite 12-300 de 12 voltios en corriente continua y 300 Ah de capacidad cada una y dos inversores eléctricos Phoenix 24/5000 con un voltaje de entrada de 24 voltios en corriente continua y un voltaje de salida de 220 voltios en corriente alterna con una capacidad de 5 KVA cada uno.

Los equipos eléctricos fueron seleccionados basándose en cubrir las necesidades eléctricas del proyecto con el dimensionamiento realizado y en el aspecto de disponibilidad comercial en la región.

#### 4.4. Evaluación económica

Se determinó que para una inversión de S/ 61 241,88 y una tasa de descuento de 12,3 % el proyecto no es económicamente viable como se muestra en la *tabla 24*.

La evaluación económica del proyecto dio como resultado un VAN de - S/ 41 923,03 y una TIR de -7,11 %, en proyectos de inversión se recomienda que la TIR sea mayor que la tasa de descuento, esto quiere decir que el proyecto no es económicamente viable con un tiempo de retorno de la inversión de 12 años.

*Tabla 24*

*Resultados de la valuación económica del proyecto.*

Tasa de descuento [%]	VAN [S/]	TIR [%]	Viabilidad
12,3	- S/ 41 923,03	-7,11	No es viable

*Nota. El proyecto desde el aspecto económico es inviable según los datos analizados.*



## V. DISCUSIÓN

Las máquinas de generación eólica se basan en el aprovechamiento del viento para impulsar su turbina eólica y mediante el movimiento rotatorio de esta impulsar un generador el cual generara electricidad y posteriormente es almacenada en un banco de energía, estos sistemas básicamente se clasifican en el aprovechamiento del aire, generación eléctrica, almacenamiento y distribución al consumidor final.

Según Tejada y Álvarez, (2013) en un estudio realizado para aprovechar el potencial eólico en Tunja - Colombia llegaron a una conclusión que con un promedio de velocidad de  $2,64 \text{ m/s}$  se puede obtener un potencial eólico de  $102,97 \text{ W/m}^2$  para un aerogenerador de  $2 \text{ m}$  de radio de turbina. Para el proyecto, el promedio de velocidad del viento en la zona de estudio según datos obtenidos y analizados mediante Weibull corresponde a  $2,21 \text{ m/s}$ , logrando obtener una potencia eólica de  $75 \text{ W/m}^2$ . Cabe recalcar que el potencial eólico varia dependientemente de las dimensiones de la turbina del aerogenerador y de la velocidad del viento.

Según OSINERMINING (2019), la región Cajamarca cuenta con un buen potencial eólico para la instalación de sistemas eólico, es por eso por lo que en el año 2019 se aprobó instalar la central eólica Duna con una potencia de  $18,4 \text{ MW}$ . Con respecto al análisis eólico realizado en la zona del proyecto, el recurso eólico es factible cubrir la demanda de electricidad con una velocidad promedio de  $2,21 \text{ m/s}$  utilizando mini generadores eólicos que se adapten a los valores previamente determinados.

En los proyectos de energía renovable se recomienda que con relación a la inversión del proyecto se obtenga una *TIR* igual o mayor al  $15 \%$  con una tasa de descuento del  $12,3 \%$  a  $15 \%$  para que el proyecto sea económicamente factible (fernandini, 2007). En la evaluación económica del proyecto, se obtuvo una *TIR* del  $-7,11 \%$ , por lo tanto, el proyecto no es económicamente viable.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

El cálculo de la máxima demanda para la zona de estudio se determinó basándose en el código nacional de electricidad utilización CNE (Perú), considerando el factor de demanda y el factor de simultaneidad para cargas determinadas, se determinó una máxima demanda eléctrica de 7 900 *Wh/día*.

En la zona de estudio del proyecto, los valores del nivel del viento son superiores a 0,5 *m/s* e inferiores a 4,8 *m/s*, aplicando el promedio de velocidad del viento para el diseño del sistema eólico autónomo, mediante el análisis de Weibull se determinó el valor de la velocidad del viento que corresponde a 2,21 *m/s* con una probabilidad de Weibull del 35 % de tener velocidades superiores a la velocidad determinada.

El sistema eólico requiere 14 aerogeneradores Zonhan NE-600 de 600 *W* de potencia cada uno, tres reguladores de voltaje de corriente continua de 24 voltios, un banco conformado por ocho baterías con 300 *Ah* de capacidad cada una y autonomía de un día, un inversor eléctrico con un voltaje de entrada de 24 voltios en corriente continua a un voltaje de salida de 220 voltios en corriente alterna y con una frecuencia de 60 *Hertz*.

El proyecto tiene una inversión económica de *S/ 61 241,88* y el tiempo evaluado para el retorno de la inversión es de 12 años a una tasa de descuento de 12,3 %, con un *VAN* de - *S/ 41 923,03* y una *TIR* del -7,11 %, lo cual económicamente no es viable.

Técnicamente el proyecto es viable ya que con la velocidad obtenida se puede cubrir la demanda, desde el punto de vista económico el proyecto es inviable ya que según la evaluación se obtiene un valor actual neto negativo.

## **6.2. Recomendaciones**

A las instituciones públicas y privadas, así como a las ONG que muestren interés en sistemas energéticos se recomienda implementar el proyecto diseñado desde el punto de vista ambiental, también se recomienda la implementación de este tipo de proyectos en distritos y provincias de la región Cajamarca, por ser una zona con deficiente interés en el uso de energía ecológica.

A las instituciones que realicen la implementación del sistema eólico diseñado, se debe considerar un mantenimiento preventivo y predictivo en el sistema eólico para evitar que disminuya su eficiencia y producción de energía.

Principalmente a instituciones públicas como el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) se recomienda la implementación de sistemas eólicos para cubrir la demanda de energía eléctrica en zonas aisladas a la red eléctrica y de esta manera cubrir las necesidades energéticas de las 500 mil familias peruanas rurales que a la fecha carecen de electricidad en sus hogares (Instituto nacional de Estadística e Informática, 2018).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Danesa de la industria eólica. (2003). Curva de potencia de un aerogenerador.
- Badii, M., Guillen, A., & Abreu, J. (Abril de 2016). Renewable Energies and Energy Conservation. *International Journal of Good Conscience*, 11(1), 141 - 155.
- Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2009). *Centrales de energías renovables*. Madrid: Pearson.
- Enel. (2018). *Enel Perú*. <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/wayra-i-la-primera-central-eolica-de-enel-en-peru>
- Enrique Baldovino Fernandini, G. R. (2007). Propuesta estratégica para el desarrollo de la energía eólica en Perú. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Fontaine, E. (2008). *Evaluación Social de Proyectos*. México: Pearson.
- Gebhardt, Preidikman, & Massa. (2009). Análisis aeroservoelástico de generadores eólicos de gran potencia y eje horizontal. *10(97)*.
- Global Wind Energy Council. (2016). *Global Wind Report 2016*. GWEC, Ulán Bator.
- Hermann, G., & Romero Castillo, E. (28 de Junio de 2012). *Deutsche Welle*. <https://p.dw.com/p/15Nj4>
- International Energy Agency. (2016). *Energy and Air Pollution*. Pariz.
- LUT University. (2019). Global energy system based on hundred percent renewable energy.
- Maps, G. (s.f.). *Google Maps*. <https://www.google.com/maps/@-5.7147286,-78.8042821,15z>
- Martínez Tejada, L. A., & Álvarez Castañeda, W. F. (2013). Aplicación de la ecuación de Weibull para determinar el potencial eólico.
- Mata, A. D., & Aguilera Gómez, V. (2008). *Matemáticas Financieras*. Mexico: McGraw-Hill.
- MINEM. (2006). *Código Nacional de Electricidad Utilización*. Lima.

- MINEM. (2016). *Atlas Eólico del Perú*. Lima.
- NASA. (s.f.). *NASA Earthdata*. Retrieved Octubre de 2019, from <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>
- OSINERMIN. (2016). *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*. [www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica](http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica)
- Quintanilla, E. (Marzo de 2016). Soluciones para un mercado eléctrico de alto crecimiento - Promoción de energías renovables y competitivas.
- Rico, J. C. (Agosto de 2013). Comparación de métodos para determinar los parámetros de Weibull para la generación de energía eólica. *cientia et Technica*, 18.
- Spark, W. (2019). *Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com>
- United States Department of Energy. (2018). *2018 Wind Technologies Market Report*. Washington.
- Valencia, L. P., Moreno, F. L., & Rodríguez, J. C. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. 6(2), 231 - 242.
- Yunus, C. C. (2006). *Mecánica de fluidos*. Mexico: McGraw Hill.

## ANEXOS

Anexo A. Datos del viento y parámetros elaborados con la ecuación de Weibull.

<i>Ítem</i>	<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Día</i>	<i>Hora</i>	<i>Velocidad [m/s]</i>	<i>f(v)</i>	<i>F(v)</i>
1	2019	Agosto	1/10/2019	00:00:00	1.60	0.22	0.25
2	2019	Agosto	1/10/2019	03:00:00	1.60	0.22	0.25
3	2019	Agosto	1/10/2019	06:00:00	1.53	0.19	0.21
4	2019	Agosto	1/10/2019	09:00:00	1.38	0.13	0.14
5	2019	Agosto	1/10/2019	12:00:00	1.41	0.14	0.15
6	2019	Agosto	1/10/2019	15:00:00	1.63	0.23	0.27
7	2019	Agosto	1/10/2019	18:00:00	2.56	0.23	0.90
8	2019	Agosto	1/10/2019	21:00:00	2.45	0.29	0.85
9	2019	Agosto	2/10/2019	00:00:00	1.42	0.14	0.16
10	2019	Agosto	2/10/2019	03:00:00	1.50	0.17	0.19
11	2019	Agosto	2/10/2019	06:00:00	1.32	0.11	0.11
12	2019	Agosto	2/10/2019	09:00:00	1.22	0.08	0.08
13	2019	Agosto	2/10/2019	12:00:00	1.23	0.08	0.09
14	2019	Agosto	2/10/2019	15:00:00	1.79	0.29	0.37
15	2019	Agosto	2/10/2019	18:00:00	2.65	0.19	0.93
16	2019	Agosto	2/10/2019	21:00:00	2.86	0.09	0.98
17	2019	Agosto	3/10/2019	00:00:00	1.74	0.28	0.34
18	2019	Agosto	3/10/2019	03:00:00	1.68	0.25	0.30
19	2019	Agosto	3/10/2019	06:00:00	1.66	0.24	0.28
20	2019	Agosto	3/10/2019	09:00:00	1.67	0.24	0.29
21	2019	Agosto	3/10/2019	12:00:00	1.68	0.25	0.30
22	2019	Agosto	3/10/2019	15:00:00	2.24	0.36	0.72
23	2019	Agosto	3/10/2019	18:00:00	3.01	0.04	0.99
24	2019	Agosto	3/10/2019	21:00:00	3.22	0.01	1.00
25	2019	Agosto	4/10/2019	00:00:00	1.81	0.30	0.39
26	2019	Agosto	4/10/2019	03:00:00	1.56	0.20	0.23
27	2019	Agosto	4/10/2019	06:00:00	1.38	0.13	0.14
28	2019	Agosto	4/10/2019	09:00:00	1.47	0.16	0.18

29	2019	Agosto	4/10/2019	12:00:00	1.66	0.24	0.28
30	2019	Agosto	4/10/2019	15:00:00	2.31	0.34	0.77
31	2019	Agosto	4/10/2019	18:00:00	3.00	0.05	0.99
32	2019	Agosto	4/10/2019	21:00:00	3.08	0.03	0.99
33	2019	Agosto	5/10/2019	00:00:00	1.76	0.28	0.35
34	2019	Agosto	5/10/2019	03:00:00	1.68	0.25	0.30
35	2019	Agosto	5/10/2019	06:00:00	1.60	0.22	0.25
36	2019	Agosto	5/10/2019	09:00:00	1.68	0.25	0.30
37	2019	Agosto	5/10/2019	12:00:00	1.60	0.21	0.25
38	2019	Agosto	5/10/2019	15:00:00	2.15	0.37	0.65
39	2019	Agosto	5/10/2019	18:00:00	2.86	0.09	0.98
40	2019	Agosto	5/10/2019	21:00:00	2.82	0.11	0.97
41	2019	Agosto	6/10/2019	00:00:00	1.74	0.28	0.34
42	2019	Agosto	6/10/2019	03:00:00	1.54	0.19	0.22
43	2019	Agosto	6/10/2019	06:00:00	1.48	0.16	0.18
44	2019	Agosto	6/10/2019	09:00:00	1.42	0.14	0.15
45	2019	Agosto	6/10/2019	12:00:00	1.40	0.14	0.15
46	2019	Agosto	6/10/2019	15:00:00	1.94	0.34	0.49
47	2019	Agosto	6/10/2019	18:00:00	2.80	0.12	0.97
48	2019	Agosto	6/10/2019	21:00:00	2.99	0.05	0.99
49	2019	Agosto	7/10/2019	00:00:00	1.67	0.24	0.29
50	2019	Agosto	7/10/2019	03:00:00	1.46	0.16	0.17
51	2019	Agosto	7/10/2019	06:00:00	1.31	0.10	0.11
52	2019	Agosto	7/10/2019	09:00:00	1.31	0.11	0.11
53	2019	Agosto	7/10/2019	12:00:00	1.39	0.13	0.14
54	2019	Agosto	7/10/2019	15:00:00	2.02	0.36	0.55
55	2019	Agosto	7/10/2019	18:00:00	2.77	0.13	0.96
56	2019	Agosto	7/10/2019	21:00:00	3.02	0.04	0.99
57	2019	Agosto	8/10/2019	00:00:00	1.74	0.27	0.34
58	2019	Agosto	8/10/2019	03:00:00	1.66	0.24	0.29
59	2019	Agosto	8/10/2019	06:00:00	1.55	0.20	0.22
60	2019	Agosto	8/10/2019	09:00:00	1.60	0.22	0.25

61	2019	Agosto	8/10/2019	12:00:00	1.60	0.21	0.25
62	2019	Agosto	8/10/2019	15:00:00	2.21	0.36	0.70
63	2019	Agosto	8/10/2019	18:00:00	3.30	0.01	1.00
64	2019	Agosto	8/10/2019	21:00:00	3.21	0.01	1.00
65	2019	Agosto	9/10/2019	00:00:00	1.81	0.30	0.39
66	2019	Agosto	9/10/2019	03:00:00	1.70	0.26	0.31
67	2019	Agosto	9/10/2019	06:00:00	1.59	0.21	0.24
68	2019	Agosto	9/10/2019	09:00:00	1.46	0.16	0.18
69	2019	Agosto	9/10/2019	12:00:00	1.43	0.14	0.16
70	2019	Agosto	9/10/2019	15:00:00	2.06	0.36	0.58
71	2019	Agosto	9/10/2019	18:00:00	2.86	0.09	0.98
72	2019	Agosto	9/10/2019	21:00:00	3.08	0.03	0.99
73	2019	Agosto	10/10/2019	00:00:00	1.72	0.27	0.33
74	2019	Agosto	10/10/2019	03:00:00	1.64	0.23	0.27
75	2019	Agosto	10/10/2019	06:00:00	1.58	0.21	0.24
76	2019	Agosto	10/10/2019	09:00:00	1.54	0.19	0.22
77	2019	Agosto	10/10/2019	12:00:00	1.50	0.17	0.19
78	2019	Agosto	10/10/2019	15:00:00	2.30	0.34	0.76
79	2019	Agosto	10/10/2019	18:00:00	3.18	0.02	1.00
80	2019	Agosto	10/10/2019	21:00:00	3.06	0.03	0.99
81	2019	Agosto	11/10/2019	00:00:00	1.72	0.26	0.32
82	2019	Agosto	11/10/2019	03:00:00	1.61	0.22	0.25
83	2019	Agosto	11/10/2019	06:00:00	1.53	0.19	0.21
84	2019	Agosto	11/10/2019	09:00:00	1.57	0.20	0.23
85	2019	Agosto	11/10/2019	12:00:00	1.56	0.20	0.23
86	2019	Agosto	11/10/2019	15:00:00	2.44	0.29	0.84
87	2019	Agosto	11/10/2019	18:00:00	3.31	0.01	1.00
88	2019	Agosto	11/10/2019	21:00:00	3.11	0.03	1.00
89	2019	Agosto	12/10/2019	00:00:00	1.70	0.26	0.31
90	2019	Agosto	12/10/2019	03:00:00	1.54	0.19	0.21
91	2019	Agosto	12/10/2019	06:00:00	1.47	0.16	0.18
92	2019	Agosto	12/10/2019	09:00:00	1.42	0.14	0.16



93	2019	Agosto	12/10/2019	12:00:00	1.39	0.13	0.14
94	2019	Agosto	12/10/2019	15:00:00	2.07	0.37	0.59
95	2019	Agosto	12/10/2019	18:00:00	2.85	0.09	0.97
96	2019	Agosto	12/10/2019	21:00:00	2.90	0.08	0.98
97	2019	Agosto	13/10/2019	00:00:00	1.83	0.31	0.41
98	2019	Agosto	13/10/2019	03:00:00	1.55	0.19	0.22
99	2019	Agosto	13/10/2019	06:00:00	1.53	0.18	0.21
100	2019	Agosto	13/10/2019	09:00:00	1.54	0.19	0.22
101	2019	Agosto	13/10/2019	12:00:00	1.63	0.23	0.27
102	2019	Agosto	13/10/2019	15:00:00	2.58	0.22	0.90
103	2019	Agosto	13/10/2019	18:00:00	3.89	0.00	1.00
104	2019	Agosto	13/10/2019	21:00:00	3.53	0.00	1.00
105	2019	Agosto	14/10/2019	00:00:00	1.97	0.35	0.51
106	2019	Agosto	14/10/2019	03:00:00	1.69	0.25	0.30
107	2019	Agosto	14/10/2019	06:00:00	1.69	0.25	0.31
108	2019	Agosto	14/10/2019	09:00:00	1.52	0.18	0.21
109	2019	Agosto	14/10/2019	12:00:00	1.58	0.21	0.24
110	2019	Agosto	14/10/2019	15:00:00	2.46	0.28	0.85
111	2019	Agosto	14/10/2019	18:00:00	3.12	0.02	1.00
112	2019	Agosto	14/10/2019	21:00:00	3.04	0.04	0.99
113	2019	Agosto	15/10/2019	00:00:00	1.97	0.35	0.51
114	2019	Agosto	15/10/2019	03:00:00	1.58	0.21	0.24
115	2019	Agosto	15/10/2019	06:00:00	1.47	0.16	0.18
116	2019	Agosto	15/10/2019	09:00:00	1.33	0.11	0.12
117	2019	Agosto	15/10/2019	12:00:00	1.51	0.18	0.20
118	2019	Agosto	15/10/2019	15:00:00	1.97	0.35	0.51
119	2019	Agosto	15/10/2019	18:00:00	2.87	0.08	0.98
120	2019	Agosto	15/10/2019	21:00:00	2.94	0.06	0.99
121	2019	Agosto	16/10/2019	00:00:00	1.57	0.20	0.23
122	2019	Agosto	16/10/2019	03:00:00	1.27	0.09	0.10
123	2019	Agosto	16/10/2019	06:00:00	1.08	0.05	0.05
124	2019	Agosto	16/10/2019	09:00:00	1.18	0.07	0.07

125	2019	Agosto	16/10/2019	12:00:00	1.29	0.10	0.11
126	2019	Agosto	16/10/2019	15:00:00	1.87	0.32	0.44
127	2019	Agosto	16/10/2019	18:00:00	2.68	0.17	0.94
128	2019	Agosto	16/10/2019	21:00:00	2.86	0.09	0.98
129	2019	Agosto	17/10/2019	00:00:00	1.65	0.24	0.28
130	2019	Agosto	17/10/2019	03:00:00	1.38	0.13	0.14
131	2019	Agosto	17/10/2019	06:00:00	1.19	0.07	0.08
132	2019	Agosto	17/10/2019	09:00:00	1.23	0.08	0.09
133	2019	Agosto	17/10/2019	12:00:00	1.32	0.11	0.12
134	2019	Agosto	17/10/2019	15:00:00	1.90	0.33	0.46
135	2019	Agosto	17/10/2019	18:00:00	2.75	0.13	0.96
136	2019	Agosto	17/10/2019	21:00:00	2.98	0.05	0.99
137	2019	Agosto	18/10/2019	00:00:00	1.58	0.21	0.24
138	2019	Agosto	18/10/2019	03:00:00	1.37	0.13	0.14
139	2019	Agosto	18/10/2019	06:00:00	1.22	0.08	0.08
140	2019	Agosto	18/10/2019	09:00:00	1.32	0.11	0.12
141	2019	Agosto	18/10/2019	12:00:00	1.36	0.12	0.13
142	2019	Agosto	18/10/2019	15:00:00	1.85	0.31	0.42
143	2019	Agosto	18/10/2019	18:00:00	2.70	0.16	0.94
144	2019	Agosto	18/10/2019	21:00:00	3.01	0.04	0.99
145	2019	Agosto	19/10/2019	00:00:00	1.80	0.30	0.38
146	2019	Agosto	19/10/2019	03:00:00	1.53	0.18	0.21
147	2019	Agosto	19/10/2019	06:00:00	1.40	0.14	0.15
148	2019	Agosto	19/10/2019	09:00:00	1.44	0.15	0.16
149	2019	Agosto	19/10/2019	12:00:00	1.48	0.17	0.19
150	2019	Agosto	19/10/2019	15:00:00	2.07	0.37	0.59
151	2019	Agosto	19/10/2019	18:00:00	2.65	0.19	0.93
152	2019	Agosto	19/10/2019	21:00:00	2.59	0.22	0.91
153	2019	Agosto	20/10/2019	00:00:00	1.65	0.24	0.28
154	2019	Agosto	20/10/2019	03:00:00	1.55	0.19	0.22
155	2019	Agosto	20/10/2019	06:00:00	1.36	0.12	0.13
156	2019	Agosto	20/10/2019	09:00:00	1.39	0.13	0.14

157	2019	Agosto	20/10/2019	12:00:00	1.47	0.16	0.18
158	2019	Agosto	20/10/2019	15:00:00	2.05	0.36	0.58
159	2019	Agosto	20/10/2019	18:00:00	2.81	0.11	0.97
160	2019	Agosto	20/10/2019	21:00:00	2.74	0.14	0.95
161	2019	Agosto	21/10/2019	00:00:00	1.78	0.29	0.37
162	2019	Agosto	21/10/2019	03:00:00	1.60	0.21	0.25
163	2019	Agosto	21/10/2019	06:00:00	1.54	0.19	0.21
164	2019	Agosto	21/10/2019	09:00:00	1.56	0.20	0.23
165	2019	Agosto	21/10/2019	12:00:00	1.43	0.15	0.16
166	2019	Agosto	21/10/2019	15:00:00	1.96	0.35	0.51
167	2019	Agosto	21/10/2019	18:00:00	2.34	0.33	0.78
168	2019	Agosto	21/10/2019	21:00:00	1.94	0.34	0.49
169	2019	Agosto	22/10/2019	00:00:00	1.47	0.16	0.18
170	2019	Agosto	22/10/2019	03:00:00	1.45	0.15	0.17
171	2019	Agosto	22/10/2019	06:00:00	1.40	0.13	0.15
172	2019	Agosto	22/10/2019	09:00:00	1.44	0.15	0.16
173	2019	Agosto	22/10/2019	12:00:00	1.52	0.18	0.21
174	2019	Agosto	22/10/2019	15:00:00	2.12	0.37	0.63
175	2019	Agosto	22/10/2019	18:00:00	2.98	0.05	0.99
176	2019	Agosto	22/10/2019	21:00:00	2.82	0.10	0.97
177	2019	Agosto	23/10/2019	00:00:00	1.78	0.29	0.37
178	2019	Agosto	23/10/2019	03:00:00	1.58	0.21	0.24
179	2019	Agosto	23/10/2019	06:00:00	1.61	0.22	0.26
180	2019	Agosto	23/10/2019	09:00:00	1.76	0.28	0.35
181	2019	Agosto	23/10/2019	12:00:00	1.78	0.29	0.37
182	2019	Agosto	23/10/2019	15:00:00	2.61	0.21	0.92
183	2019	Agosto	23/10/2019	18:00:00	2.96	0.06	0.99
184	2019	Agosto	23/10/2019	21:00:00	2.82	0.10	0.97
185	2019	Agosto	24/10/2019	00:00:00	1.63	0.23	0.27
186	2019	Agosto	24/10/2019	03:00:00	1.71	0.26	0.32
187	2019	Agosto	24/10/2019	06:00:00	1.62	0.23	0.26
188	2019	Agosto	24/10/2019	09:00:00	1.64	0.23	0.27

189	2019	Agosto	24/10/2019	12:00:00	1.67	0.25	0.29
190	2019	Agosto	24/10/2019	15:00:00	2.19	0.36	0.68
191	2019	Agosto	24/10/2019	18:00:00	2.76	0.13	0.96
192	2019	Agosto	24/10/2019	21:00:00	2.65	0.19	0.93
193	2019	Agosto	25/10/2019	00:00:00	1.59	0.21	0.24
194	2019	Agosto	25/10/2019	03:00:00	1.49	0.17	0.19
195	2019	Agosto	25/10/2019	06:00:00	1.32	0.11	0.12
196	2019	Agosto	25/10/2019	09:00:00	1.37	0.13	0.14
197	2019	Agosto	25/10/2019	12:00:00	1.48	0.16	0.18
198	2019	Agosto	25/10/2019	15:00:00	2.00	0.36	0.54
199	2019	Agosto	25/10/2019	18:00:00	2.79	0.12	0.96
200	2019	Agosto	25/10/2019	21:00:00	2.38	0.31	0.81
201	2019	Agosto	26/10/2019	00:00:00	1.48	0.17	0.19
202	2019	Agosto	26/10/2019	03:00:00	1.31	0.10	0.11
203	2019	Agosto	26/10/2019	06:00:00	1.46	0.16	0.17
204	2019	Agosto	26/10/2019	09:00:00	1.48	0.17	0.18
205	2019	Agosto	26/10/2019	12:00:00	1.61	0.22	0.25
206	2019	Agosto	26/10/2019	15:00:00	2.09	0.37	0.61
207	2019	Agosto	26/10/2019	18:00:00	2.78	0.12	0.96
208	2019	Agosto	26/10/2019	21:00:00	2.77	0.13	0.96
209	2019	Agosto	27/10/2019	00:00:00	1.80	0.30	0.38
210	2019	Agosto	27/10/2019	03:00:00	1.60	0.22	0.25
211	2019	Agosto	27/10/2019	06:00:00	1.65	0.24	0.28
212	2019	Agosto	27/10/2019	09:00:00	1.69	0.25	0.30
213	2019	Agosto	27/10/2019	12:00:00	1.71	0.26	0.32
214	2019	Agosto	27/10/2019	15:00:00	2.37	0.32	0.80
215	2019	Agosto	27/10/2019	18:00:00	2.96	0.06	0.99
216	2019	Agosto	27/10/2019	21:00:00	2.86	0.09	0.98
217	2019	Agosto	28/10/2019	00:00:00	1.86	0.32	0.43
218	2019	Agosto	28/10/2019	03:00:00	1.62	0.22	0.26
219	2019	Agosto	28/10/2019	06:00:00	1.67	0.24	0.29
220	2019	Agosto	28/10/2019	09:00:00	1.67	0.25	0.29

221	2019	Agosto	28/10/2019	12:00:00	1.57	0.20	0.23
222	2019	Agosto	28/10/2019	15:00:00	2.46	0.28	0.85
223	2019	Agosto	28/10/2019	18:00:00	2.90	0.08	0.98
224	2019	Agosto	28/10/2019	21:00:00	2.56	0.23	0.90
225	2019	Agosto	29/10/2019	00:00:00	1.88	0.33	0.44
226	2019	Agosto	29/10/2019	03:00:00	1.67	0.25	0.29
227	2019	Agosto	29/10/2019	06:00:00	1.58	0.21	0.24
228	2019	Agosto	29/10/2019	09:00:00	1.55	0.19	0.22
229	2019	Agosto	29/10/2019	12:00:00	1.55	0.20	0.22
230	2019	Agosto	29/10/2019	15:00:00	2.25	0.35	0.73
231	2019	Agosto	29/10/2019	18:00:00	2.88	0.08	0.98
232	2019	Agosto	29/10/2019	21:00:00	2.74	0.14	0.95
233	2019	Agosto	30/10/2019	00:00:00	1.65	0.24	0.28
234	2019	Agosto	30/10/2019	03:00:00	1.48	0.17	0.18
235	2019	Agosto	30/10/2019	06:00:00	1.33	0.11	0.12
236	2019	Agosto	30/10/2019	09:00:00	1.30	0.10	0.11
237	2019	Agosto	30/10/2019	12:00:00	1.35	0.12	0.13
238	2019	Agosto	30/10/2019	15:00:00	2.04	0.36	0.57
239	2019	Agosto	30/10/2019	18:00:00	2.90	0.08	0.98
240	2019	Agosto	30/10/2019	21:00:00	2.77	0.13	0.96
241	2019	Agosto	31/10/2019	00:00:00	1.51	0.18	0.20
242	2019	Agosto	31/10/2019	03:00:00	1.47	0.16	0.18
243	2019	Agosto	31/10/2019	06:00:00	1.35	0.12	0.13
244	2019	Agosto	31/10/2019	09:00:00	1.29	0.10	0.11
245	2019	Agosto	31/10/2019	12:00:00	1.30	0.10	0.11
246	2019	Agosto	31/10/2019	15:00:00	2.00	0.36	0.53
247	2019	Agosto	31/10/2019	18:00:00	2.94	0.06	0.99
248	2019	Agosto	31/10/2019	21:00:00	2.90	0.08	0.98

---

*Fuente. Elaboración propia con datos de la NASA.*

## ANEXO B. Datos técnico el generador eólico.



### ● Product Features

- 1、 Low start up wind speed, high wind energy utilization; beautiful appearance, low vibration operation, low noise.
- 2、 Being installed by human design and easy for installation, maintenance and repair.
- 3、 Being molded through precise injection new process, together with the optimized design of aerodynamic contour and structure, high utilization of wind energy which contributes to the annual energy output.
- 4、 Our generators, adopting patented permanent magnet rotor alternator, with a special kind of stator design, efficiently decrease resistance torque of the generators which is only a quarter of normal generator. Meanwhile, wind turbine and generator could work together much better and more reliably.

### ● Tech Data

Model	NE-600	NE-800	NE-1000
Rated power	600w	800w	1000w
Start-up wind speed	2.1m/s	2.2m/s	2.3m/s
Rated wind speed	11m/s	11m/s	12m/s
Survival wind speed	45m/s	45m/s	45m/s
Top net weight	18kg	20kg	22kg
wind wheel diameter	1.9m	1.9m	2.2m
Rated voltage	12V/24V	24V/48V	24V/48V
Number of blades	3/5		
Blades material	Nylon fiber		
Generator type	Three phase permanent magnet ac synchronous generator		
Control system	Electromagnet / wind wheel yaw		
Speed regulation	Automatically adjust windward direction		
Lubrication way	Lubrication grease		
Working temperature	-40℃-80℃		

Remarks: above data are for sales reference, not as part of contract, the company reserves the right to make changes without any further notice.

The forces of nature,  
leads to new course of energy

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MINI AEROGENERADOR  
EÓLICO ZONHAN NE 600**

Aerogenerador liviano de un avanzado diseño. Con sus tres aspas de fibra de nylon y su generador síncrono de imanes permanentes este aerogenerador ofrece un arranque con vientos moderados de solo 2.1m/s

Peso	18 Kg
Voltaje	24 V
Potencia	600 W
Origen	China
Aspas	3
Diámetro	1,9 m
Velocidad	2,1 m/s – 45 m/s
Material	Fibra de vidrio / Aluminio
Dirección web	<a href="https://proviento.com.ec/aerogeneradores/69-aerogenerador-600w24vdc.html">https://proviento.com.ec/aerogeneradores/69-aerogenerador-600w24vdc.html</a>



## NEXO C. Datos técnicos del controlador de voltaje.



### Controladores de carga SmartSolar con interfaz VE.Can MPPT 250/70 VE.Can hasta MPPT 250/100 VE.Can



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 250/100-Tr-VE.Can  
con pantalla conectable opcional



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 250/100-Tr-VE.Can  
sin pantalla



Sensor Bluetooth:  
Smart Battery Sense



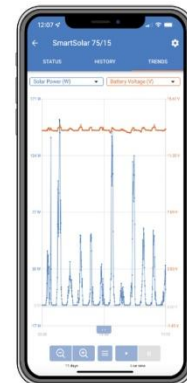
Sensor Bluetooth:  
Monitor de baterías BMW-712 Smart



Sensor Bluetooth: SmartShunt



Pantalla enchufable SmartSolar



#### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30 %, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10 % en comparación con controladores MPPT más lentos.

#### Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

#### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 99 %.

#### Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

#### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

#### Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

#### Sensor de temperatura interno y sensor opcional externo de tensión, temperatura y corriente de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense, un monitor de baterías BMW-712 Smart o un SmartShunt para comunicar la tensión y la temperatura de la batería (y la corriente, en caso de un BMW-712 o SmartShunt) a uno o más controladores de carga SmartSolar.

#### VE.Direct o VE.Can

Para una conexión de datos con cable a un panel Color Control GX, otros productos GX, un PC u otros dispositivos.

#### Carga en paralelo sincronizada con VE.Can o Bluetooth

Se pueden sincronizar hasta 25 unidades con VE.Can y hasta 10 unidades con Bluetooth.

#### Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

#### VE.Can: la solución de controlador múltiple

Con VE.Can se pueden sincronizar hasta 25 unidades.

#### On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

#### Relé programable

Puede programarse para programar una alarma, u otros eventos.

#### Opcional: Pantalla LCD conectable SmartSolar

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar con interfaz VE.Can.	250/70	250/85	250/100
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48 V (36 V manual)		
Corriente de carga nominal	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 36 V 1a,b)	3000 W	3600 W	4350 W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35 A (máx. 30 A por conector MC4)	70 A (máx. 30 A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 V en arranque y funcionando al máximo		
Eficacia máxima	99 %		
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulable)		
Tensión de carga de "ecualización"	Algoritmo de carga adaptativa multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protección	Polaridad inversa FV/Cortocircuito de salida/Sobretensión		
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Comunicación de datos	VE.Can, VE.Direct y Bluetooth		
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)		
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA: 240 VCA / 4 A Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí, funcionamiento sincronizado en paralelo con VE.Can (máx. 25 unidades) o Bluetooth (máx. 10 unidades)		
<b>CARCASA</b>			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales FV 3)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr), Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm <sup>2</sup> / AWG2		
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		
Peso	3 kg	4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
<b>NORMAS</b>			
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
<b>TENDENCIAS GUARDADAS</b>			
Datos guardados	Tensión, corriente y temperatura de la batería, además de corriente de salida de carga, tensión FV y corriente FV.		
Número de días durante los que se guardan los datos de tendencias	46		
<p>1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.  1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5 V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.  2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador.  3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares  Corriente máxima por conector MC4: 30 A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)</p>			



Con VE.Can, pueden conectarse en cadena hasta 25 controladores de carga y conectarse a su vez a un Color Control GX o a otro dispositivo GX  
Cada Controlador puede supervisarse por separado, por ejemplo, en un Color Control GX y en el sitio web VRM

## Controladores de carga BlueSolar MPPT 100/30 & 100/50

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
MPPT 100/50

### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

### Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

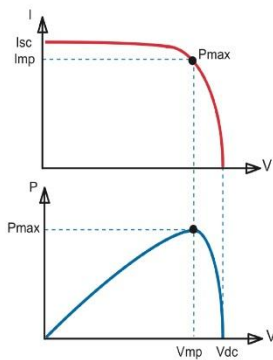
Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



### Seguimiento del punto de potencia máxima

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.




Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	35A	60A
Eficiencia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA	24V: 20 mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)	
Algoritmo de carga	variable multietapas	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95 %, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
<b>CARCASA</b>		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	16mm <sup>2</sup> / AWG6	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3kg	1,3kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70mm	130 x 186 x 70mm
<b>ESTÁNDARES</b>		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada.		
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.		
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador		

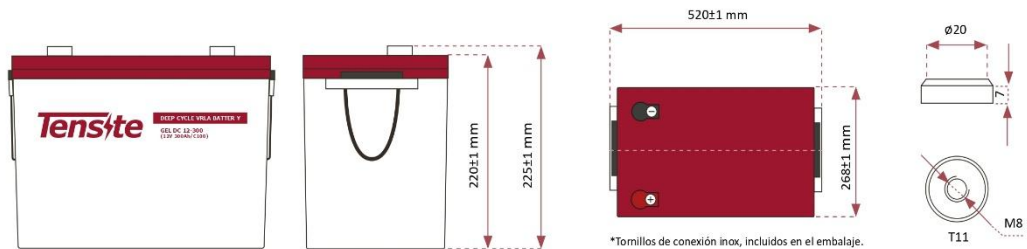
ANEXO D. Datos técnicos de la fuente de almacenamiento de energía.



**CARACTERÍSTICAS**

-  Tamaño compacto ideal para cualquier tipo de uso.
-  Gran rendimiento debido a su ciclo de vida de descarga profunda.
-  Ideado para instalaciones fotovoltaicas.

**DIMENSIONES**



Tensite  
 info@tensite-energy.com  
 www.tensite-energy.com





### BATERÍA DE GEL 12V 300 AH

#### BATERÍA SERIE GEL

Las baterías de la serie GEL incorporan la nueva tecnología CCDR de placa estampada en laminación continua, que permite soportar aplicaciones cíclicas de carga y descarga profundas.

Las baterías utilizan gel de sílice coloidal que inmoviliza el electrolito y elimina la estratificación, diseñadas para una vida útil en flotación de 15 años a 20°C. Cumple con los estándares IEC, BS, JIS y Eurobat.



#### APLICACIÓN

- Sistema de energía de emergencia.
- Equipos de comunicación.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Fuentes de alimentación ininterrumpida.
- Sillas de ruedas eléctricas.
- Juguetes, coches y motos eléctricas.
- Herramientas eléctricas.
- Carros de golf y buggies.
- Equipo marino.
- Equipo médico.
- Sistema de energía solar y eólica.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Sellado de seguridad.
- Tecnología antiderrames.
- Alta densidad de potencia.
- Excelente recuperación de descarga profunda.
- Placas gruesas y materiales altamente activos.
- Mayor vida útil y diseño de baja autodescarga.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

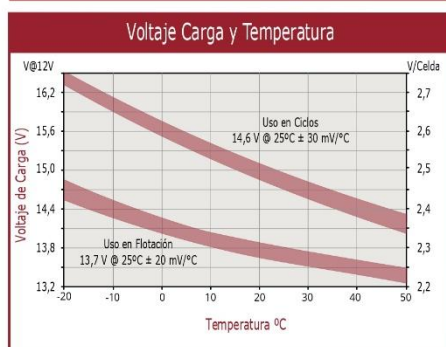
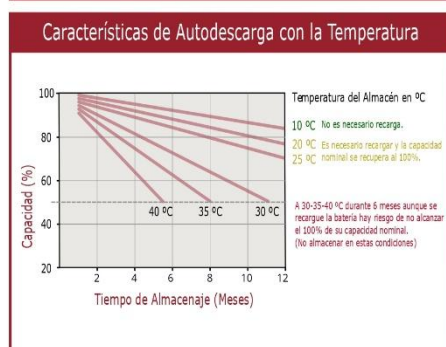
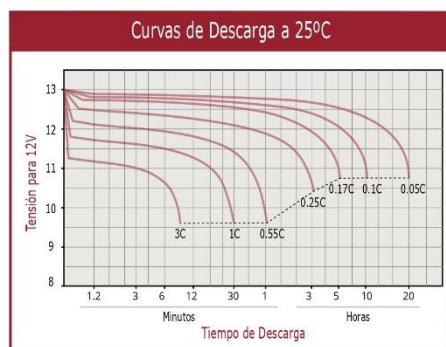
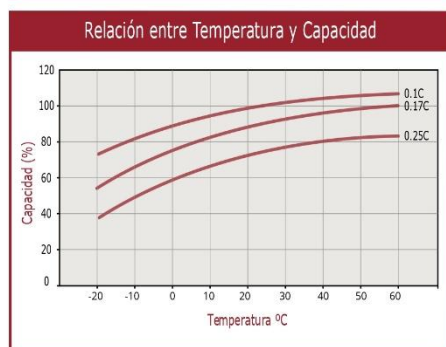
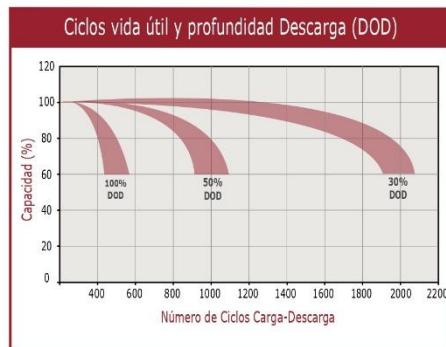
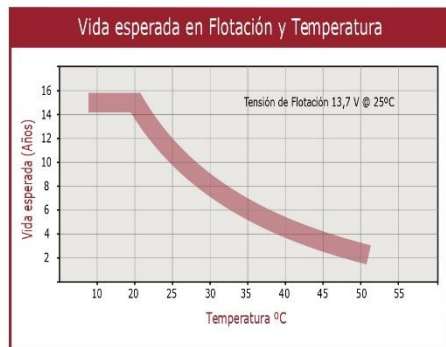
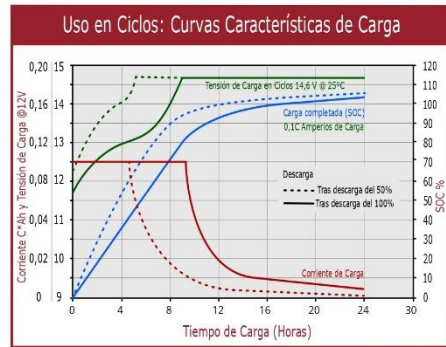
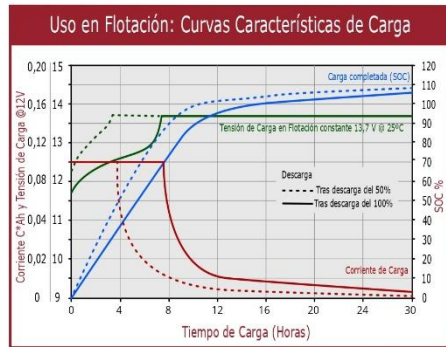
MODELO DE BATERÍA	Voltaje nominal		12 V				
	Capacidad nominal (100 Horas)		300 Ah				
DIMENSIONES	Celdas por batería		6				
	Longitud	Ancho	Altura	Altura total			
PESO APROXIMADO	67 kg ± 3%						
CAPACIDAD @ 25°C	10 horas	5 horas	3 horas	1 hora			
	250 Ah	219 Ah	199 Ah	162 Ah			
CORRIENTE DE DESCARGA MÁXIMA	2500 A (5 seg.)						
CORRIENTE DE CARGA MÁXIMA	75 A						
RESISTENCIA INTERNA	Cargado por completo a 25°C: Aproximadamente 2,0 mΩ						
CAPACIDAD VS TEMPERATURA	40°C	25°C	0°C	-15°C			
	102%	100%	85%	65%			
AUTODESCARGA @ 25°C	Después de 3 meses en almacenamiento		Tras 6 meses	Tras 12 meses			
	91%		82%	64%			
	Rango de Tensión de Carga uso en Ciclos (Bulk)		Rango de Tensión de Carga uso en Flotación (Float)				
MÉTODO DE CARGA @ 25°C	14,30 - 14,60 V		16,60- 13,80 V				
CONSTRUCCIÓN	Envase	Electrolito	Separadores	Positivo	Negativo	Válvula	Terminal
	BS (UL94-HB) / ABS ignífugo (UL94-V0)	Gel tixotrópico de ácido sulfúrico	Polímero macromolecular	Dióxido de plomo	Plomo	EPDR	Cobre

#### TABLA DE DESCARGA DE BATERÍA

FV / TIME		CORRIENTE CONSTANTE (A) Y POTENCIA CONSTANTE (W) TABLA DE DESCARGA A 25°C							
		10 min	15 min	30 min	1 hr	3 hrs	5 hrs	10hrs	20 hrs
1.60	A	560.00	422.10	262.60	184.80	74.10	47.70	26.00	13.63
	W	1044.40	787.20	489.80	344.70	138.20	89.00	48.50	26.80
1.65	A	516.30	404.50	255.60	179.90	72.80	47.00	25.75	13.55
	W	962.80	754.40	476.70	335.40	135.70	87.70	48.00	26.70
1.70	A	525.00	386.90	248.60	174.90	71.40	46.40	25.50	13.38
	W	979.10	721.60	463.60	326.20	133.20	86.40	47.60	26.40
1.75	A	463.80	369.30	241.50	170.00	69.70	45.70	25.25	13.13
	W	864.90	688.80	450.50	317.00	130.00	85.20	47.10	25.90
1.80	A	437.50	351.80	234.50	165.00	68.00	45.00	25.00	13.00
	W	815.90	656.00	437.30	307.70	126.80	83.90	46.60	25.70

**USO EN FLOTACIÓN:** La batería está conectada al cargador de forma continua manteniendo la carga al 100% dispuestas para descargas en momentos puntuales. Es el caso de las alarmas, los sistemas de SAI o UPS, sistemas de respaldo, backup en telecomunicaciones.

**USO EN CICLOS:** La batería se carga y se descarga, repitiendo este ciclo habitualmente. Es el caso de las instalaciones fotovoltaicas de uso residencial (día/noche), los coches eléctricos y en aplicaciones que se consume cuando no hay disponibilidad de carga. El arranque de motores de combustión sería una aplicación que combina ambos tipos de uso.



## ANEXO E. Datos técnicos del inversor eléctrico.



MultiPlus  
24/3000/70



MultiPlus Compact  
12/2000/80

### Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del MultiPlus tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible en modelos con una capacidad nominal de 3kVA o más).

### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000/120, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 720 amperios.

### Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una potencia de salida de 75 kW / 90 kVA y más de 2000 amperios de capacidad de carga.

### PowerControl – Potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El MultiPlus es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 10 A por cada Multi de 5kVA a 230 VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá se hará cargo de otras cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la toma de puerto.

### PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica de la toma de puerto o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

### Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus puede utilizarse en sistemas PV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

### Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

### Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Battery Monitor, Multi Control Panel, Ve.Net Blue Power panel, Color Control panel, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

### Seguimiento y control a distancia

Victron Ethernet Remote, Venus GX y el Color Control Panel.

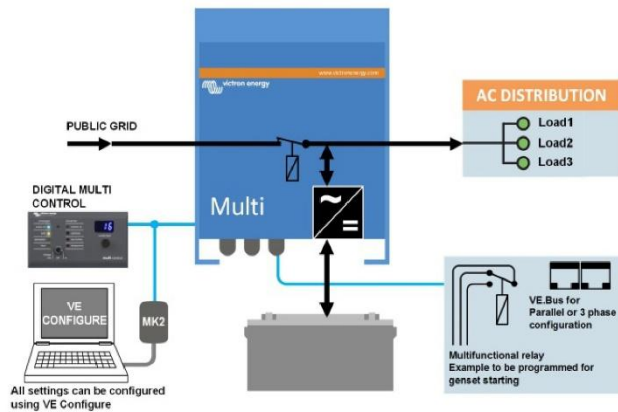
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

### Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un panel Color Control si está conectado a Ethernet.



Panel Color Control con una  
aplicación FV





MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PowerAssist		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 50	100
<b>INVERSOR</b>							
Rango de tensión de entrada (VCC)		9,5 – 17V		19 – 33V	38 – 66V		
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2%			Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	700	1000	1300	1600	2400	4000	
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	650	900	1200	1400	2200	3700	
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	400	600	800	1000	1700	3000	
Pico de potencia (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10,000	
Eficacia máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Consumo en vacío (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	
<b>CARGADOR</b>							
Entrada CA		Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA		Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz		Factor de potencia: 1	
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Tensión de carga de "flotación" (V CC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Modo de almacenamiento (VCC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Corriente de carga batería auxiliar (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corriente de carga de la batería de arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V))					
Sensor de temperatura de la batería		Sí					
<b>GENERAL</b>							
Salida auxiliar (5)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí (16A)	Sí (25A)	
Relé programable (6)		Sí					
Protección (2)		a – g					
Puerto de comunicación VE.Bus		Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema					
Puerto de comunicaciones de uso general	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí	Sí	
On/Off remoto		Sí					
Características comunes		Rango de temp. de trabajo: -40 a + 65°C (refrigerador por aire) Humedad (sin condensación): máx 95%					
<b>CARCASA</b>							
Características comunes		Material y color: aluminio (azul RAL 5012)			Categoría de protección: IP 21		
Conexión de la batería		cables de batería de 1,5 metros		Pernos M8	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA		Conector G-ST18i			Abrazadera de resorte	Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)	
Peso (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensiones (al x an x p en mm.)		375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240	
<b>ESTÁNDARES</b>							
Seguridad		EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1					
Emisiones / Inmunidad		EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3					
Vehículos de carretera		Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4					
Anti-isla		Visite nuestra página web					

1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita

2) Claves de protección:

- a) cortocircuito de salida
- b) sobrecarga
- c) tensión de la batería demasiado alta
- d) tensión de la batería demasiado baja
- e) temperatura demasiado alta
- f) 230 VCA en la salida del inversor
- g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1

4) A 25 ° C de temperatura ambiente

5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible

6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, en alarma general, subtensión CC o señal de arranque/parada del generador

Capacidad nominal CA 230V/4A

Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC



**Panel Digital Multi Control**  
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



**Panel Blue Power**  
Se conecta a un Multi o a un Quattro y a todos los dispositivos VE.Net, en particular al controlador de baterías VE.Net.  
Representación gráfica de corrientes y tensiones.

#### Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



#### Color Control GX

Proporciona monitorización e control, de forma local e remota, no Portal VBM.



#### Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB

Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure\\*](#))



#### Interfaz VE.Bus a NMEA 2000

Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



#### Monitor de baterías BMV-700

El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar con exactitud el estado de la carga de la batería. El BMV-700 muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

## ANEXO F. Datos técnicos de equipos de protección eléctrica.

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## miniature circuit breaker - C60H - 2 poles - 50 A - C curve

A9N61538

### Principal

<b>Gama</b>	Acti9
<b>Nombre Del Producto</b>	Acti 9 C60NA-DC
<b>Tipo De Producto O Componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>Nombre Abreviado Del Equipo</b>	C60H-DC
<b>Función</b>	Para corriente > 0,1 A
<b>Número De Polos</b>	2P
<b>Número De Polos Protegidos</b>	2
<b>[In] Corriente Nominal</b>	50 A en 25 °C
<b>Tipo De Red</b>	Corriente continua
<b>Tecnología De Unidad De Disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código De Curva</b>	C
<b>Capacidad De Corte</b>	10 kA Icu en 440 V corriente continua acorde a HB1 10 kA Icu en 440 V corriente continua acorde a En> 50 A 6 kA Icu en 500 V corriente continua acorde a HB1 6 kA Icu en 500 V corriente continua acorde a En> 50 A 20 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a GB 14048.2 20 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a En> 50 A 20 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a GB 14048.2 20 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a En> 50 A
<b>Categoría De Empleo</b>	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En> 50 A
<b>Poder De Seccionamiento</b>	Si acorde a En> 50 A Si acorde a HB1

### Complementario

<b>Frecuencia De Red</b>	50/60 Hz
<b>[Ue] Tensión Nominal De Empleo</b>	500 V corriente continua
<b>[Ics] Poder De Corte En Servicio</b>	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a En> 50 A - 220 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a HB1 - 250 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a En> 50 A - 250 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 500 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 500 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 440 V corriente continua
<b>[Ui] Tensión Nominal De Aislamiento</b>	500 V corriente continua acorde a En> 50 A 500 V corriente continua acorde a HB1
<b>[Uimp] Resistencia A Picos De Tensión</b>	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
<b>Indicador De Posición Del Contacto</b>	Sí

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios



# Hoja de características del producto

Especificaciones



Limitador de sobrtensiones transitorias tipo 1+2; Acti9 iPRD1; 3P; 12;5r; 350V

A9L16382

## Principal

Range Of Product	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 iPRE
Tipo De Producto O Componente	Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable
Nombre Abreviado Del Equipo	iPRD1 12.5
Función	Para corriente > 0,1 A
Normas	EN 61643-11:2012 IEC 61643-11:2011
Etiquetas De Calidad	CE EAC VDE
Número De Polos	3P
Señalización Remota	Donde
Composición De Contactos De Señalización	1 SD (1 C/O)
Tipo De Limitador De Sobretensiones	Red de distribución eléctrica
Sistema De Conexión A Tierra	TN-C

## Complementario

Tipo Y Clase De Limitador De Sobretensiones	Tipo 1 + 2
Tecnología De Limitador De Sobretensiones	MOV + GDT
[Ue] Tensión Nominal De Empleo	230/400 V AC - tipo de cable: +/- 10 %) en 50...60 Hz
[In] Nominal Discharge Current	20 kA
[Imax] Maximum Discharge Current	50 kA
[Iimp] Intensidad De Impulso	Modo común, estado 1 12,5 kA L/PE
[Uc] Tensión De Funcionamiento Máxima Continua	Modo común, estado 1 350 V L/PE
[Up] Nivel De Protección De Tensión	<1,5 kV tipo 1 + 2
Corriente Residual	0,9 mA L/PE
[Ut] Sobretensión Temporal	442 V L/PE 120 min mantenido 1455 V L/PE 200 ms modo de falla segura
Tipo De Dispositivo Seccionador	Fusible asociado gG 160 A 120 kA estándar Interruptor automático asociado Compact NSX160E 80 A 25 kA estándar
Señalizaciones En Local	Operando, estado 1 indicador mecánico (blanco) Fin de la vida, estado 1 indicador mecánico (rojo)
Modo De Montaje	Ajustable en clip - tipo de cable: carril DIN)

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

ANEXO G. Diagrama multifilar del sistema eólico autónomo.

