



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Análisis de parámetros técnicos y económicos de un sistema de generación eólica para suministrar energía eléctrica a los caseríos de Chilca y Purucuta-Huaraz.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Macedo Clemente, Frank Alexis (ORCID: 0000-0001-7688-4891)

ASESOR:

Ing. Julca Verastegui Luis (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LINEA DE INVESTIGACION:

Generación, Transmisión y Distribución

TRUJILLO – PERU

2019

DEDICATORIA.

A Dios por guiarme siempre por el camino del bien, e iluminar con su luz y bendición.

A mis padres, Vicente Macedo y María Clemente, que siempre fueron el impulso y me brindaron su apoyo incondicional para terminar con éxito esta carrera profesional.

AGRADECIMIENTO.

Agradecer a Dios por acompañarme y derramar sus bendiciones a lo largo de mi carrera profesional, y servirme de guía para poder llegar a cumplir mis metas día tras día.

A la Universidad Cesar Vallejo, por brindarme todas las facilidades para mi formación profesional.

Al ingeniero Luis Julca Verastegui, por el tiempo brindado, esfuerzo y dedicación, quien me impartió su experiencia, conocimiento, paciencia para así concluir con éxito mi carrera profesional.

A mis queridos padres y a mi pequeña hermana por brindarme su apoyo y ser el motivo que me impulso para la realización y culminación de este proyecto.

Para ellos, muchas gracias y que Dios derrame sus bendiciones siempre.

ÍNDICE:

Carátula	1
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
Declaratoria de autenticidad.	5
Presentación	6
Resumen	8
Abstrac	9
I. Introducción.	10
1.1 Realidad problemática.	10
1.2 Trabajos previos.	11
1.3 Teorías relacionadas al tema.	12
1.4 Formulación del problema.	37
1.5 Justificación del estudio.	37
1.6 Hipótesis.	37
1.7 Objetivos.	38
1.7.1 General.	38
1.7.2 Específicos.	38
II. Método	39
2.1 Diseño de la investigación.	39
2.2 Variables y operacionalización.	40
2.3 Población y muestra.	43
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.	43
2.5 Método de análisis de datos.	43
III. Resultados	45
IV. Discusión.	61
V. Conclusiones	62
VI. Recomendaciones	63
VII. Propuesta.	64
Bibliografía	65
Anexos	66
Encuesta	86

RESUMEN

El siguiente proyecto se realizó con el fin de analizar los parámetros técnicos y económicos y ver la viabilidad de un sistema de generación eólica para así poder suministrar de energía eléctrica a los caseríos de Chilca y Purucuta, que se encuentran ubicados a 7.5 km de la zona céntrica de la ciudad de Huaraz, obteniendo una población beneficiaria de 150 viviendas, utilizando energía renovable, como es el viento.

Después de los cálculos realizados y obteniendo los parámetros de diseño se obtuvo como resultado los siguientes valores:

Tipo de perfil: Naca 4412

Radio de turbina: 18.70 m teórico, el cual mediante fichas técnicas del aerogenerador ADES resulto de 12.5 m estandarizado. (ver tabla N° 8)

Altura de torre: 38.17 teórico, estandarizando el valor al tipo de aerogenerador seleccionado obtenemos el valor de 25 m. (ver tabla N° 8)

Número de alabes: 3

Angulo de flujo de 5.42

Área de barrido: 549.2917 m² teórico, el cual con el aerogenerador seleccionado toma el valor de 600 m². (ver tabla N° 8)

Velocidad angular: 2.075

Reynolds: $9 * 10^6$

RPM: 19.8147

De todo el conjunto del sistema de generación eólica, se optó por la viabilidad del sistema de generación a través de una turbina eólica de la marca ADES con una potencia de 60 KW. (ver tabla N° 8)

Después de la evaluación económica, se obtuvo los siguientes valores:

VAN: 12 444.590, TIR: 110%, PRI: 1.39 años.

Número de años evaluados 20.

Según los parámetros obtenidos el sistema de generación es viable, y se puede llegar a ejecutar, debido a que la zona cuenta con el potencial eólico.

PALABRAS CLAVE: ENERGIA, EOLICA, GENERACION, ELECTRICIDAD.

ABSTRACT

The following project was carried out in order to analyze the technical and economic parameters and see the feasibility of a wind power generation system to supply electricity to the Chilca and Purucuta villages, which are located 7.5 km from the area. Downtown of the city of Huaraz, obtaining a beneficiary population of 150 homes, using renewable energy, such as wind.

After the calculations made and obtaining the design parameters, the following values were obtained:

Profile type: Naca 4412

Turbine radius: theoretical 18.70 m, which through technical sheets of the ADES wind turbine resulted in standardized 12.5 m. (see table N ° 8)

Tower height: theoretical 38.17, standardizing the value to the selected wind turbine type, we obtain the value of 25 m. (see table N ° 8)

Number of blades: 3

Flow angle of 5.42

Sweeping area: 549.2917 theoretical m², which with the selected wind turbine takes the value of 600 m². (see table N ° 8)

Angular speed: 2.075

Reynolds: 9×10^6

RPM: 19.8147

From the entire wind generation system, the viability of the generation system was chosen through a wind turbine of the ADES brand with a power of 60 KW. (see table N ° 8)

After the economic evaluation, the following values were obtained:

VAN: 12444.590, TIR: 110%, PRI: 1.39 years.

Number of years evaluated 20. According to the parameters obtained, the generation system is viable, and it can be executed, because the area has the wind potential

KEYWORDS: ENERGY, WIND, GENERATION, ELECTRICITY.

I. Introducción:

1.1 Realidad problemática:

La energía eléctrica a través de los años se llegó a producir a partir de combustibles, generando gran contaminación y contribuyendo al cambio climático y efecto invernadero, debido a esto, se plantearon varias ideas de poder generar energía eléctrica limpia.

Mediante los avances tecnológicos, aparecieron las turbinas eólicas, que aprovechan la energía cinética del viento, y la convierten en un tipo de energía eléctrica.

La energía eólica es una opción de energía renovable y mediante ella podemos generar energía eléctrica, mediante el aprovechamiento del recurso eólico se puede llegar a suministrar de electricidad a zonas alejadas en nuestro país, como son las denominadas zonas rurales.

En la ciudad de Huaraz, existen poblaciones aisladas de la ciudad, las cuales no cuentan con el servicio de electricidad, esto debido a que las subestaciones que suministran energía eléctrica están alejadas de estos pueblos, esto hace que el monto de inversión para la electrificación de estos pueblos no sea factible.

Chilca y Purucuta, son caseríos situados a 7.5 km de la ciudad de Huaraz, Chilca con coordenadas $9^{\circ}35'25.39''S - 77^{\circ}32'15.98''O$ y Purucuta de coordenadas $9^{\circ}35'32.20''S - 77^{\circ}32'15.98''O$, con una separación de 1 km entre ellos, estos caseríos tienen la necesidad de contar con energía eléctrica, ya que cuentan con una población beneficiaria de 150 lotes, por lo tanto se realizara un análisis de parámetros técnicos y económicos de un sistema de generación eólica y ver la viabilidad de suministrar energía eléctrica a estos caseríos, los cuales cuentan con el recurso eólico que no es aprovechado según el atlas eólico del Perú publicado en el año 2008, Fuente: (MINEM, 2008) y aportar en el desarrollo sostenible mediante energía renovable y así mejorar la calidad de vida de su población.

1.2 Trabajos previos:

(León Plasencia Luisin, 2015) En la tesis titulada “Estudio para la selección de un generador eólico y su influencia en la reducción de los costos de facturación de energía eléctrica en el mercado de abastos de la municipalidad distrital de Chilete, provincia de Contumazá, departamento Cajamarca”, se determina costos de facturación actuales, se calculó la máxima demanda total del mercado de acuerdo con el artefacto que contenía cada establecimiento comercial, obteniendo una demanda de 43.53 KW.

Así mismo se obtuvo datos de la velocidad del viento de la institución SENAMHI, brindando una información completa por el intervalo de dos años (2014-2015), obteniendo como dato que la velocidad del viento promedio a una altura de 3.5 m es de 2.37 m/s. Luego se aplicó la fórmula de la ley exponencial de Helimann se encontró el lugar para la instalación del generador eólico.

Se selecciono un generador eólico de marca AEOLOS modelo Aeolos – H60 KW, el cual satisfacerla la demanda eléctrica del mercado de Abastos.

Dentro del diseño se implementó equipos de protección para el generador, para las descargas atmosféricas se seleccionó un pararrayo tipo Franklin Tetra puntales, que descarga en un pozo de puesta a tierra diseñado con dos varillas copperweld, la cual mantiene una resistividad de 23.5 Ω .

Se determino la situación económica de la investigación, obteniéndose como resultado la viabilidad del proyecto, con retorno a la inversión en un periodo de un año.

(Mirko, 2015) En la tesis titulada “Estudio técnico y económico de la instalación de aerogeneradores para suministrar energía eléctrica a las viviendas del centro poblado Playa blanca – Piura.” Se concluye la viabilidad del proyecto con la instalación de 3 aerogeneradores de 5 KW de potencia unitaria con una inversión de 336066 nuevos soles.

Se realizo estudios para establecer la velocidad del viento, obteniendo como resultado una velocidad de 8.6 m/s a 15 metros de altura en el centro poblado de Playa Blanca.

Se determino la máxima demanda de potencia, obteniéndose 15 KW.

Se realizo el diseño y dimensionamiento de todos los componentes del generador, torre, alabes, rotor, y equipos electrónicos, utilizando el software SolidWorks.

Dentro del análisis económico se determinó el costo de fabricación, transporte e instalación del parque eólico de 15 KW, obteniendo un costo de 123383 nuevos soles, con un aproximado de la electrificación de 212683.36 nuevos soles con un retorno a la inversión de 6.3 años sin financiamiento.

Se determino el costo unitario de energía eléctrica para venta en 0.57 NS/KWh.

(Herrada Chira, 2014) En la tesis “ Análisis técnico – económico para la instalación de un parque eólico en el distrito de Eten – Chiclayo – Lambayeque.” tiene como uno de sus objetivos la realización del análisis de parámetros técnicos y económico para la instalación de un parque eólico en el Distrito de Etén-Chiclayo - Lambayeque donde , realizo diversas investigaciones a documentos de estudios antes realizados para encontrar un valor promedio de la velocidad del viento en Puerto Etén, además realizo diversas mediciones haciendo uso del anemómetro digital, obteniendo resultados de 6.6 m/s y de 7.5 m/s, obtenidos esos valores, estimo la potencia eólica disponible en la zona de investigación, dando como resultado,1.7 MW para cada aerogenerador del parque eólico en estudio, el cual llegaría a producir una potencia de 63.89 Gw en un año. Después de haber concluido con el análisis del proyecto, recomienda que es de gran importancia seguir el trabajo de investigación de estos tipos de turbinas eólicas, ya que nuestro país posee esa diversidad de potencial en lo largo de nuestro litoral costero.

1.3 Teorías relacionadas al tema:

El aerogenerador.

Un aerogenerador, es el encargado de convertir la energía cinética que es producida por una corriente de viento, en energía mecánica, los sistemas principales de un aerogenerador son:

- **Sistema de captación.**

Rotor: Es la parte de la encargada de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, está compuesto por las palas y el buje.

Palas: Extensiones de la turbina las cuales captan la energía del viento, y transmiten su potencia al buje, pueden ser de dos tipos:

De paso fijo: Con posición fija, cuando los valores de energía captadas son excesivos, los perfiles de las palas entran en pérdidas aerodinámicas llegando a generar flujos de viento turbulentos que se mantienen dentro de algunos intervalos de energía extraída.

De Paso variable: Modifican su posición, haciendo que el ángulo que se forma entre la corriente del aire y el perfil de la pala sean incidentes en la misma.

Buje: es la parte circular donde se da la unión de las palas con el eje lento, esta acoplado con el eje de baja velocidad del aerogenerador.

- **Sistema de transmisión.**

Eje lento: sirve para la conexión entre el buje del rotor y el multiplicador, por dentro cuenta con sistemas hidráulicos o eléctricos que cumplen la función de accionar el sistema de frenado aerodinámico, del paso variable y de sensores de seguridad.

Multiplicador: Consta con un conjunto de engranes, consiguiendo así que el eje de salida o llamado eje de alta velocidad mantenga

un giro de mayor frecuencia a comparación del eje de entrada, en un rango de entre 50 a 80 veces más rápido.

Eje de alta velocidad: El giro de este eje es aproximadamente de 1500 revoluciones por minuto (r.p.m.), y se mantiene unido al generador eléctrico este eje también cuenta con un sistema de seguridad la cual está compuesta por un freno de disco mecánico de emergencia.

- **Sistema de orientación.**

Motores de giro: Existe un mecanismo que posicione al aerogenerador frente al viento, este movimiento circular es proporcionado por motores y reductores fijos a la góndola que están engranados en la parte superior de la torre, conocida como corona de orientación.

Recibe la señal de posicionamiento mediante la señal que envía el controlador de la turbina, a partir de diversas lecturas, ya sea del anemómetro o la veleta instalados en el aerogenerador.

Freno en orientación: Es el encargado de evitar desplazamientos radiales no deseados en la góndola del aerogenerador, ya sea por el efecto de la corriente del viento que recae sobre el mismo o por el giro del rotor.

Asimismo, reduce el desgaste de los engranes en la orientación, se acciona mediante un sistema hidráulico o eléctrico.

- **Sistema de generación.**

Generador eléctrico: Se encarga de convertir la energía mecánica que se obtiene de forma rotatoria, en energía eléctrica.

La energía obtenida, se conduce mediante cables hasta la base de la torre, donde se transforma para enviar a la red.

Interconexión de potencia: Sistema que transporta la energía eléctrica a partir del alternador hasta el transformador de

potencia, además de recorrer por los diversos sistemas de protección de alta y baja tensión, sobreintensidades o frecuencia, evitando posibles daños al aerogenerador o a la red de distribución.

Transformador interno: Es el encargado de elevar la tensión generada desde los 400 V a 22.9, 13.8 KV, según lo requerido por el usuario.

Reduciendo la intensidad y minimizando las pérdidas eléctricas y temperaturas altas en los conductores.

- **Sistema de control.**

Controlador de turbina: encargado de vigilar constantemente todas las condiciones del aerogenerador, recopilando datos estadísticos del funcionamiento y así poder regular los siguientes componentes, interruptores, bombas hidráulicas, válvulas y demás.

Sensores de control: censan los diversos datos físicos de funcionamiento y control de la turbina, las señales son por pulsos eléctricos, si la señal es correcta se conecta el aerogenerador, en caso contrario el equipo para automáticamente con el fin de proteger la turbina.

Señales de control y regulación: Se basa en la información generada por los sensores, y generan ordenes que afectan a la operación y el funcionamiento de la turbina.

- **Sistema de soporte.**

Torre: Es el encargado de soportar el peso de la góndola y el rotor, pueden ser tubular o celosía, de estas dos la más recomendadas son las tubulares ya que tienen varias secciones para facilitar el transporte y son de composición concisas y más seguras.

Cimentación: Esta parte permite mantener la verticalidad de la estructura, tiene como misión absorber las tensiones generadas en el resto de la estructura y transmitirlo al suelo.

- **Sistema hidráulico.**

Grupo de presión: Suministra de fluido hidráulico a una presión constante para permitir el accionamiento del sistema de captación, orientación y transmisión.

Conductos hidráulicos: Son los encargados de canalizar el fluido hidráulico hasta el punto de utilización en cada componente hidráulico.

Válvulas de control: Regulan la presión y el caudal del fluido en base al actuador que va a accionar.

Funcionamiento del aerogenerador.

- **Arranque del aerogenerador:** Al detectar corrientes de viento en cualquier dirección mediante los sensores de velocidad del viento, los controles del aerogenerador inician su funcionamiento con velocidades iniciales entre 2 – 3 m/s.
- **Parada del aerogenerador:** Al superar una velocidad del margen mayor a 25 m/s, los sensores de seguridad lo detectan como vientos altos y dan la orden de para el sistema por seguridad.

Lo mismo ocurre cuando se llega a detectar un error de funcionamiento. (Bernal, y otros, 2006)

Potencial Eólico.

Se llama potencial eólico a la energía cinética que es generada por el viento, y que es proporcional al cubo de la velocidad promedio del viento. (Bernal, y otros, 2006)

La energía cinética que atraviesa un área circular barrida por las hélices de un aerogenerador define el potencial en watts, es por ello por lo que dicho potencial depende del radio de las hélices del aerogenerador. (Bernal, y otros, 2006)

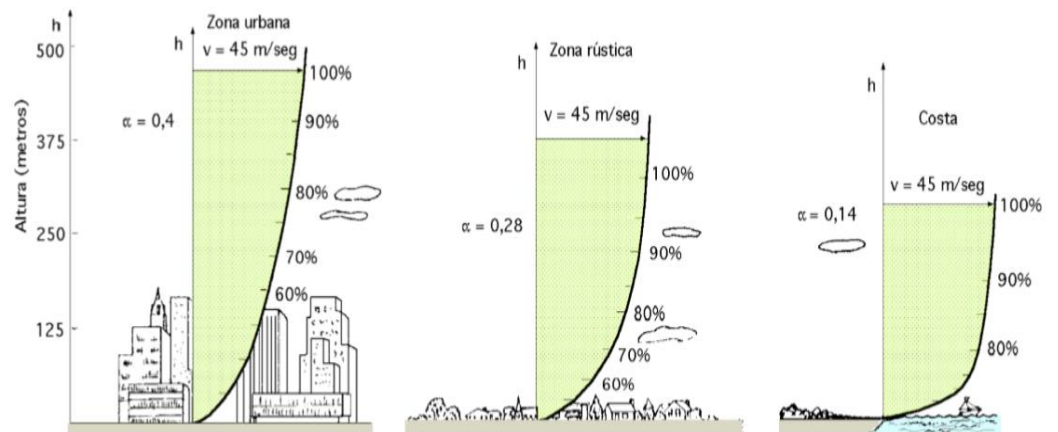
Caracterización del viento.

Después de obtenido los datos de la velocidad del viento en cierta zona, en diferentes puntos, se realiza el procesamiento de los mismos para el cálculo y estimación de la potencia que se puede llegar a generar en dicha zona de estudio. (Diez, 1993)

Variación de la velocidad del viento respecto a la altura.

La variación de la velocidad del viento con respecto a una altura determinada sigue una ecuación de estadística, conocida como ley exponencial de Hellman. (Diez, 1993)

Figura 01



Fuente: (Diez, 1993)

Ley exponencial de Hellman. La variación de la velocidad del viento a una altura determinada depende de varios parámetros, entre ellos tenemos la velocidad del viento a cierta altura de referencia, el coeficiente de rugosidad del terreno dependerá al tipo de zona geográfica.

Entonces tenemos:
$$v_0 = v_A \left(\frac{H_0}{H_A}\right)^\alpha \text{ (m/s) (1)}$$

Donde:

- v_0 velocidad del viento a una altura inicial.
- v_A velocidad del viento a la altura deseada.
- H_0 altura del viento referencial.
- H_A altura deseada.
- α coeficiente de rugosidad del terreno.

En la siguiente tabla se puede observar los distintos valores del coeficiente de rugosidad (α)

Figura 02

<i>Lugares llanos con hielo o hierba</i>	$\alpha = 0,08 \div 0,12$
<i>Lugares llanos (mar, costa)</i>	$\alpha = 0,14$
<i>Terrenos poco accidentados</i>	$\alpha = 0,13 \div 0,16$
<i>Zonas rústicas</i>	$\alpha = 0,2$
<i>Terrenos accidentados o bosques</i>	$\alpha = 0,2 \div 0,26$
<i>Terrenos muy accidentados y ciudades</i>	$\alpha = 0,25 \div 0,4$

Fuente: (Diez, 1993)

Calculo del coeficiente de rugosidad (α)

Para la obtención del parámetro α se usará una correlación, la correlación de Justes (1978), por la facilidad con los datos que se dispone:

$$\alpha = \frac{0.37 - 0.088 \ln v_{ref}}{1 - 0.088 \ln \frac{h_{ref}}{10}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

v_{ref} velocidad de referencia tomada en la zona.

h_{ref} altura a la que se realizaron las mediciones.

Variación de la densidad del aire respecto a la altura.

La densidad del aire no se mantiene constante, varía de acuerdo con la altura y temperatura en zonas que están sobre el nivel del mar.

$$\rho = \frac{P_0}{R \cdot T} * e^{-\frac{g \cdot H}{R \cdot T}} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

ρ densidad del viento respecto a cierta altura.

P_0 presión atmosférica a nivel del mar.

R constante universal de los gases.

T temperatura.

g gravedad.

H altitud (m.s.n.m)

Después de obtenido los datos de la velocidad del viento en cierta zona, en diferentes puntos, se realiza el procesamiento de los mismos para el cálculo y estimación de la potencia que se puede llegar a generar en dicha zona de estudio.

Potencia de una masa de aire en movimiento

Una masa en movimiento genera energía cinética, la cual para el aire en movimiento respecto a su velocidad se puede expresar como:

$$E = \frac{1}{2} m * v^2 \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

m masa de aire en una secciona transversal A

v velocidad promedio del viento.

Considerando que cierto volumen V fluye a través de una secciona transversal

A, con una velocidad v, en un tiempo determinado. (FRANQUESA Voneschen, 2009)

Entonces se obtiene el flujo del volumen mediante:

$$Q = v * A (m^3 /s) \dots\dots\dots (5)$$

La estimación de la potencia especifica de una masa de aire que tiene una densidad ρ (Kg/m^3), que fluye a través de una superficie perpendicular con una velocidad v (m/s) (FRANQUESA Voneschen, 2009).

Esta dada por:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho * v^3 (watt/m^2) \dots\dots\dots (6)$$

Al pasar por una superficie transversal A (m^2) tenemos:

Figura 03



Fuente: Franquesa (2009)

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho * A * v^3 \text{ (watt) } \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

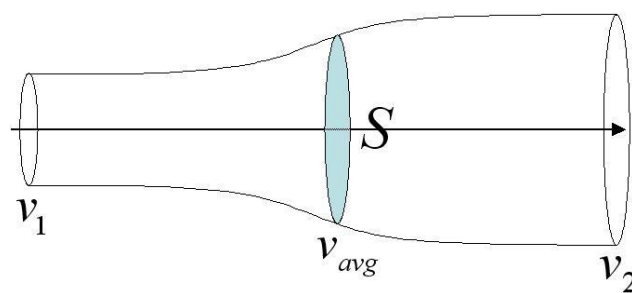
ρ densidad del aire (Kg/m^3)

A área (m^2)

v velocidad del aire (m/s)

límite de Betz.

Figura 04:



Fuente: Franquesa (2009)

Betz deduce que los resultados obtenidos solo son válidos bajo condiciones ideales, sin considerar los rendimientos ni pérdidas mecánicas y aerodinámicas del rotor, así mismo considera al aire incompresible y libre de

fricción, obteniendo una corriente de aire laminar delante y detrás del rotor.
(FRANQUESA Voneschen, 2009)

Tenemos:

$$v_{avg} = \frac{v_1 + v_2}{2} \dots\dots\dots (8)$$

La relación de Betz es: $\alpha = \frac{v_{avg}}{v_1} \dots\dots\dots (9)$

α factor de ralentización.

Este factor realiza la comparación entre la velocidad muy cerca al rotor, con la velocidad de delante del rotor. (FRANQUESA Voneschen, 2009)

De acuerdo con el teorema planteado la potencia cedida por la velocidad del viento al rotor se obtiene mediante:

$$P_{turbina} = \left(\frac{1}{2}\right) \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right] \left[1 + \frac{v_2}{v_1}\right] (P_{viento}) \quad (W) \dots\dots (10)$$

De las ecuaciones, (8) y (9), se deduce la máxima potencia que se puede obtener es:

$$P_{turbina} = \left(\frac{16}{27}\right) (P_{viento}) \quad (W) \dots\dots\dots (11)$$

El factor de ralentización óptimo es:

$$\alpha = \frac{2}{3} = 0.67 \dots\dots\dots (12)$$

Según la teoría de aerogeneradores, el coeficiente de potencia está dada por la relación:

$$C_p = \frac{P_{turbina \ max}}{P_{viento}}$$

Cuyo valor máximo es:

$$c_{pmax} = \frac{16}{27} = 0.5926 \dots\dots\dots (13)$$

Por lo tanto, la potencia máxima de un rotor eólico es:

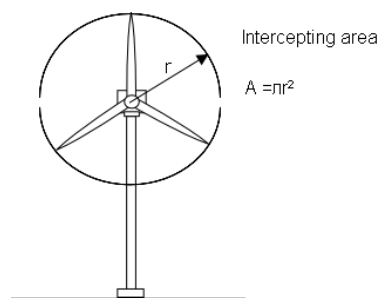
$$P_{turbina\ max} = c_{p\ max.} * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \text{ (W) } \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ (m)} \dots\dots\dots (15)$$

A área de barrido de la turbina eólica.

Figura 05



Fuente: Franquesa (2009)

El rotor eólico no ideal

En toda máquina existen pérdidas de energía en diversos tipos, los cuales se cuantifican mediante un factor llamado rendimiento, líneas abajo se detallan los tipos de pérdidas que encontramos en un rotor no ideal.

a) Pérdidas Mecánicas.

Se caracterizan por ser ocasionadas por la fricción entre las diferentes partes móviles del Aerogenerador, por ejemplo: ejes, rodamientos, engranajes, etc.

b) Pérdidas eléctricas.

Estas se distribuyen en el generador eléctrico o alternador, los conductores, y demás componentes eléctricos, en un determinado porcentaje.

c) Pérdidas aerodinámicas.

Son pérdidas causadas por la ralentización del aire a la altura del rotor, debido a que las palas del rotor eólico tienen una resistencia aerodinámica, se oponen al sentido de giro del mismo.

El rendimiento del rotor eólico es: (FRANQUESA Voneschen, 2009)

$$\eta_{rotor} = \frac{P_{util}}{P_{aeroge\ max}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

P_{util} Potencia útil en el eje del rotor.

$P_{aeroge\ max}$ Potencia máxima del aerogenerador.

Para el caso de energía producida por aerogeneradores, el rendimiento antes definido, es sustituido usualmente por el coeficiente de potencia del rotor, que se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{P_{util}}{P_{viento}} \dots\dots\dots (17)$$

Introduciendo la formula (14) en la (16) tenemos la siguiente relación entre el rendimiento y el coeficiente de potencia.

$$\eta_{rotor} = \frac{C_p}{C_{pmax}} = 1.688 C_p \dots\dots\dots (18)$$

O puede ser expresada de la siguiente manera:

$$C_p = 0.5926 \eta_{rotor} \dots\dots\dots (19)$$

El rendimiento de un aerogenerador

El sistema de generación eólica es el conjunto formado por los diversos componentes entre ellos tenemos, cojinetes, cables, baterías, inversor, controlador, rotor y otros dispositivos eléctricos y mecánicos.

Se pueden denotar con $n_1, n_2, n_3, n_4, \dots, n_n$, los rendimientos de todo el sistema, esta relación de rendimientos esta alimentada por el rendimiento del rotor, obteniéndose al final como resultado la potencia útil. (FRANQUESA Voneschen, 2009),

$$P_{util} = 0.37 * n_t * A * v^3 \text{ (W) } \dots\dots\dots (20)$$

Donde:

$$n_t = n_{rotor} * n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * \dots * n_n \dots\dots\dots (21)$$

Tabla 1: Rendimientos típicos.

Denominación	Rendimiento
Rotor eólico	30-80
Engranaje	50-80
Generador eléctrico	50-98
Bomba a presión	60-80
Condensador	Hasta 50
Batería	60-80
Hidrogeno H2 (gas)	20-50
Hidrogeno H2 (liquido)	20-40
Volante de inercia	85-95
Aire comprimido	Hasta 65

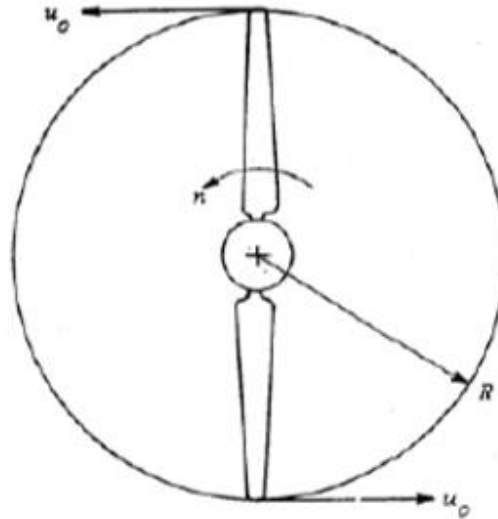
Fuente: FRANQUESA (2009)

Velocidad específica del rotor.

Se denomina velocidad específica a la relación que está dada por la velocidad de los extremos de las palas y la velocidad del viento delante del rotor.

(FRANQUESA Voneschen, 2009)

Figura 6: Velocidad de las puntas de las palas.



Fuente: FRANQUESA (2009)

Donde:

$$\lambda_0 = \frac{u_0}{v} \dots\dots\dots (22)$$

u_0 Velocidad de las puntas de las palas.

v Velocidad del viento delante del rotor.

Un trabajo óptimo por parte de los álabes de un rotor, desarrollan su máxima potencia bajo la velocidad específica antes definida, la disminución de este valor tendrá como consecuencias un rendimiento menor del rotor.

(FRANQUESA Voneschen, 2009)

$$P * \lambda_0 = 0.37 * \lambda_0 * n * A * v^3 \text{ (W)} \dots\dots\dots (23)$$

Cada tipo de rotor cuenta con velocidades específicas nominales denotadas por, λ_d y se encuentran por debajo de los máximos respecto a sus características, hoy en día existen rotores con rango de $0.9 < \lambda_0 > 15$, los

rotores con velocidad de hasta 3 son denominados lentos, y para valores mayores a 4, son los rápidos. (FRANQUESA Voneschen, 2009)

Es así como encontramos la siguiente relación de velocidad específica:

$$\lambda_d = \lambda_0 * n \dots\dots\dots (24)$$

$$\lambda_d = \frac{2\pi * R}{60} * n \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (25)$$

Se sabe que $R = \frac{D}{2}$, entonces tenemos:

$$\lambda_0 = \frac{D * \pi}{60 * v} * n \dots\dots\dots (26)$$

Donde:

n Velocidad de giro del rotor (r.p.m)

R Radio del rotor. (m)

Velocidad de giro del rotor.

Esta velocidad de giro esta denotado en revoluciones por minuto, para el cálculo del mismo utilizamos la siguiente formula:

$$n = \frac{60 * \lambda_0 * v}{\pi * D} \text{ (r.p.m)} \dots\dots\dots (27)$$

La velocidad optima se alcanza al calcularlo con la velocidad especifica antes definida.

$$n = \frac{60 * \lambda_d * v}{\pi * D} \text{ (r.p.m)} \dots\dots\dots (28)$$

Par de giro de un rotor eólico

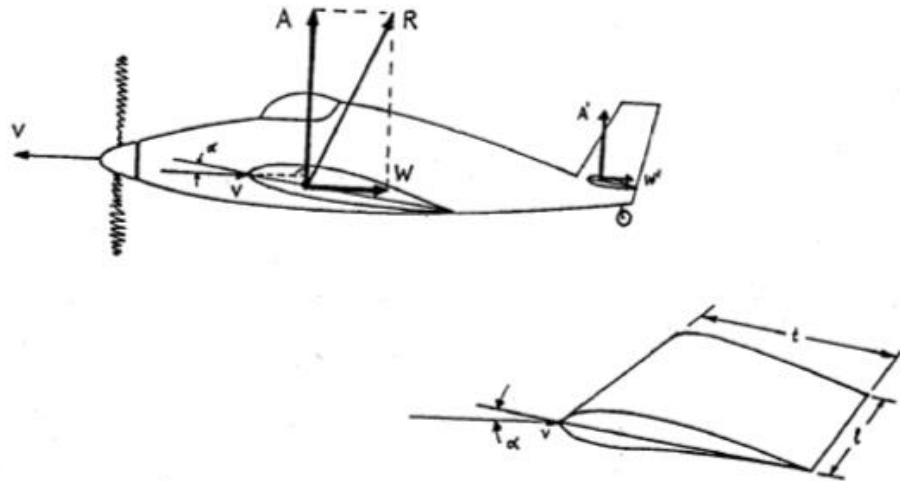
Por las leyes mecánicas, la potencia que se genera en el rotor por la velocidad de giro desarrolla un par de giro según:

$$M_w = \frac{60 * P_{\text{turbina}}}{2\pi * n} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots (29)$$

Fuerzas aerodinámicas del ala.

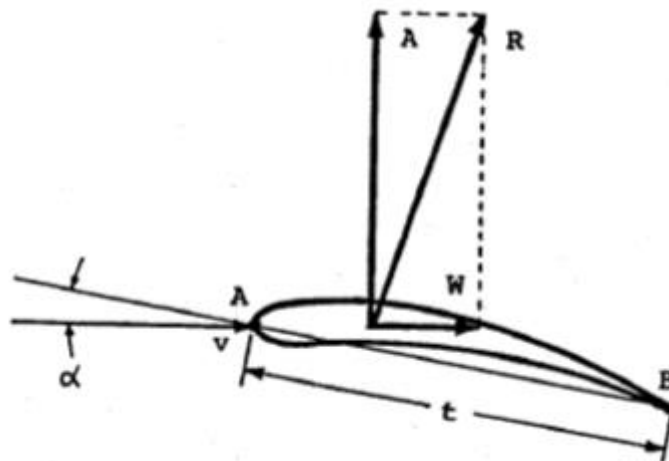
Al observar el ala de un avión, cuya forma (perfil) se nos es familiar, imaginemos que avanza a una velocidad v con respecto a la masa de aire quieta, o al caso contrario con el ala quieta frente a una corriente de aire.

Figura 7: Las fuerzas aerodinámicas en un ala de avión.



Fuente: FRANQUESA (2009)

Figura 8: Descomposición de la fuerza aerodinámica que actúa sobre el ala en componentes de sustentación y resistencia.



Fuente: FRANQUESA (2009)

Donde:

- \overline{AB} cuerda del perfil, está representada por una línea recta que une entre sí los extremos más alejados del perfil.
- α Angulo de ataque, ángulo formado por la cuerda del perfil con la dirección horizontal del aire.
- t Longitud de la cuerda del perfil, conocida también como anchura del ala.

También se observa en un punto del álabe llamado centro dinámico, de momento no definido, se genera una fuerza R, que se puede descomponer verticalmente A (sustentación), y horizontalmente W (resistencia).

En la figura 8, podemos observar la fuerza A es la que empuja al avión hacia arriba, es decir, lo sustenta en el aire, mientras la fuerza W, se opone y lo hace retroceder, actuando en sentido opuesto al avance del avión.

Cálculo de las fuerzas de sustentación y resistencia.

Según teorías de aerodinámica, las fuerzas de sustentación (A) y resistencia (W) se suelen expresar con las siguientes formulas:

$$F_D = C_D * \frac{\rho}{2} * A * v^2 \text{ (N) (30)}$$

$$F_L = C_L * \frac{\rho}{2} * A * v^2 \text{ (N) (31)}$$

Donde:

- ρ Densidad del aire (Kg/m^3)
- A Superficie (m^2)
- v La velocidad del aire (m/s)
- C_D Coeficiente de sustentación.
- C_L Coeficiente de resistencia.

Los coeficientes C_D y C_L , dependen de la forma del perfil, del ángulo de ataque, de la relación longitud, anchura del ala y de la estructura de la superficie de la misma, puede ser lisa o rugosa. (Gómez Rivera, 2010)

Método de diseño de Aero turbinas.

Celeridad de la turbina (λ_d) y numero de alabes (B).

Para seleccionar el coeficiente de celeridad, se dispone de la siguiente tabla, se observa que para aerogeneradores el rango disponible es:

$$4 \leq \lambda_d \leq 10$$

Tabla 2: Selección de celeridad y numero de alabes.

λ_d	1-2	2-3	3-4	4-5	5-8	8-15
B	6-20	4-12	3-6	2-4	2-3	1-2

Fuente: (Gómez Rivera, 2010)

Calculo de C_D , C_L , α .

Para la obtención de los parámetros, C_D , coeficiente de sustentación C_L , y el coeficiente de arrastre y α , ángulo de ataque se calcula el número de Reynolds. (Gómez Rivera, 2010)

$$R_s = \frac{\rho * v * C_{max}}{\mu} \dots\dots\dots (32)$$

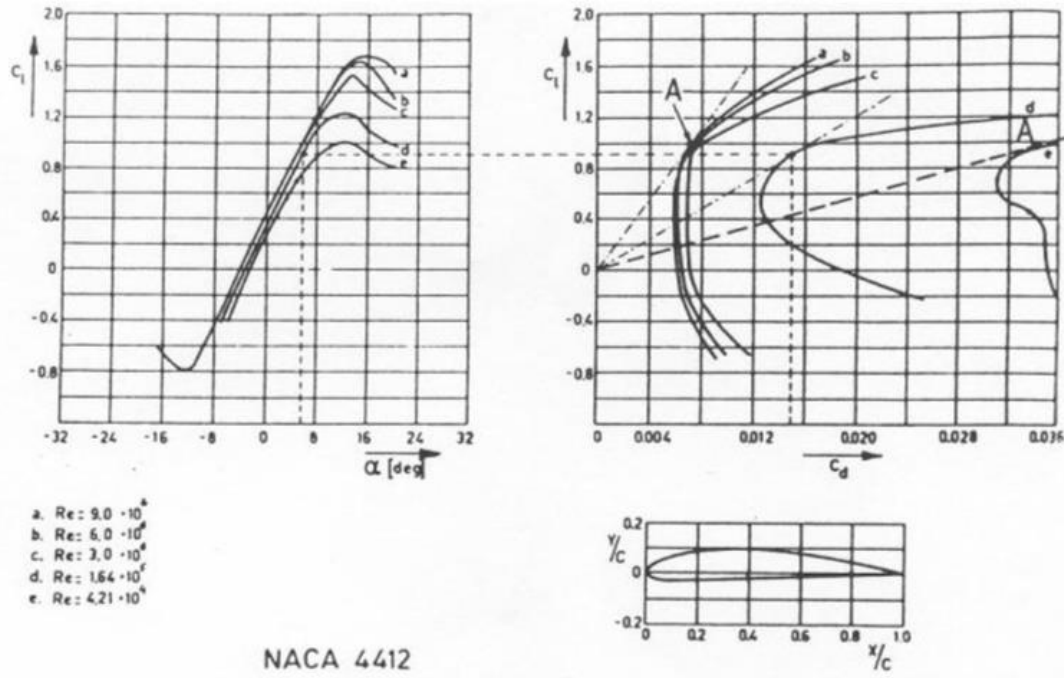
Donde:

C_{max} Cuerda máxima del álabes. [m]

μ Viscosidad cinemática. $\left[\left(\frac{Kg}{m} \right) * s \right]$

Elegimos un α , para generar una relación entre C_D y C_L mínima para que la fuerza de arrastre también sea mínima, al interceptar las curvas se obtiene un numero de Reynolds para el perfil NACA elegido.

Figura 9: Coeficiente de sustentación y arrastre.



Fuente: (Eindhoven, 2004)

Calculo del coeficiente de potencia máxima C_p :

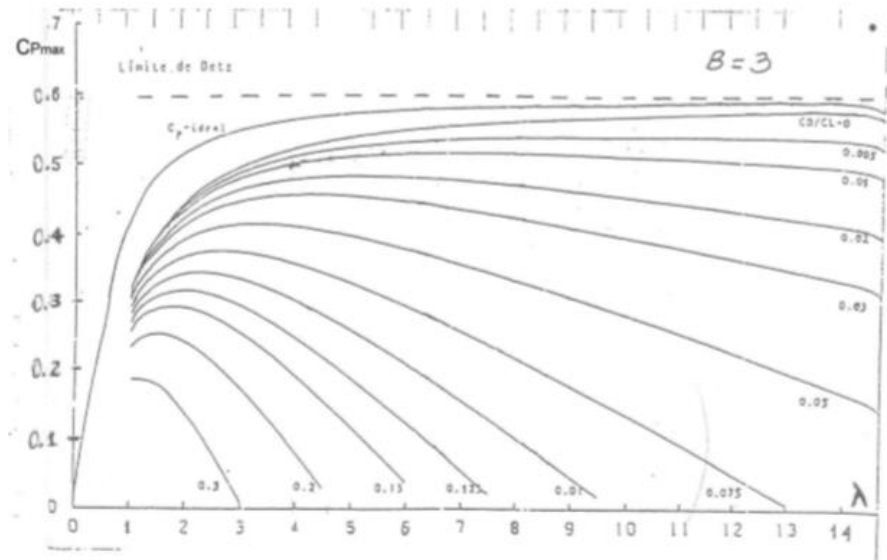
Se denota por:

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{B} \right) \left(\text{sen} \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35 \lambda_d^{-1.29}} - \frac{C_D}{C_L} * \lambda_d \right) \right]$$

(33)

Verificación de la celeridad (λ_d) y el C_p .

Figura 10: Tabla de verificación del número de palas y los coeficientes de celeridad y arrastre. (tabla completa en anexos)



Fuente: (Eindhoven, 2004)

Calculo del radio de la turbina R:

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = \left(\frac{2 * P_{\text{útil}}}{n_t * C_{p_{\text{maximo}}} * \rho * \pi * v^3} \right)^{\frac{1}{3}} [m] \dots\dots\dots (34)$$

Calculo de la velocidad angular:

$$\omega = \frac{v * \lambda_d}{R} [rad/s] \dots\dots\dots (35)$$

Dimensiones y ángulos de alabe:

Para el dimensionamiento del alabe de un aerogenerador tenemos lo siguiente:

$$\lambda_r = \lambda_d * \frac{r}{R} \dots\dots\dots (36)$$

$$\phi = \frac{2}{3} \left(\tan^{-1} \left(\frac{1}{\lambda_d} \right) \right) \dots\dots\dots (37)$$

$$C_r = \left(\frac{B * \pi * r}{B * C_L} \right) (1 - \cos \phi) \dots\dots\dots (38)$$

Siendo:

$$\beta = \phi - \alpha \dots\dots\dots (39)$$

Los siguientes términos se definen así:

- λ_r Celeridad local para el radio.
- λ_d Celeridad de diseño.
- r Distancia del centro del rotor a la sección evaluada.
- R Radio de la turbina.
- ϕ Ángulo de flujo.
- C_r Cuerda del álabe.
- C_L Coeficiente de sustentación del álabe.
- B Número de palas.
- β Ángulo de sección.
- α Ángulo de ataque.

Según (Gómez Rivera, 2010)

Demanda de energía eléctrica.

En el sistema de distribución eléctrica, la demanda es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que exige la Carga del sistema para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda. Así, la demanda es una cantidad cuya medida depende del estudio:

Amperios, para la selección o reemplazo de conductores, fusibles, o de interruptores, ajuste de protecciones y balanceo de carga.

kilovatios para la planeación del sistema, estudios de energía consumida, energía no vendida, y energía pérdida.

kilovoltio amperios para la selección de la capacidad de transformadores y alivio de Carga. Para estudios de compensación reactiva puede convenir el registro de la demanda en kilovares. (Alvarado, 2011)

Calculo de proyección de demanda máxima.

Para proyectar la demanda máxima, aplicamos lo siguiente:

$$DM_p = DM * (1 + i)^n \dots\dots\dots (40)$$

Dónde:

- DM_p Demanda máxima proyectada.
- DM Demanda máxima.
- i Índice de tasa de crecimiento.
- n Número de años de proyección.

Sistemas de generación eólica.

Para la implementación de un sistema de generación eólica se debe tomar en cuenta el comportamiento del viento, tanto la dirección como la velocidad con la que circula en determinada zona, ya que su comportamiento varía según las zonas geográficas.

Estos sistemas de generación a través de energías renovables llegan a ser viables, cuando el diseñador del proyecto define bien la zona de implementación. (Lopez Villarubia, 2012)

Calculo del banco de baterías.

Para dimensionar un banco de baterías del sistema de generación eólica contamos con lo siguiente:

$$EE_{carga} = N^{\circ}_{baterias} * V * CAP_{bateria} \dots\dots\dots (41)$$

Dónde:

EE_{carga} Energía Eléctrica.

V Voltaje de baterías.

$CAP_{bateria}$ Capacidad de batería.

Fuerza axial, presión del viento y momento flexionante máximo en el rotor.

Para el cálculo de la fuerza axial en el rotor, tenemos lo siguiente:

$$F_{axial} = F_L \cos\phi + F_D \sen\phi \dots\dots\dots (42)$$

Con ϕ = ángulo de flujo.

Con lo siguiente determinamos la fuerza axial total del rotor.

$$F_{axial\ total} = Z * F_{axial} \dots\dots\dots (43)$$

Con Z = Número de álabes.

Determinamos la presión del viento.

$$P_w = C_s * \frac{\rho}{2} * V^2 \dots\dots\dots (44)$$

Con C_s = coeficiente de la fuerza axial.

Para motores funcionando bajo condiciones normales, el C_s toma el valor de $C_s = 1$, pero considerando la seguridad el coeficiente toma el valor de $C_s = 1.6$. (FRANQUESA Voneschen, 2009)

Para el cálculo del momento flexionante máximo, aplicamos lo siguiente:

$$M_{maximo} = \frac{P_w * 2\pi * R^3}{3 * z} \dots\dots\dots (45)$$

Determinación de la altura de la torre:

Se consideran dos parámetros, la fuerza axial total y el momento máximo que soporta el aerogenerador.

$$H_{torre} = \frac{M_{maximo}}{F_{axial total}} \dots\dots\dots (46)$$

Dimensionamiento de los conductores:

$$I_n = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} * \cos\phi * V} \dots\dots\dots (47)$$

Considerando un factor de diseño de 1.20

$$I_D = I_n * 1.20 \dots\dots\dots (48)$$

Parámetros económicos para implementación de sistemas eólicos.

Los parámetros económicos son definidos de acuerdo con la escala de producción de energía eléctrica que se desea producir, esto involucra las dimensiones del aerogenerador, gastos por conexiones, equipos complementarios del sistema, transporte a la zona de implementación, y se evalúa el retorno a la inversión. (Leon Plasencia, 2015)

Cálculos económicos:

Definimos tres conceptos de índices de evaluación económica.

Valor Actual Neto:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i} \dots\dots\dots(49)$$

Tasa Interna de Retorno:

$$TIR = 0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i} \dots\dots\dots(50)$$

Coficiente Costo – Beneficio.

$$\frac{C}{B} = \frac{VAN}{I_0} \dots\dots\dots(51)$$

1.4 Formulación del problema:

¿Cuáles serán los parámetros técnicos y económicos de un sistema de generación eólica para suministrar energía eléctrica a los caseríos de Chilca y Purucuta- Huaraz??

1.5 Justificación del estudio:

Para realizar la investigación, consideró la población beneficiaria y el nivel socioeconómico al que pertenecen, la zona rural fue elegida por que tiene un nivel promedio de potencial eólico, según el Atlas Eólico del Perú.

Además, se justifica por que causara impacto científico, tecnológico, económico, social, metodológico y ambiental.

Impacto tecnológico: La investigación, aportara en el conocimiento y aprovechamiento de la tecnología, para generar energía eléctrica a partir de energías renovables, como es la energía eólica.

Impacto económico y social: Servirá como una alternativa de solución para la electrificación rural en nuestro país, para mejorar la calidad de vida de la población en zonas rurales, además como un proyecto referencial para la inversión en proyectos de generación de energía por medio de energías renovables o limpias.

Impacto ambiental: Esta investigación fomenta y opta por el aprovechamiento de energías renovables y limpias para generar energía eléctrica y que no afecten con el medio donde se implementan, como es la energía eólica.

1.6 Hipótesis:

Los parámetros técnicos y económicos de un sistema de generación eólica para suministrar energía eléctrica a los caseríos de Chilca y Purucuta son obtenidos mediante el análisis fluido dinámico del viento y de la máquina eólica basado en los principios y metodologías de las maquinas hidráulicas y electricas.

1.7 Objetivos:

1.7.1 General:

Analizar los parámetros técnicos y económicos de un sistema de generación eólica para suministrar energía eléctrica a los caseríos de Chilca y Purucuta de la ciudad de Huaraz.

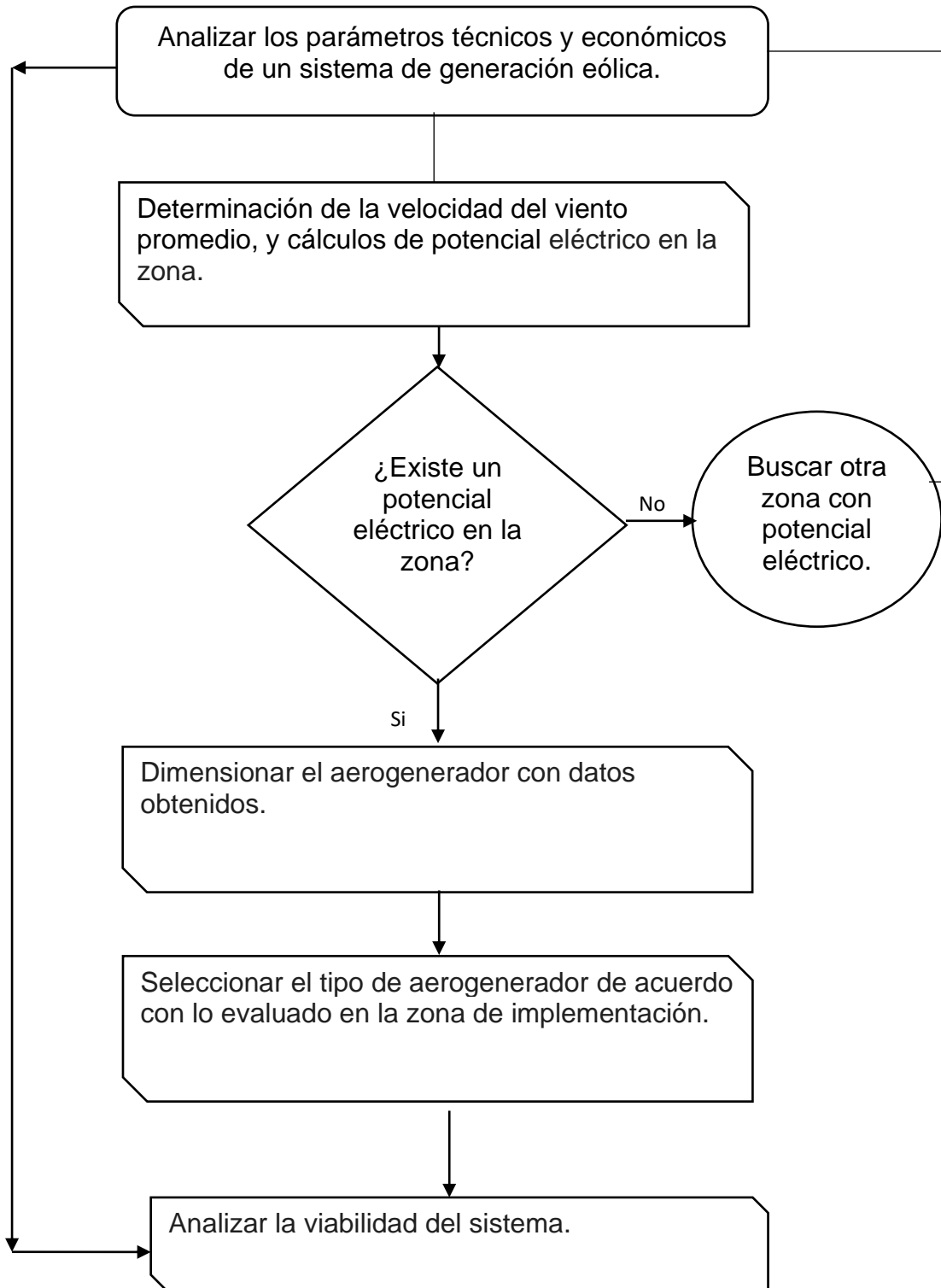
1.7.2 Específicos:

- Determinar la velocidad del viento promedio
- Calcular el potencial eléctrico en la zona.
- Hallar y proyectar la demanda máxima de energía eléctrica de la población.
- Hallar los parámetros de diseño del aerogenerador de acuerdo con los datos obtenidos.
- Seleccionar el tipo de aerogenerador evaluando los resultados obtenidos del dimensionamiento.
- Evaluar los parámetros económicos y analizar la viabilidad del sistema.

II. Método:

2.1 Diseño de la investigación:

Aplicada – pre experimental



2.2 Variables y operacionalización:

Variables:

Independientes

Velocidad del viento.

Máxima demanda de energía eléctrica.

Dependientes

Parámetros técnicos y económicos del sistema de generación eólica.

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición.
Velocidad del viento.	Principalmente, el viento se origina por el calentamiento no uniforme que sufre la tierra; pero, además, a escalas suficientemente grandes de altura. El valor promedio de la velocidad del viento corresponde al promedio aritmético de la velocidad del viento registrada durante un cierto período de tiempo considerado.	Para calcular el valor promedio de la velocidad del viento, se realizó un cuadro de datos recopilados en campo mediante el uso del anemómetro en diversos intervalos de tiempo.	Metros por segundo.	De razón
Máxima demanda de energía.	Es la potencia que consume la carga, medida por lo general	Para la obtención de la máxima demanda se realiza mediante un	Kilovatios Kilo watts	De intervalo

	en intervalos de tiempo, expresada en KW o KVA a un factor de potencia determinado.	estudio de mercado para zonas rurales.		
Parámetros técnicos.	El radio de barrido genera un área del disco cubierto por el rotor y las velocidades del viento determinan cuanta energía podemos recoger.	Se definirá el radio, después de realizado el cálculo de demanda máxima, para poder satisfacerla.	Metros	De razón
	La altura de la torre repercute de forma directa en la producción del equipo, para ello se debe de tratar de buscar una altura de torre alta para evitar la influencia de la superficie terrestre.	Este parámetro se definirá, después de analizar el flujo de velocidad del viento mediante algoritmos de cálculo y verificación de la zona.	Metros.	De razón.
	Numero de palas. Es un parámetro para tomar en cuenta para el cálculo del disco, en un sistema de generación.	Se definirá con el cálculo de la potencia necesaria a producir, formando parte del disco de cálculo en el área de barrido.	Unidad numérica.	De razón.
Parámetros económicos	TIR: Se define como la tasa de descuento o	Se estimará los costos beneficios y tasas de	Unidad numérica.	De razón.

	<p>tipo de interés que iguala el VAN a cero.</p> <p>VAN: Valor actual neto.</p> <p>COSTO/BENEFICIO: Esta relación muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida.</p>	<p>interés del proyecto, con una proyección de 10 años.</p>		
--	---	---	--	--

2.3 Población y muestra:

- Población:

Los sistemas eólicos en la región Ancash.

- Muestra:

El sistema de generación eólica en los caseríos de Chilca con coordenadas 9°35'25.39"S – 77°32'15.98"O y Purucuta de coordenadas 9°35'32.20"S – 77°32'15.98"O

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

TECNICA	INSTRUMENTO	VALIDEZ
Observación	Ficha de recolección de datos. en anexos.	Validado por el asesor especialista.
Análisis documental	Documentos en anexos	Validado por asesor especialista

2.5 Método de análisis de datos:

Se extraen los datos de la velocidad del viento, mediante la técnica de observación, de registro en la ficha de recopilación de datos, se calcula el promedio, el cual servirá para aplicar las ecuaciones de velocidad promedio y potencial eólico de la zona. Luego lo comparamos mediante el análisis documental del mapa eólico del Perú 2008. Determinando que los parámetros del mapa y nuestros resultados no varían, obteniendo un valor promedio de la velocidad del viento de 4 – 6 m/s en la zona.

La tabla de recopilación de datos se encuentra en anexo 01 y las mediciones detalladas están en anexos 02.

III. RESULTADOS:

De la toma de datos:

Se realizó la toma de datos de la velocidad del viento en la zona con un anemómetro digital, por un periodo de 8 meses, obteniéndose los siguientes valores promedios por mes a una altura de 3 m sobre el nivel del suelo.

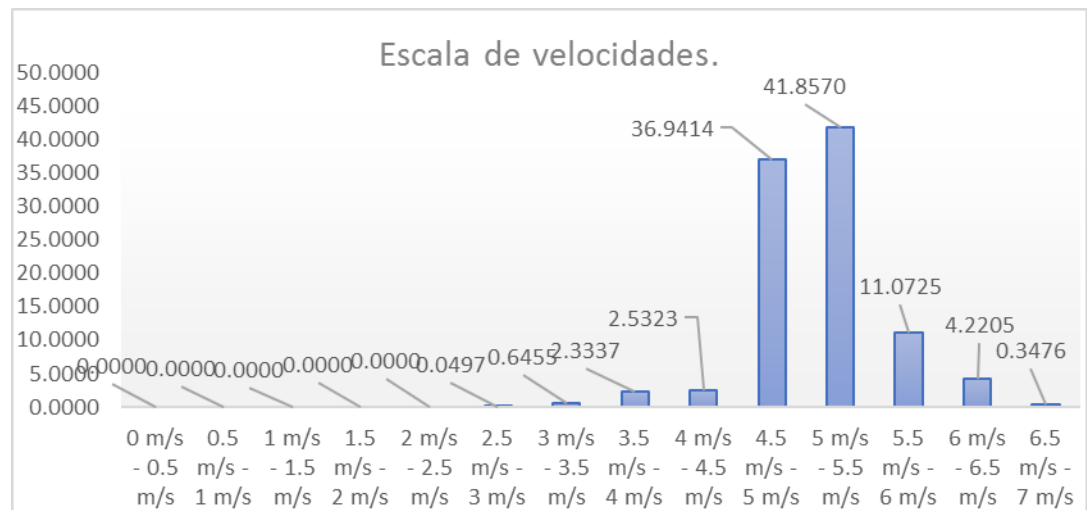
Figura 13: Ubicación de la zona.



Fuente: Google earth.

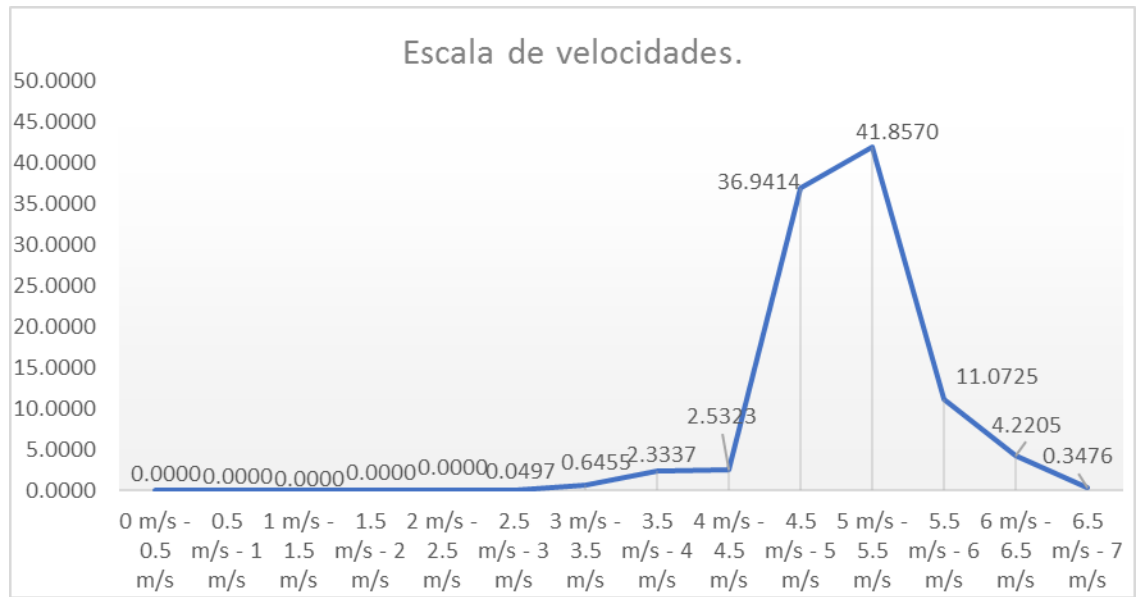
Análisis de Weibull.

Figura 11: Distribución de la velocidad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Distribución de weibull.



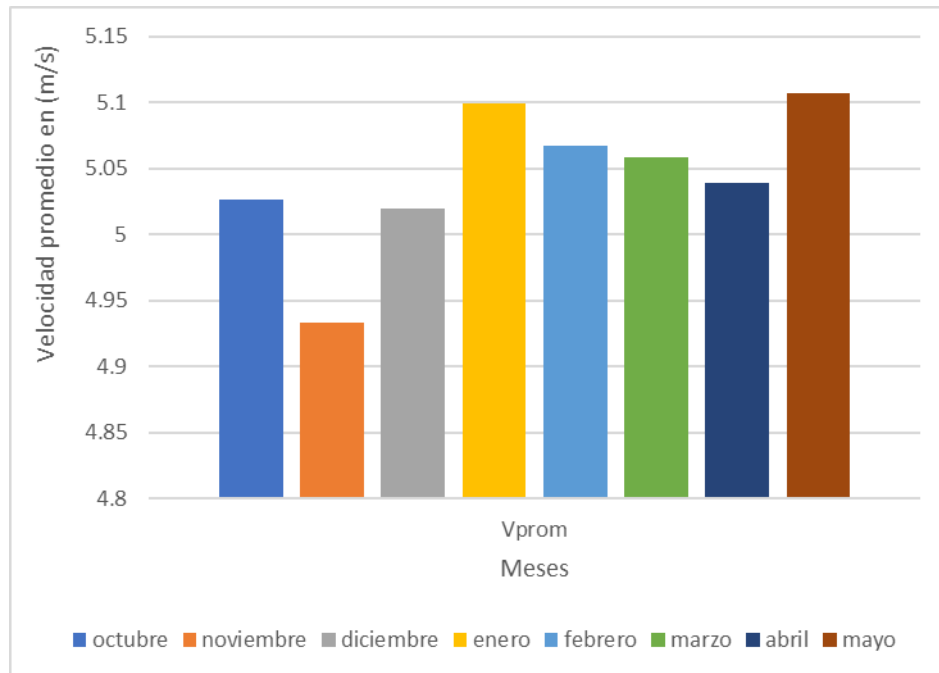
Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°1

MES	Vprom (m/s)
Octubre 2017	5.03
Noviembre 2017	4.93
Diciembre 2017	5.02
Enero 2018	5.10
Febrero 2018	5.07
Marzo 2018	5.06
Abril 2018	5.04
Mayo 2018	5.11

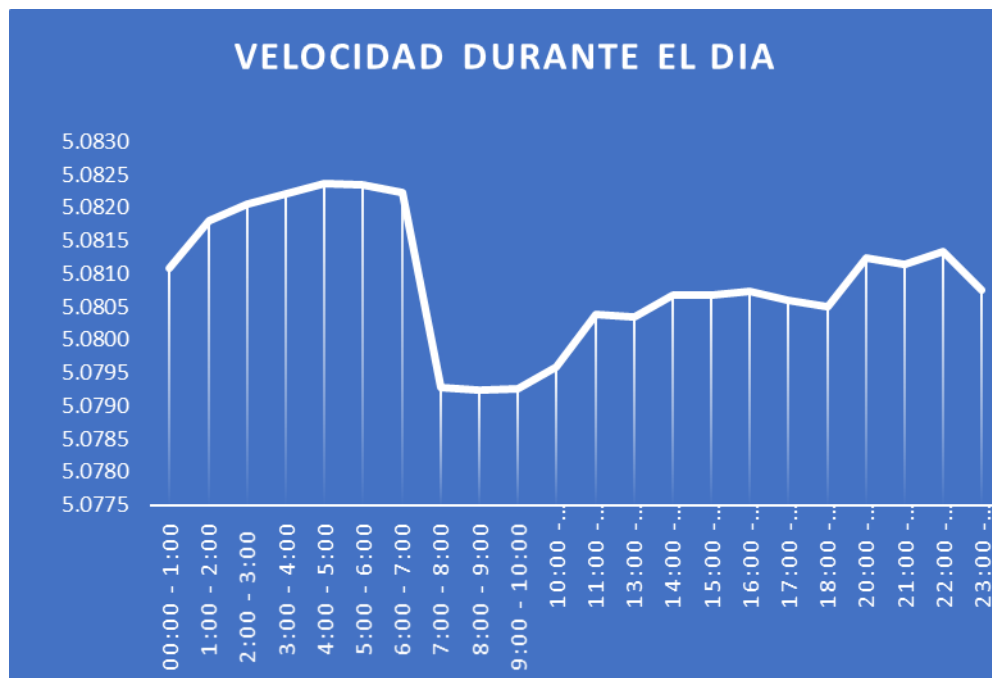
Fuente: elaboración propia.

Figura 14: Distribución de la velocidad en 8 meses.



Fuente: elaboración propia.

Figura 15: Comportamiento de la velocidad del viento durante el día.



Fuente: elaboración propia.

De los gráficos anteriores se obtiene una velocidad promedio de 5.08 a una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo.

La tabla de recolección de datos se encuentra en anexo 02

Determinación de la velocidad del viento a cierta altura.

Obteniendo los datos en la zona, con el anemómetro digital, a una altura de 3 metros se obtuvo el valor de 5.08 m/s, el cual mediante la ley exponencial de Hellman se estima a una altura de 25 m de altura:

$$v_0 = 5.08 \left(\frac{25}{3}\right)^{0.20} \text{ (m/s)}$$

$$v_0 = 7.7629 \text{ (m/s)}$$

Calculo de la constante de rugosidad.

Tabla n°2

Terreno	Valor del exponente α
Lugares llanos con hielo o hierba	0.08 – 0.12
Lugares llanos (mar, costa)	0.14
Terrenos pocos accidentados	0.13 – 0.16
Zonas rusticas	0.2
Terrenos poco accidentados o bosques	0.2 – 0.26
Terrenos muy accidentados y ciudades	0.25 – 0.4

Fuente: PINILLA (2007)

Calculo de la densidad del viento respecto a la altura.

Aplicando la ecuación N° (3), podemos establecer la densidad del viento a una altura de 3727 m.s.n.m, altura a la cual se encuentran los caseríos del estudio, además de obtener una temperatura promedio de 8.35°C, que equivale a 281.489°K.

$$\rho = \left(\frac{P_0}{R \cdot T}\right) e^{\frac{-g \cdot H}{R \cdot T}}$$

$$\rho = \left(\frac{101235}{286.9 \cdot 281.489}\right) e^{\frac{-9.81 \cdot 3727}{286.9 \cdot 281.489}}$$

$$\rho = 0.7971 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Potencia máxima del viento.

Obtenemos el valor de la potencia máxima del viento utilizando la ecuación N° (7)

$$P_{max-viento} = \frac{\rho * A * V^3}{2}$$

$$P_{max-viento} = \frac{0.80 * A * 7.7629^3}{2}$$

$$P_{max-viento} = 187.12A = P_{aerog-max}$$

Potencia máxima del rotor.

Calculamos la potencia máxima del rotor con la ecuación N° (14), con un coeficiente de potencia máximo de la ecuación N° (13)

$$c_{pmax} = \frac{16}{27} = 0.5926$$

El coeficiente anterior se recalcula mediante el uso de tablas experimentales, Figura 16.

$$P_{turbina max} = c_{p max.} * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \text{ (W)}$$

$$P_{turbina max} = \frac{16}{27} * \frac{1}{2} * 0.80 * A * 7.7629^3$$

$$P_{turbina max} = 110.889A = P_{\acute{u}til}$$

Rendimiento del rotor.

Se calcula el rendimiento del rotor mediante la ecuación N° (16)

$$n_{rotor} = \frac{P_{util}}{Paeroge\ max}$$

$$n_{rotor} = \frac{110.889A}{187.12A}$$

$$n_{rotor} = 0.5926$$

$$n_{rotor} = 59,26\%$$

Selección del perfil NACA.

Para seleccionar el perfil NACA 4412, se tomó en consideración los trabajos previos, y por diversos experimentos se recomienda este tipo de perfil para el diseño de los aerogeneradores debido a los parámetros que son estándares y favorables, por lo tanto se asume el número de álabes, $B=3$, y un coeficiente de celeridad, $\lambda_d=7$, además se consideró las curvas, a, c, d, de la figura 9, obteniendo como resultado la siguiente tabla.

Tabla n°3

CURVA	a	c	d
Re	$9 * 10^6$	$6 * 10^6$	$1.64 * 10^6$
C_D	0.007	0.008	0.015
C_L	0.9	1	0.87
α	6	6	7
$\frac{C_D}{C_L}$	0.0077	0.008	0.0172

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del ángulo de flujo.

El cálculo se realiza utilizando la ecuación N° (37), obteniendo lo siguiente:

$$\phi = \frac{2}{3} \left(\tan^{-1} \left(\frac{1}{\lambda_d} \right) \right)$$

$$\phi = \frac{2}{3} \left(\tan^{-1} \left(\frac{1}{7} \right) \right)$$

$$\phi = 5.42$$

Calculo del coeficiente de potencia. (C_p)

Para la curva a.

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{B} \right) \left(\text{sen} \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35 \lambda_d^{(-1.29)}} - \frac{C_D}{C_l} * \lambda_d \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{3} \right) \left(\text{sen} \frac{5.42}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35(7)^{(-1.29)}} - 0.0077 * 7 \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = 0.5204$$

Para la curva c.

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{B} \right) \left(\text{sen} \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35 \lambda_d^{(-1.29)}} - \frac{C_D}{C_l} * \lambda_d \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{3} \right) \left(\text{sen} \frac{5.42}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35(7)^{(-1.29)}} - 0.008 * 7 \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = 0.5192$$

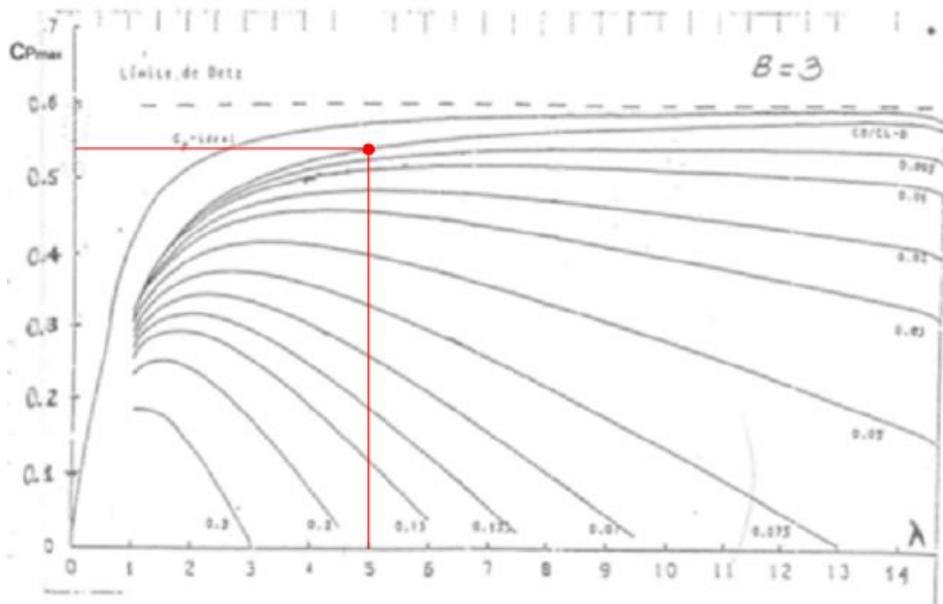
Para la curva d.

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{B} \right) \left(\text{sen} \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35 \lambda_d^{(-1.29)}} - \frac{C_D}{C_l} * \lambda_d \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = \left[1 - \left(\frac{1.386}{3} \right) \left(\text{sen} \frac{5.42}{2} \right) \right]^2 \left[\left(\frac{16}{27} \right) \left(e^{-0.35(7)^{(-1.29)}} - 0.0172 * 7 \right) \right]$$

$$C_{Pmax} = 0.4827$$

Figura 16: curvas del coeficiente de potencia.



Fuente: (Eindhoven, 2004)

Para el $C_{Pmax} = 0.5204$,

Calculo del radio del aerogenerador.

Calculamos el radio del aerogenerador utilizando la ecuación 34:

$$R = \left(\frac{2 * P_{\text{útil}}}{n_t * C_{Pmax} * \rho * \pi * v^3} \right)^{\frac{1}{2}} [m]$$

Considerando que:

$$n_t = 0.82 * 0.7 * 0.98$$

$$n_t = 0.5625 = 56.25\%$$

Siendo la potencia útil, 60 kW, calculada para 10 años obtenido de la tabla N° 6.

$$R = \left(\frac{2 * 60000 \text{ W}}{0.5625 * 0.5204 * 0.7971 * \pi * 7.7629^3} \right)^{\frac{1}{2}} [m]$$

$$R = 18.70 \text{ m}$$

Siendo el radio de dimensiones muy altas, se realiza el calculo para diversas turbinas de menor potencia que cubran la demanda, así evaluamos para turbinas de 20 kW.

Así obtenemos:

$$R = \left(\frac{2 * 20000 \text{ W}}{0.5625 * 0.5204 * 0.7971 * \pi * 7.7629^3} \right)^{\frac{1}{2}} [m]$$

$$R = 10.80 \text{ m}$$

Calculo de la potencia máxima de la turbina.

Para el siguiente cálculo, utilizaremos la ecuación N° 14:

$$P_{turbina \text{ max}} = c_{p \text{ max.}} * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \text{ (W)}$$

$$P_{turbina \text{ max}} = 0.5204 * \frac{1}{2} * 0.7971 * \pi * 18.70^2 * 7.7629^3 \text{ (W)}$$

$$P_{turbina \text{ max}} = 106592.1353 \text{ W} \cong 106.5921 \text{ KW}$$

Velocidad angular de la turbina.

Utilizamos la ecuación N° 35:

$$\omega = \frac{7.7629 * 5}{18.70} [rad/s]$$

$$\omega = 2.075 [rad/s]$$

Calculo de las RPM de la turbina.

$$n = \frac{60 * \omega}{2\pi} [RPM]$$

$$n = 19.8147 [RPM]$$

Calculo de la velocidad específica del rotor eólico.

Utilizando la ecuación N° 26 se obtiene:

$$\lambda_0 = \frac{D * \pi}{60 * v} * n$$

$$\lambda_0 = 4.998$$

Dimensiones del alabe.

En la siguiente tabla resumen, se detalla los parámetros calculados del perfil.

Tabla n°4

Perfil NACA	4412
Celeridad	7
Radio de turbina	18.70
Número de álabes.	3
Ángulo de flujo.	5.42
Área de barrido	549.2917
Velocidad angular.	2.075
Reynolds	$9 * 10^5$
RPM	19.8147 rpm
C_D	0.007
C_L	0.9
Ángulo de ataque.	6°
C_D / C_L	0.0077
$C_{p \max}$	0.5204

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de fuerzas.

Fuerza de sustentación:

$$F_L = C_L * \frac{\rho_{aire}}{2} * A * V^2$$

$$F_L = 1529.5101 \text{ N}$$

Fuerza de arrastre:

$$F_D = C_D * \frac{\rho_{aire}}{2} * A * V^2$$

$$F_D = 92.34 \text{ N}$$

Fuerza resultante:

$$F_R = \sqrt{F_L^2 + F_D^2}$$

$$F_R = 1532.2949 \text{ N}$$

Fuerza axial en el rotor:

$$F_{axial} = F_L * \cos \emptyset + F_D * \sin \emptyset$$

$$F_{axial} = 1531.3937 \text{ N}$$

Al multiplicar por el número de palas se obtiene la fuerza axial sobre el rotor en movimiento.

$$F_{axial \text{ total}} = 3 * F_{axial}$$

$$F_{axial \text{ total}} = 4594.1813 \text{ N}$$

Presión del viento:

$$P_{viento} = C_S * \frac{\rho_{aire}}{2} * V^2$$

Con $C_S = 1.6$, debido a razones de seguridad.

$$P_{viento} = 38.42 \text{ Pa}$$

Momento flexionante.

Para el cálculo del momento flexionante máximo, aplicamos la ecuación 45.

$$M_{maximo} = \frac{P_W * 2\pi * R^3}{3 * z}$$

$$M_{maximo} = 175395.8411 \text{ Nm}$$

Determinación de la altura de la torre:

De la ecuación 46 obtenemos:

$$H_{torre} = \frac{M_{maximo}}{F_{axial \text{ total}}}$$

$$H_{torre} = 38.17 \text{ m}$$

Cálculo de máxima demanda.

Tabla n°5

Artefacto	Potencia	
	W	KW
Televisor	100	0.1
DVD	20	0.02
Foco ahorrador	20	0.02
Equipo de sonido	80	0.08
Computadora	300	0.3
Licuada	300	0.3
Total	850	0.85

Fuente: Osinergmin (2014)

Calculo de consumo de energía por vivienda.

Se estima el consumo mediante las tablas N° (6) y (7), además se consideró las respuestas obtenidas en base a las encuestas que se encuentran en la pág.71 de anexos.

Tabla n°6: Demanda de energía por vivienda.

Artefacto	Potencia		
	W	cantidad	KW
Televisor	100	1	0.1
DVD	20	1	0.02
Foco ahorrador	20	4	0.08
Equipo de sonido	80	1	0.08
celular	20	2	0.04
Total, por vivienda.			0.32
Potencia total obtenida en las 150 viviendas.			48

Fuente: elaboración propia.

Tabla n°7: Consumo de energía por vivienda

Artefacto	Potencia (w)	Cantidad	Potencia total (KW)	hora/día	Consumo(Kwh)
Televisor	100	1	0.1	6	0.6
DVD	20	1	0.02	4	0.08
Foco ahorrador	20	4	0.08	3	0.24
Equipo de sonido	80	1	0.08	5	0.4
celular	20	2	0.04	2	0.08
total	240		0.32		1.4
Total, del consumo en Kwh, por las 150 viviendas					210

Fuente: Elaboración propia.

Proyección de la demanda de energía.

La proyección de la demanda de energía se realizó para 10 años, utilizando la formula N° (40), se obtuvo como dato el índice de crecimiento poblacional en la zona según el INEI (2015), un valor de 2.56%.

$$DM_p = DM * (1 + i)^n$$

$$DM_p = 48 * (1 + 0.0256)^{10}$$

$$DM_p = 61.804$$

Estandarizando el valor para aerogeneradores de 60 KW, existentes en el mercado.

Calculados los parámetros a través del algoritmo de diseño, seleccionamos mediante una matriz de selección dentro de 4 alternativas de aerogeneradores, al aerogenerador que más se asemeje a los valores encontrados en los cálculos anteriores.

Tabla N° 8

ALTERNATIVAS.				
Detalles	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3	Aerogenerador 4
Marca:	Vergnet	Enair	ADES	Yaneng
Potencia:	60 KW	60 KW	59 KW	60 KW
Diámetro:	15 m	15.9 m	29 m	23 m
Rotor:				
N° de alabes:	2	3	3	3
Área de barrido:	176.7 m ²	<200 m ²	600 m ²	-
Densidad de potencia:	2.95 m ² /KW		10 m ² /kW	-
velocidad máxima:	92 rad/min	60 rpm	hasta 50 rpm	60 rpm
Caja de cambios				
Etapas:	2	-	variable	-
Relación de transmisión:	16	-	15.5	-
Generador:				
Voltaje:	690 v	500 V	hasta 500 V	187.5 - 562.5 V
Velocidad máxima:	1500 rad/min	-	-	22.5 - 67.5 rpm
Velocidades de oper.				
velocidad de inicio	5 m/s	1.85 m/s	3.5 m/s	3 m/s
velocidad nominal	15 m/s		8 m/s	8.5 m/s
velocidad de parada	20 m/s	25 m/s	20 m/s	50 m/s
Torre:				
altura de torre	24 - 40 m	-	25 m	20 m
Peso				
Peso de rotor	0.8 tn	4.9 tn	3.2 tn	3.7 tn
Peso de torre	6 tn	-	9.9 tn	5 tn
Peso total.	8.3 tn	-	16.8 tn	-
costo total.	\$ 87,325	\$ 114,075	\$ 26,350	\$ 35,100

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una matriz de selección de diseño de cuatro tipos de turbina, las cuales se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N° 9

Matriz de selección.									
Criterios	Puntaje	1	%	2	%	3	%	4	%
Potencia	10	60	600.000	60	600.000	59	590.000	60	600.000
velocidad inicial	9	-5	-45.000	-1.85	-16.650	-3.5	-31.500	-3	-27.000
precio	8	-87,325	-698600.000	-114,075	-912600.000	-26,350	210800.000	35,100	280800.000
altura	6	32	192.000	0	0.000	25	150.000	20	120.000
peso	5	-8.3	-41.500	0	0.000	-16.8	-84.000	0	0.000
diámetro	7	15	105.000	15.9	111.300	29	203.000	23	161.000
total			-697789.500		-911905.350		209972.500		279946.000

Fuente. Elaboración propia.

Dimensionamiento de los conductores:

$$I_n = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} * \cos\phi * V}$$

$$I_n = 86.60 \text{ A}$$

Considerando un factor de diseño de 1.20

$$I_D = I_n * 1.20$$

$$I_D = 103.923 \text{ A}$$

Dimensiones del banco de baterías:

Utilizando la ecuación N° 41, y la tabla N° 5, obtenemos el valor de

$EE_{carga} = 210$ Kwh al día, utilizando la ficha técnica de la batería en el

anexo 06 se obtiene el valor de $CAP_{bateria} = 265$ Ah

$$EE_{carga} = N^{\circ}_{baterias} * V * CAP_{bateria}$$

Despejando tenemos:

$$N^{\circ}_{baterias} = \frac{210000 \text{ wh}}{48 \text{ v} * 265 \text{ Ah}}$$

$$N^{\circ}_{baterias} = 16.50 \approx 17$$

Cálculos económicos.

Tabla N° 10

Ficha completa en Anexo 13.

TARIFA	CARGOS	S/KW- mes	S/ KW-h	COSTO GENERAL EN S/ KW-h	S/ KW - año
Media tensión	14209	14.209	0.019734722	4.144291667	36303.995
Baja tensión	34277	34.277	0.047606944	9.997458333	87577.735

Fuente: Osinergmin.

Tabla N° 11

COSTOS FIJOS	Precio S/	Cantidad	Total, S/	
Precio de aerogenerador	26350	2	52700	
baterías.	932.23	34	31695.82	
Conductor eléctrico	22	30	330	
Transporte	2475	1	2475	
Instalación	11490	1	11490	
operación y mantenimiento	1500	1	1500	
Total			100190.82	1202289.84

Tabla N° 12

Inversión Actual.	unid	
Costos adicionales	50	7500
Costo de baterías por vivienda.	120	18000
Total		25500

Tabla N° 13

Costos generados mensualmente		
Carga de batería	125	18750
fletes	22	3300
Total		22050

Tabla N° 14

Inversión y financiamiento bancario		
Descripción		Monto (S/.)
Equipos		1,202,289.84
Otros		1,500.00
TOTAL, DE COSTOS ESTIMADOS		1,203,789.84
TOTAL, DE INVERSION DEL PROYECTO		S/. 1,203,789.84
FINANCIAMIENTO		
Descripción		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	20%	S/. 240,757.97
Financiamiento		S/. 963,031.87
Total, inversión		S/. 1,203,789.84

Condiciones del Financiamiento

Descripción		Monto (S/.)
Préstamo		S/. 963,031.87
Tasa efectiva anual		8.00%
Tasa efectiva mensual		0.64%
Plazo, meses		24
cuota mensual, Soles/mes		S/. 43,432.81

Tabla N° 15

COK	8.00%	
VAN	12,444,590	
TIR	110%	
Número de años	20	Años

Tabla N° 16

PRI (Años)	1.39	Años
PRI: Periodo de Retorno de la Inversión		
PRI (Años)= (VA(Io))/(VA(Bn)/N)		

DISCUSION.

- Se realizó la recolección de datos de la zona, durante 8 meses, iniciando en el mes de octubre del 2017 al mes de mayo del 2018, se usó el anemómetro digital, para contar con lecturas de la velocidad del viento a 3 metros de altura durante las 24 horas del día, por periodos de 15 días por mes. Comparando con Fernando, (2015), quien obtuvo datos del SENAMHI, en los años (2014 - 2015), a una altura de 3.5 m.
- Se verifico la velocidad del viento promedio obtenido en la zona, frente a la velocidad promedio del atlas eólico del Perú, obteniéndose un valor promedio de 7.5 m/s, y se estimó el potencial eléctrico de la misma, en comparación a Mirko, (2015), que obtuvo una velocidad promedio de 8.6 m/s a una altura de 15 m.
- Se realizó una encuesta a los pobladores de la zona, y a sus respectivas autoridades para la estimación de la demanda máxima, y consumo que generarían al contar con la energía eléctrica, considerando los datos de crecimiento poblacional proyectado a 10 años.
- Se determinó los diversos parámetros de diseño del aerogenerador, para un perfil de álabe NACA 4412, aplicando el algoritmo de diseño para turbinas eólicas, a diferencia de Mirko, (2015) el cual diseño y dimensiono los componentes haciendo uso del software SolidWorks.
- Por medio de consultas e investigaciones a diversos fabricantes de turbinas eólicas, se obtuvo fichas técnicas, con las cuales se realizó la matriz de selección de tres alternativas, buscando la semejanza de estos con los parámetros obtenidos en el cálculo realizado, quedando como la mejor opción la alternativa tres.
- Se seleccionó el aerogenerador de marca ADES con una potencial nominal de 59 KW, el cual se asemeja a los parámetros obtenidos en el cálculo, ver anexo 05, en comparación al tesista Fernando, (2015), quien selecciono un aerogenerador de 60 KW de la marca AEOLOS, el cual cumplía con los parámetros encontrados en la zona de investigación.

CONCLUSIONES.

- Se determinó la zona de implementación del sistema de generación, ubicado en las coordenadas, $9^{\circ}35'25.39''S - 77^{\circ}32'15.98''O$, en los caseríos de Chilca y Purucuta, que cuentan con 1 Km de separación entre ellas, a una altura de 3727 m.s.n.m, y se realizó la medición de velocidad del viento.
- Se determinó una velocidad promedio de 7.5 m/s a una altura estimada de 25 m sobre el nivel del suelo, y se estimó un potencial eólico.
- Se determinó la demanda máxima de la energía eléctrica, estimada a 10 años y se obtuvo un valor de 60 kW.
- Se realizó el dimensionamiento del aerogenerador a través del algoritmo de diseño de aerogeneradores,
- Mediante la aplicación de una matriz de selección, se optó por la mejor opción en cuanto a parámetros técnicos, eligiéndose el aerogenerador de marca ADES, ver anexo 05.
- Se calculó los parámetros económicos, dando como resultado la viabilidad del sistema, con un retorno a la inversión de 1.39 años con financiación bancaria por un periodo de 20 años.

RECOMENDACIONES

- Se puede realizar mejoras a este trabajo, en la parte económica ya que los intereses dependerán de la entidad financiera, o de ser posible con financiación privada, en la parte técnica, varía de acuerdo con los valores de la zona de investigación.
- El uso de este tipo de tecnología para la generación de energía eléctrica es recomendable para el medio ambiente.
- En el presente trabajo se diseñó en base a los algoritmos de diseño de las turbinas eólicas, y de acuerdo con los parámetros obtenidos se optó por la búsqueda de 4 alternativas, de las cuales según diversos criterios se recomienda la mejor opción de mayor puntaje, por lo tanto, existe la posibilidad de obtener diversos y mayor cantidad de alternativas, las cuales se pueden elegir a conveniencia.
- Se recomienda incluir un equipo de stand by para los días de mantenimiento los cuales se someterá el aerogenerador seleccionado, el equipo stand by se considero para el calculo económico.
- Se recomienda la ejecución del siguiente proyecto tomando como referencia la viabilidad técnica y económica, los cuales mediante el análisis de los datos recopilados en la zona de investigación fueron favorables.

PROPUESTA.

- Con este proyecto se puede llegar a mejorar la calidad de vida de la población, generando energía eléctrica a partir del aire, energía limpia.
- Se propone la mejora de este estudio debido a que los parámetros técnicos y económicos encontrados pueden ser variables según la zona de estudio, teniendo como referencia el atlas eólico del Perú.
- Mediante este tipo de proyecto se puede llegar a brindar de energía eléctrica, a los caseríos o centros poblados alejados de la ciudad.
- Este proyecto servirá como referencia a estudios posteriores sobre energías renovables, energía eólica.
- Este trabajo brinda mejoras a la calidad de vida de la población, en zonas de bajo nivel socioeconómico, teniendo en cuenta además los beneficios de usar tecnología para generar energía eléctrica a través de la energía del viento, energía limpia.

Bibliografía

Alvarado, José Espina. 2011. Caracterización de la Carga en Sistemas Eléctricos de Distribución. Maracaibo : s.n., 2011.

Bernal, Fidel Fernández, y otros. 2006. Generación eléctrica con energía eólica: presente y futuro. [En línea] 2006. [Citado el: 14 de 11 de 2017.]
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=11139>.

Diez, Fernandez. 1993. *Capitulo 2 Caracterizacion del viento*. [Documento] 1993.

Eindhoven, Grupo de Energia Eolica de la Universidad de Tecnologia de. 2004. Rotor para Eólica. [En línea] 01 de Enero de 2004. http://www.arrakis.nl/reports/M-rotors_dreamw.html. .

FRANQUESA Voneschen, Manuel. 2009. Introduccion a la Teoria de las Turbinas Eolicas. Berling -Bauverlag : s.n., 2009. 1era edicion. ISBN: 3762527008.

Gómez Rivera, William, Aperador Chaparro, William y Delgado Tobon, Emilio. 2010. Desarrollo de rotores para turbina eólica de 200 vatios mediante la implementación de tecnología local. . [En línea] 16 de Diciembre de 2010.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012321262011000200001&script=sci_arttext.

Herrada Chira, Willy Roy. 2014. Analisis tecnico - economico para la instalacion de un parque eólico en el distrito de Eten - Chiclayo - Lambayeque. *tesis*. Trujillo : s.n., 2014.

León Plasencia Luisin, Fernando. 2015. Estudio para la seleccion de un aerogenerador eólico y su influencia en la reduccion de los costos de facturacion de energia eléctrica en el mercado de abastos de la municipalidad distrital de Chilete, provincia de Contumazá, departamento de Cajamarca. Trujillo : s.n., 2015.

Lopez Villarubia, Miguel. 2012. *Ingenieria de la energia eólica*. Barcelona : MARCOMBO. S.A, 2012.

Mirko, Deza Deza Yglesias Yordi. 2015. Estudio Tecnico y economico de la instalacion de un aerogeneradores para suministrar energia electrica a las viviendas del centro poblado Playa blanca - Piura. Trujillo : s.n., 2015.

Anexo 02

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS				
INSTRUMENTO DE MEDICION: ANEMOMETRO DIGITAL				
FECHA	HORA	ALTURA (m)	TEMPREATURA (°C)	VELOCIDAD m/s
07/10/2017	7:00 - 8:00	5	7.85	5.3
07/10/2017	8:00 - 9:00	5	7.45	5.03
07/10/2017	9:00 - 10:00	5	10.42	4.66
07/10/2017	10:00 - 11:00	5	12.6	4.99
07/10/2017	11:00 - 12:00	5	12.6	5.21
07/10/2017	12:00 - 13:00	5	12.5	4.82
07/10/2017	13:00 - 14:00	5	11.5	4.64
07/10/2017	14:00 - 15:00	5	10.15	5.23
07/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.85	5.11
07/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.3	5.37
07/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.5	5.23
07/10/2017	18:00 - 19:00	5	7.58	4.53
07/10/2017	20:00 - 21:00	5	7.59	5.22
07/10/2017	21:00 - 22:00	5	8.52	5.09
07/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.54	5.04
07/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	3.89
08/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.95	3.56
08/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.85	4.25
08/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.25	4.52
08/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.54	4.34
08/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.45	5.27
08/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.28	5.04
08/10/2017	6:00 - 7:00	5	8.23	5.02
08/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.3	5.02
08/10/2017	8:00 - 9:00	5	7.5	5.14

08/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.58	4.52
08/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.59	5.22
08/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.52	5.09
08/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.54	5.04
08/10/2017	13:00 - 14:00	5	8.23	5.89
08/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.95	5.62
08/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.85	5.99
08/10/2017	16:00 - 17:00	5	12.6	6.03
08/10/2017	17:00 - 18:00	5	12.6	5.74
08/10/2017	18:00 - 19:00	5	12.5	4.82
08/10/2017	20:00 - 21:00	5	11.5	4.64
08/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.25	5.75
08/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.54	4.34
08/10/2017	23:00 - 00:00	5	7.45	5.27
09/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.28	3.56
09/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.59	4.21
09/10/2017	2:00 - 3:00	5	8.52	4.23
09/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.54	5.04
09/10/2017	4:00 - 5:00	5	8.23	5.03
09/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.95	4.74
09/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.58	4.78
09/10/2017	7:00 - 8:00	5	7.59	5.22
09/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.52	5.09
09/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.54	5.04
09/10/2017	10:00 - 11:00	5	8.23	4.64
09/10/2017	11:00 - 12:00	5	7.95	4.74
09/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.58	4.53
09/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.25	5.75
09/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.54	4.34
09/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.45	5.27

09/10/2017	16:00 - 17:00	5	7.28	5.04
09/10/2017	17:00 - 18:00	5	8.23	6.23
09/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.3	5.37
09/10/2017	20:00 - 21:00	5	7.5	4.86
09/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.58	4.52
09/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.59	5.22
09/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.52	5.09
10/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.54	4.115
10/10/2017	1:00 - 2:00	5	8.23	4.64
10/10/2017	2:00 - 3:00	5	10.15	4.98
10/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.85	5.11
10/10/2017	4:00 - 5:00	5	8.3	5.37
10/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.5	4.86
10/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.58	50.32
10/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	5.03
10/10/2017	8:00 - 9:00	5	7.95	5.23
10/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.58	4.56
10/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.25	5.75
10/10/2017	11:00 - 12:00	5	7.54	5.03
10/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.45	5.89
10/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.28	5.04
10/10/2017	14:00 - 15:00	5	8.23	5.23
10/10/2017	15:00 - 16:00	5	8.3	5.37
10/10/2017	16:00 - 17:00	5	7.5	5.12
10/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.58	6.32
10/10/2017	18:00 - 19:00	5	7.59	5.22
10/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.52	5.09
10/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.54	5.04
10/10/2017	22:00 - 23:00	5	8.23	4.64
10/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.3	5.37

11/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.5	4.86
11/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.58	4.58
11/10/2017	2:00 - 3:00	5	8.23	4.64
11/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.95	4.74
11/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.58	4.56
11/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.25	5.75
11/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.54	4.34
11/10/2017	7:00 - 8:00	5	7.54	5.04
11/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.23	5.25
11/10/2017	9:00 - 10:00	5	10.15	4.98
11/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.85	5.11
11/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.3	5.37
11/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.5	4.86
11/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.23
11/10/2017	14:00 - 15:00	5	8.23	4.64
11/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.95	5.28
11/10/2017	16:00 - 17:00	5	7.58	6.22
11/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.25	5.75
11/10/2017	18:00 - 19:00	5	7.54	4.34
11/10/2017	20:00 - 21:00	5	7.45	5.27
11/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.28	5.04
11/10/2017	22:00 - 23:00	5	8.23	4.64
11/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.3	5.37
12/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.5	4.86
12/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.58	4.52
12/10/2017	2:00 - 3:00	5	8.23	3.58
12/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.95	4.74
12/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.58	4.53
12/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.25	5.75
12/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.25	5.75

12/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	4.64
12/10/2017	8:00 - 9:00	5	7.95	4.74
12/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.58	4.51
12/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.25	5.75
12/10/2017	11:00 - 12:00	5	7.54	4.34
12/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.45	5.27
12/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.28	5.04
12/10/2017	14:00 - 15:00	5	8.23	5.23
12/10/2017	15:00 - 16:00	5	8.3	5.37
12/10/2017	16:00 - 17:00	5	7.5	6.32
12/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.58	5.21
12/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	5.32
12/10/2017	20:00 - 21:00	5	7.95	4.74
12/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.58	4.53
12/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.58	4.52
12/10/2017	23:00 - 00:00	5	7.59	5.22
13/10/2017	00:00 - 1:00	5	8.52	4.1
13/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.54	3.98
13/10/2017	2:00 - 3:00	5	8.23	4.64
13/10/2017	3:00 - 4:00	5	8.3	5.37
13/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.5	4.86
13/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.58	4.54
13/10/2017	6:00 - 7:00	5	8.23	5.02
13/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	5.03
13/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.3	5.26
13/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.5	4.86
13/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.58	4.56
13/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	5.02
13/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
13/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	4.52

13/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	5.63
13/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	5.22
13/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
13/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	5.04
13/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	4.64
13/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
13/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86
13/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.58	4.53
13/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	4.05
14/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.58	4.52
14/10/2017	1:00 - 2:00	5	8.23	4.64
14/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.95	4.25
14/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.58	4.53
14/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.25	5.75
14/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.25	5.75
14/10/2017	6:00 - 7:00	5	8.23	5.03
14/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	4.64
14/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.3	5.75
14/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.5	5.12
14/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.58	5.23
14/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	5.12
14/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
14/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.32
14/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	5.32
14/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	5.22
14/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
14/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	5.04
14/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	5.23
14/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
14/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86

14/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.58	4.51
14/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	4.23
15/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.58	4.56
15/10/2017	1:00 - 2:00	5	8.23	4.64
15/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.95	4.74
15/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.58	4.52
15/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.58	4.53
15/10/2017	5:00 - 6:00	5	8.23	4.64
15/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.58	5.23
15/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	5.12
15/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.3	5.68
15/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.5	4.86
15/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.58	5.12
15/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	5.03
15/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
15/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.78
15/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	5.78
15/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	5.22
15/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
15/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	6.02
15/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	4.64
15/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
15/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86
15/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.58	4.52
15/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	4.56
28/10/2017	00:00 - 1:00	5	7.59	3.89
28/10/2017	1:00 - 2:00	5	8.52	4.58
28/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.54	4.12
28/10/2017	3:00 - 4:00	5	8.23	4.64
28/10/2017	4:00 - 5:00	5	8.3	5.37

28/10/2017	5:00 - 6:00	5	7.5	4.86
28/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.58	4.53
28/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	5.12
28/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.3	5.26
28/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.5	5.23
28/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.58	5.32
28/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	5.23
28/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
28/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.65
28/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	5.23
28/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	6.21
28/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
28/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	5.04
28/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	5.78
28/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
28/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86
28/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.54	5.04
28/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	4.23
29/10/2017	00:00 - 1:00	5	8.3	4.12
29/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.5	4.86
29/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.58	4.56
29/10/2017	3:00 - 4:00	5	8.23	4.64
29/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.59	4.98
29/10/2017	5:00 - 6:00	5	8.52	5.09
29/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.5	5.03
29/10/2017	7:00 - 8:00	5	8.23	4.64
29/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.3	5.14
29/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.5	4.86
29/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.58	5.13
29/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	5.32

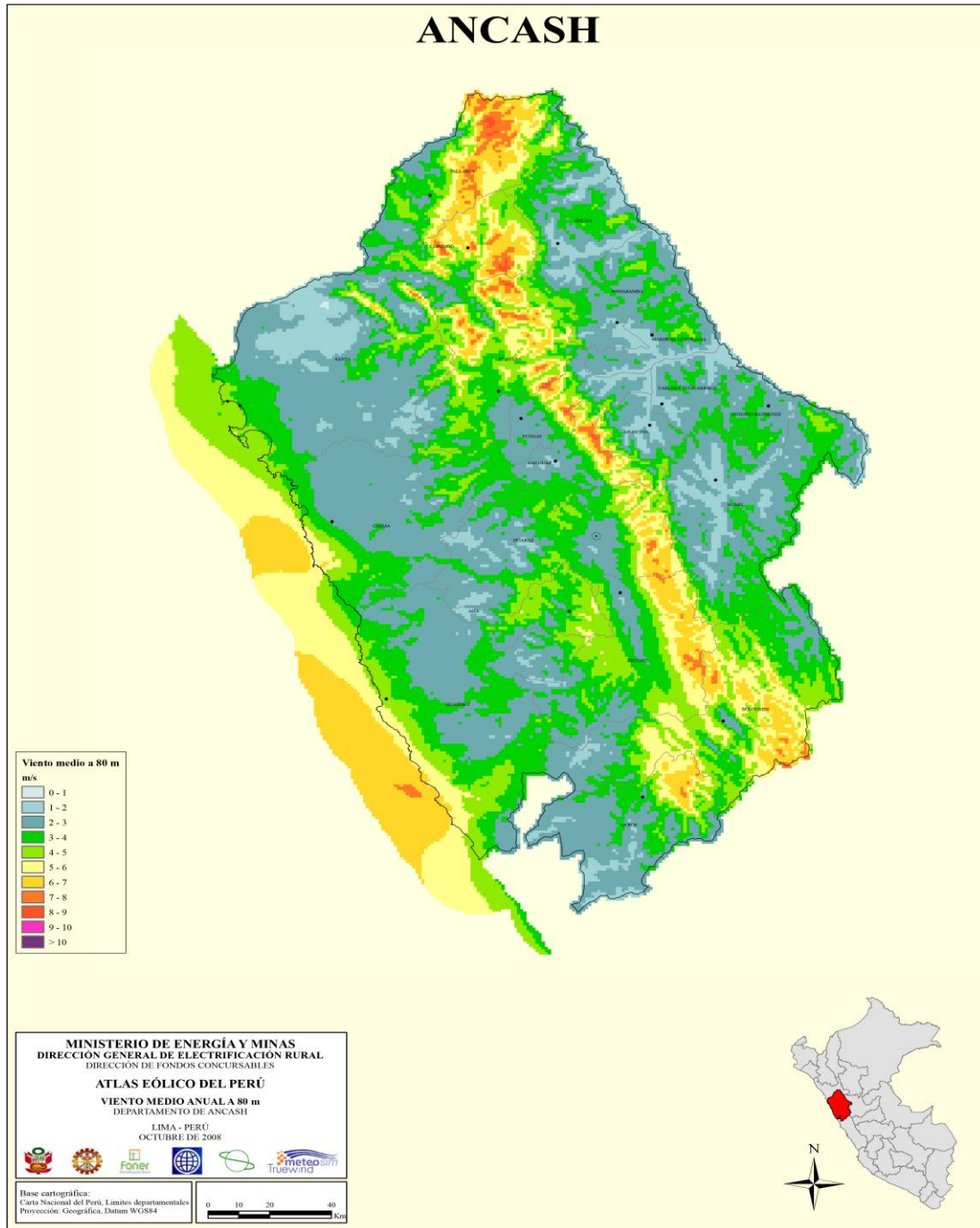
29/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
29/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.78
29/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	5.78
29/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	5.98
29/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
29/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	6.01
29/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	4.64
29/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
29/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86
29/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.54	5.04
29/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	5.32
30/10/2017	00:00 - 1:00	5	8.3	3.95
30/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.5	4.86
30/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.58	4.12
30/10/2017	3:00 - 4:00	5	8.23	4.64
30/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.59	4.87
30/10/2017	5:00 - 6:00	5	8.52	5.09
30/10/2017	6:00 - 7:00	5	8.23	5.21
30/10/2017	7:00 - 8:00	5	7.95	5.32
30/10/2017	8:00 - 9:00	5	7.58	4.52
30/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.58	4.52
30/10/2017	10:00 - 11:00	5	7.59	5.22
30/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.52	5.09
30/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.54	5.04
30/10/2017	13:00 - 14:00	5	8.23	5.63
30/10/2017	14:00 - 15:00	5	8.3	5.37
30/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.5	6.21
30/10/2017	16:00 - 17:00	5	7.54	5.04
30/10/2017	17:00 - 18:00	5	8.23	5.1
30/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.3	5.37

30/10/2017	20:00 - 21:00	5	7.5	4.86
30/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.58	4.56
30/10/2017	22:00 - 23:00	5	8.23	4.64
30/10/2017	23:00 - 00:00	5	7.59	5.22
31/10/2017	00:00 - 1:00	5	8.23	4.64
31/10/2017	1:00 - 2:00	5	7.95	4.74
31/10/2017	2:00 - 3:00	5	7.58	4.23
31/10/2017	3:00 - 4:00	5	7.58	4.53
31/10/2017	4:00 - 5:00	5	7.59	4.56
31/10/2017	5:00 - 6:00	5	8.52	5.09
31/10/2017	6:00 - 7:00	5	7.54	5.23
31/10/2017	7:00 - 8:00	5	7.58	5.14
31/10/2017	8:00 - 9:00	5	8.23	5.12
31/10/2017	9:00 - 10:00	5	7.59	5.75
31/10/2017	10:00 - 11:00	5	8.52	5.09
31/10/2017	11:00 - 12:00	5	8.23	4.64
31/10/2017	12:00 - 13:00	5	7.95	4.74
31/10/2017	13:00 - 14:00	5	7.58	5.09
31/10/2017	14:00 - 15:00	5	7.58	4.52
31/10/2017	15:00 - 16:00	5	7.59	5.22
31/10/2017	16:00 - 17:00	5	8.52	5.09
31/10/2017	17:00 - 18:00	5	7.54	5.04
31/10/2017	18:00 - 19:00	5	8.23	4.64
31/10/2017	20:00 - 21:00	5	8.3	5.37
31/10/2017	21:00 - 22:00	5	7.5	4.86
31/10/2017	22:00 - 23:00	5	7.54	5.04
31/10/2017	23:00 - 00:00	5	8.23	5.23

Fuente: Elaboración.

Anexo 03

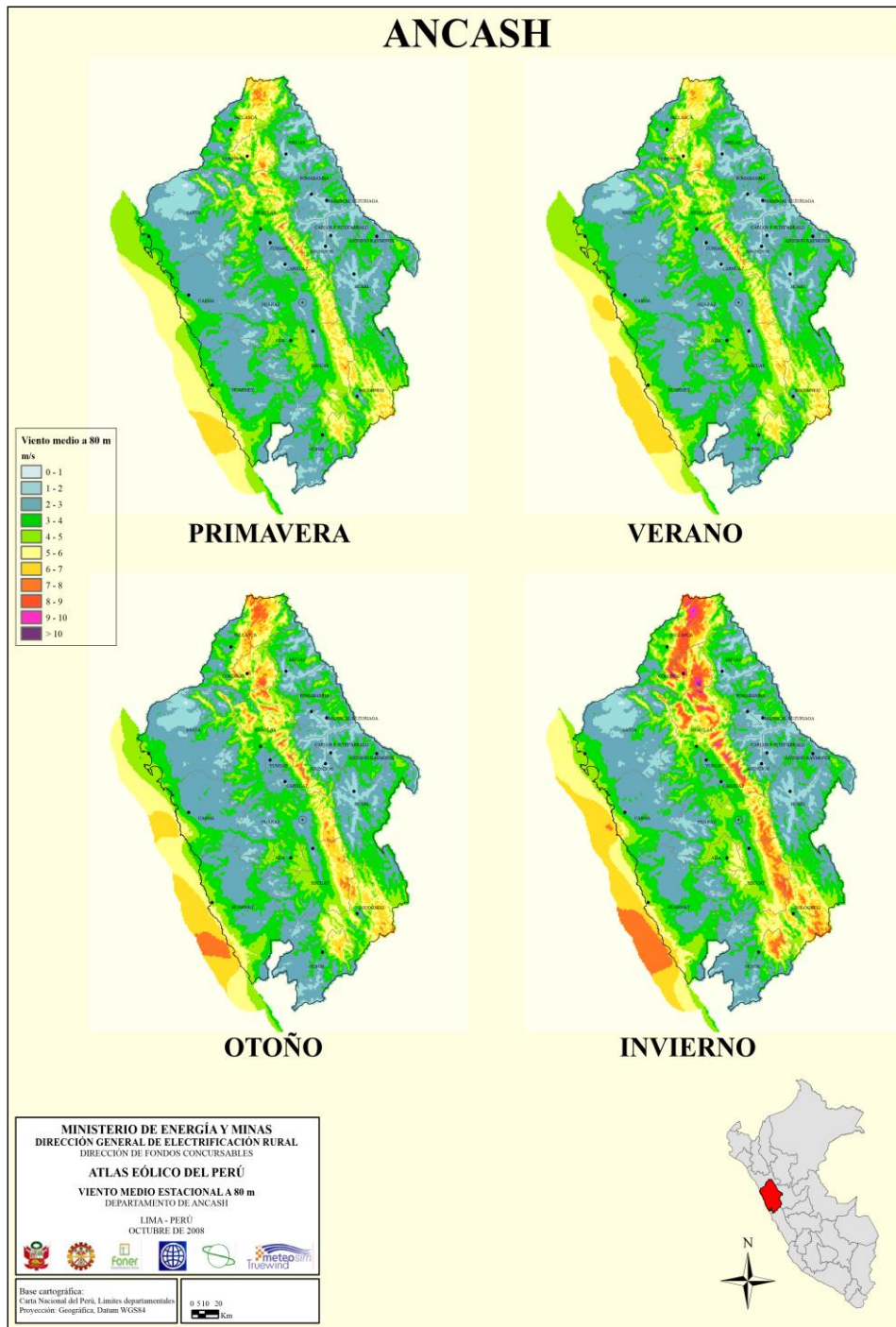
Mapa eólico de la región Ancash.



Fuente: MINEM 2008

Anexo 04

Mapa eólico según estaciones del año en la región Ancash.



Fuente: MINEM 2008

Anexo 05

Parámetros técnicos de 4 alternativas de turbinas.

ALTERNATIVAS.				
Detalles	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3	Aerogenerador 4
Marca:	Vergnet	Enair	ADES	Yaneng
Potencia:	60 KW	60 KW	59 KW	60 KW
Diámetro:	15 m	15.9 m	29 m	23 m
Rotor:				
N° de alabes:	2	3	3	3
Área de barrido:	176.7 m ²	<200 m ²	600 m ²	-
Densidad de potencia:	2.95 m ² /KW		10 m ² /KW	-
velocidad máxima:	92 rad/min	60 rpm	hasta 50 rpm	60 rpm
Caja de cambios				
Etapas:	2	-	variable	-
Relación de transmisión:	16	-	15.5	-
Generador:				
voltaje	690 v	500 V	hasta 500 V	187.5 - 562.5 V
Velocidad máxima.	1500 rad/min	-	-	22.5 - 67.5 rpm
Velocidades de oper.				
velocidad de inicio	5 m/s	1.85 m/s	3.5 m/s	3 m/s
velocidad nominal	15 m/s		8 m/s	8.5 m/s
velocidad de parada	20 m/s	25 m/s	20 m/s	50 m/s
Torre:				
altura de torre	24 - 40 m	-	25 m	20 m
Peso				
Peso de rotor	0.8 tn	4.9 tn	3.2 tn	3.7 tn
Peso de torre	6 tn	-	9.9 tn	5 tn
Peso total.	8.3 tn	-	16.8 tn	-
costo total.	\$ 87,325	\$ 114,075	\$ 26,350	\$ 35,100

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 06

Ficha técnica aerogenerador Yaneng.

Detalles del producto	Perfil de la empresa	Descripción general de ...
Información de la empresa	Embalaje y envío	
Velocidad nominal del rotor	1000rpm	
Velocidad nominal	10 m/s	
Potencia nominal	50kw	
Potencia máxima	60kw	
Tensión de salida	380 V	
Comienza para arriba velocidad del viento	3 m/s	
Velocidad de trabajo	3-25 m/s	
Velocidad del viento de seguridad	50 m/s	
Altura de la torre	18 m	
Peso superior, excepto la torre	2000 kg	
Tipo torre	450mm tubo de acero	
Sistema de control de salida	Regulador, inversor	
Baterías sugeridas y su capacidad	12 V 200AH 112 unids	

Fuente: Yaneng Company

Anexo 07


Ficha técnica aerogenerador Enair.

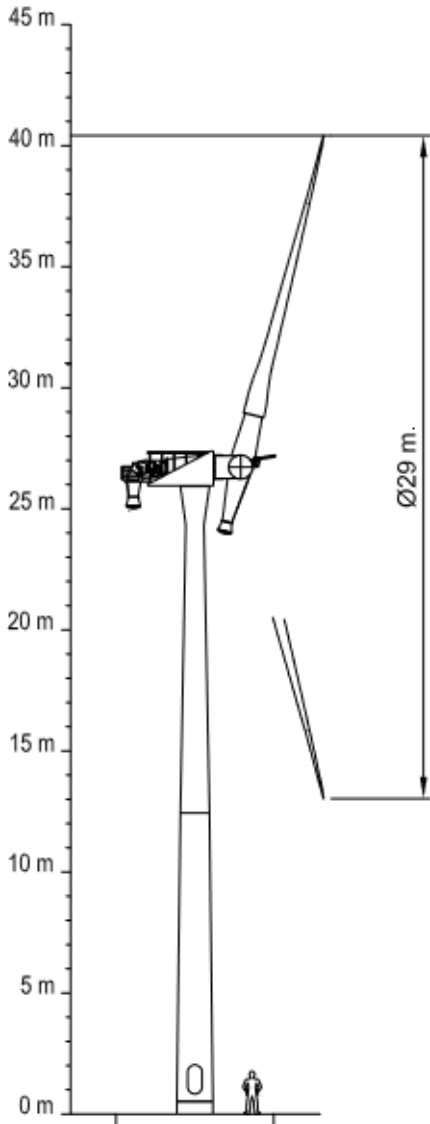
	Características	Tipo de valores
GENERADOR	Potencia	70kW
	Configuración	3 fases - 500V - transmisión directa
AEROGENERADOR	Configuración	3 palas, eje horizontal, sotavento
	Potencia Nominal	60kW
	Clase de viento	CLASS III / IEC 61400-2 / NVN I - A
	Aplicaciones	Conexión a red - Micro red
	Velocidad nominal de rotación	60rpm
	Inicio de Rotación	1,85m/s
	Corte de producción	25m/s
	Protección	IP65 / alta protección ambiental
	Peso	4.900Kg
	Orientación	Orientación aerodinámica
ROTOR	Diámetro	15,9m
://www.enair.es/es/contacto Área de barrido		< 200m ²

Fuente: Enair Company.

Anexo 08

Ficha técnica aerogenerador Ades.

	<h2 style="margin: 0;">ADES PENDULAR WIND TURBINE 60 kW</h2> <p style="font-size: small; margin: 0;">www.ades.tv / e-mail: ades@ades.tv / phone: 00 34 976 57 11 93 / fax: 00 34 876 24 60 24</p>
---	---



1	Rated power (kW)	59
	Rated wind speed (m/s)	8
	Cut in / out Speed (m/s)	3.5. / 20
	Wind direction	Downwind
	Wind class	IEC III
	Operating temperature range	-20 ° C to 45 ° C
2	ROTOR	Swivelling Single blade
	Material	Fibreglass / epoxy resin
	Turbined area (m ²) / Ratio m ² /kW	600 / 10
	Pitch	Variable
	Rotor Speed (rpm)	up to 50 rpm
	Max torque (kNm) / Thrust (kN)	14.5 / 16.9
	Turn direction	Clockwise (looking to downwind)
	Rotor height (m)	28
	Weight (kg)	3200
3	PENDULUM	
	Multiplication ratio	15.5
	Efficiency %	96
	Lubrication	Oil bath
	Generator	Squirrel-cage rotor
	Number of poles	8
	Voltage (V)	up to 500
	Frecuence (Hz)	50/60 Hz
	Proteccion class	IP 54
	Thermal class	F
Weight (kg)	1900	
4	Nacelle Weight (kg)	1800
5	Weight over tower (kg)	6900
6	Tower weight (kg)	9900
7	Total structure weight (kg)	16800
8	Electrical cabinet (kg)	900
9	Sound power level dB(A)	72

Fuente: Ades Company

GEV 15/60 (Vergnet)

Main data

Rated power: 60 kW
Rotor diameter: 15 m
Old model
Offshore model: no
Commissioning: 1994

Rotor

Number of blades: 2
Type: Stall
Swept area: 176.7 m²
Power density: 2.95 m²/kW
Maximum speed: 92 rd/min
Manufacturer: Vergnet

Tower

Minimum hub height: 24 m
Maximum hub height: 40 m

Weights

Nacelle: 1.5 t
Rotor + hub: 0.8 t
Tower: 6 t
Total: 8.3 t

Gearbox

Gearbox: yes
Stages: 2
Gear ratio: 16
Manufacturer: Leroy Somer

Wind speeds

Cut-in wind speed: 5 m/s
Rated wind speed: 15 m/s
Cut-off wind speed: 20 m/s

Generator

Type: ASYNC
Number: 1
Maximum speed: 1500 rd/min
Voltage: 690 V
Manufacturer: Leroy Somer



Anexo 09

Ficha técnica aerogenerador Vergnet.

Fuente: Wind Power Company.

Anexo 10



8D-GEL Data sheet
for Renewable Energy and Backup Power Applications

Model: 8D-GEL
Dimensions: inches (mm)
Battery: VRLA GEL
Material: Polypropylene



Product Specifications

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Amp-Hours (AH)								ENERGY (kWh)	VOLTAGE	TERMINAL Type ^D	DIMENSIONS ^B Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		2-Hr Rate	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	48-Hr Rate	72-Hr Rate	100-Hr Rate	100-Hr Rate				Length	Width	Height ^C	
deeP-cycle gel Batteries																
8D	8D-GEL	146	188	207	225	240	255	265	3.18	12 VOLT	5	21-1/16 (534)	11 (279)	10-13/16 (233)	161 (73)	

charging instructions

charger Voltage settings (at 77°F/25°C)				
system Voltage	12V	24V	36V	48V
Absorption Charge	14.1 - 14.4	28.2 - 28.8	42.3 - 43.2	56.4 - 57.6
Float Charge	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

terminal configurations

it	
	Terminal Height Inches (mm) 1-3/4 (43) Torque Values in-lb (Nm) 100 - 120 (11 - 14) Through-hole Diameter (mm) 3/8 (10)

charging teMPerature coMPensation

.028VPC for every 10° F (5.55° C) above or below 77° F (25° C) (add .028VPC for every 10° F (5.55° C) below 77° F and subtract .028VPC for every 10° C above 77° F).

exPected life Vs. teMPerature

Chemical reactions internal to the battery are driven by voltage and temperature. The higher the battery temperature, the faster chemical reactions will occur. While higher temperatures can provide improved discharge performance the increased rate of chemical reactions will result in a corresponding loss of battery life. As a rule of thumb, for every 10° C increase in temperature the reaction rate doubles. Thus, a month of operation at 35° C is equivalent in battery life to two months at 25° C. Heat is an enemy of all lead acid batteries, FLA, AGM and gel alike and even small increases in temperature will have a major influence on battery life.

oPerational data

operating temperature	self discharge
-4° F to 113° F (-20° C to +45° C). At temperatures below 32° F (0° C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

A. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 77° F (25° C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
 B. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.
 C. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
 D. Terminal images are representative only.
 Trojan's Battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.
 ** Additional Terminals Available

Made in the usa

Fuente: Trojan Battery company.

Anexo 11

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENCIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm ²		mm	mm	mm	mm		A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

Fuente: INDECO.

Anexo 12

NYY en mm ²	US\$ / m
NYY 4 mm ²	0.7936
NYY 6 mm ²	0.9095
NYY 10 mm ²	1.3971
NYY 16 mm ²	2.1474
NYY 25 mm ²	3.3495
NYY 35 mm ²	4.5359
NYY 50 mm ²	6.0662
NYY 70 mm ²	8.67
NYY 95 mm ²	11.9698
NYY 120 mm ²	15.0315
NYY 150 mm ²	18.456
NYY 185 mm ²	23.0322
NYY 240 mm ²	30.2738
NYY 300 mm ²	37.7661

Fuente: INDECO.

Tarifa Eléctrica Rural a nivel de Empresa

Empresa	VAD (S./JkW-mes)	
	Media Tensión (VADMT)	Baja Tensión (VADBT)
Electro Oriente (1)	14.498	35.104
Electro Oriente (2)	13.783	33.249
Electro Puno	14.209	34.277
Electro Sur Este	14.209	34.277
Electro Sur Medio	37.866	94.947
Electro Tocache	14.209	34.277
Electrocentro	14.209	34.277
Electronoroeste	14.209	34.277
Electronorte	14.209	34.277
Hidrandina	14.209	34.277
Seal	14.209	34.277

Fuente: Osinergmin.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Evaluación de datos de los centros poblados, para el:

“ANÁLISIS DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS CASERIOS DE CHILCA Y PURUCUTA - HUARAZ.”

Cuestionario: dirigido a la población beneficiaria.

I. Información personal.

Apellidos y nombres:

.....

Cargo/Localidad:

.....

Grado de estudio:

.....

II. Instrucciones: marque con un aspa la alternativa según corresponda y complete los espacios en blanco de las siguientes preguntas.

1. ¿Cuántas personas habitan en su hogar/comunidad?

2. De contar con energía eléctrica, ¿qué artefactos usaría?, ¿por cuántas horas al día lo usaría?

Artefacto	si	No	Cantidad	Horas/día
Televisor				
DVD				
Foco ahorrador				
Equipo de sonido				
Computadora				
Licuada				
Lavadora				
Plancha				
Lavadora				
Horno microondas				

3. ¿ha escuchado hablar sobre las energías renovables?

4. ¿Tiene conocimiento sobre la energía eólica?

5. ¿Cuál es su opinión sobre la obtención electricidad a partir del viento?