

## Uso de la energía eólica en generación eléctrica para una vivienda que requiere 4 kWh/día

Use of wind energy in electricity generation for a house that requires 4 kWh/day

**José Ricardo Moreno Cevallos**

jose.moreno@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0040-8711>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

### RESUMEN

Este artículo presenta el análisis y el procedimiento realizado para la selección de un generador eólico de Muy Baja Potencia que se requiere para el abastecimiento de energía eléctrica de una vivienda del sector rural, que se encuentra ubicado en la Provincia del Cañar – Cantón El Tambo – parroquia El Tambo. El valor de la Velocidad Media Anual del Viento para el sitio, fue tomado del ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR. Para obtener estos resultados se adquirió el valor de la temperatura de la celda y la transmisión de calor por radiación, con un solo valor de radiación solar y una altura de flotación; pero para caracterizar su comportamiento a diferentes valores de radiación solar y diferentes valores de altura del flotador, se realizó un modelo matemático para caracterizar este fenómeno. Las curvas que caracterizan el comportamiento del fenómeno se obtuvieron programando el modelo matemático en octava GNU.

**Palabras clave:** GNU Octave, Panel Fotovoltaico solar flotante. Energía eólica.

### ABSTRACT

This article presents the analysis and procedure carried out for the selection of a Very Low Power wind generator that is required for the supply of electricity to a house in the rural sector, which is located in the Province of Cañar - Cantón El Tambo - El Tambo parish. The value of the Annual Average Wind Speed for the site was taken from the WIND ATLAS OF ECUADOR. In order to obtain these results, the value of the cell temperature and the transmission of heat by radiation were obtained, with a single value of solar radiation and a float height; but to characterize its behavior at different values of solar radiation and different values of float height, a mathematical model was carried out to characterize this phenomenon. The curves that characterize the behavior of the phenomenon were obtained by programming the mathematical model in GNU octave.

**Keywords:** GNU Octave, Floating Solar Photovoltaic Panel. Wind power.

### Nomenclatura

$G$  = Valor de la radiación solar ( $W/m^2$ ).

A continuación se presenta el listado de símbolos usados en el desarrollo de la selección de un aerogenerador:

$P$  = Potencia obtenida, kilowatts (W)

$P_r$  = Potencia de salida real (W)

$\rho$  = Densidad del aire,  $kg/m^3$

$D$  = Diámetro de las palas (m)

$A$  = Área de barrido del rotor ( $m^2$ ) ó  $\pi \times D^2/4$  ( $D$  es el diámetro del rotor y  $\pi = 3.1416$ )

$V$  = Velocidad del viento (m/s)

$v_1$  = Velocidad del viento a la altura  $h_1$  (m/s)

$v_2$  = Velocidad del viento a la altura  $h_2$  (m/s)

$h_1$  = Altura 1 sobre el nivel del terreno (m)

$h_2$  = Altura 2 sobre el nivel del terreno (m)

$z_0$  = Rugosidad del terreno

$d_a$  = Días de autonomía de la batería

$P_d$  = Profundidad de descarga

$V_{nom}$  = Tensión que tendrá el sistema (V)

$N_{bat}$  = Número de baterías

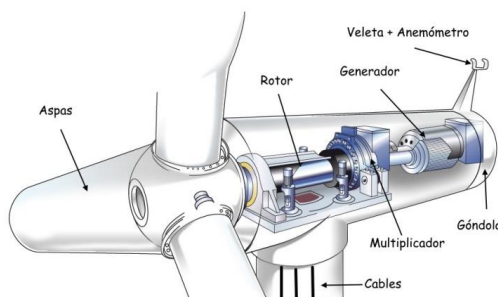
$I$  = Intensidad de corriente (Amp)

## INTRODUCCIÓN

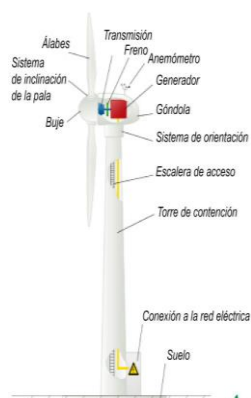
La energía eólica es la energía que se obtiene del viento (Simón & Copena, 2012). Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un aerogenerador generador eléctrico que utilizan una hélice para transmitir el movimiento que el viento produce en sus palas al rotor de un alternador. Es una energía renovable, limpia, que no contamina y que ayuda a reemplazar la energía producida a través de los combustibles fósiles (Palacios et al, 2019).

Las principales partes de un aerogenerador lo conforman la torre; un sistema de orientación ubicado al final de la torre, en su extremo superior; un armario de acoplamiento a la red eléctrica pegado a la base de la torre; una góndola que es el armazón que cobija los componentes mecánicos del molino y que sirve de base a las palas; un eje y mando del rotor por delante de las palas; y dentro de la góndola, un freno, un multiplicador, el generador y el sistema de regulación eléctrica (Rojas, Flórez & Rico, 2018). El esquema típico de la instalación se puede ver en las fig. 1 y 2.

**Fig. 1.** Partes de un aerogenerador



**Fig. 2.** Partes de un aerogenerador incluido la torre



## Objetivo General

Formular un procedimiento para seleccionar los componentes de un sistema de generación eólica, para abastecer de energía eléctrica a un conjunto de viviendas que requieren 4,0 kWh/día.

## Objetivos Específicos

Seleccionar de entre una lista de fabricantes el aerogenerador requerido para suministrar 4,0 kWh/día, tomando en consideración las condiciones ambientales del sitio de la instalación. En seguida, se pretende seleccionar los componentes auxiliares del sistema de generación eólica requeridos para acoplarlos al aerogenerador.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada para seleccionar los componentes de un sistema de generación eólica, para abastecer de energía eléctrica a un conjunto de viviendas, es la siguiente:

- i) Estimación de recurso eólico. En este estudio, se deberá registrar la media mensual de la velocidad del viento de entre un periodo de 15 años; además se deberá registrar la temperatura promedio, la altura sobre el nivel del mar del sitio (m.s.n.m.), presión atmosférica del sitio.
- ii) Verificar el dato del consumo de la energía eléctrica (kWh) que debe ser suministrado por el generador eólico. Se debe verificar cual es el pico de consumo energético que se va a producir en las viviendas, con el fin de determinar el aerogenerador para cubra esta demanda de energía. Elaboración de cálculos y selección del aerogenerador de entre varios fabricantes.
- iii) Selección de los componentes del sistema (baterías, regulador, inversor, cableado eléctrico, regulador de baterías, baterías – inversor). Elaboración de Data Sheet de cada uno de los equipos seleccionados. La selección de equipos y materiales se realizará en función de la metodología planteada en el numeral IV de este documento.
- iv) Estimación del recurso eólico. El primer paso es estimar el recurso eólico del sitio donde se instalará el generador eólico; el sitio seleccionado para la ubicación del generador eólico es la Provincia de Cañar – Cantón El Tambo – Parroquia El Tambo. EL valor de la velocidad anual del viento, será tomado de los mapas eólicos que se encuentran disponibles en el Atlas Eólico del Ecuador - Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, ver Fig. 3, 4, 5.

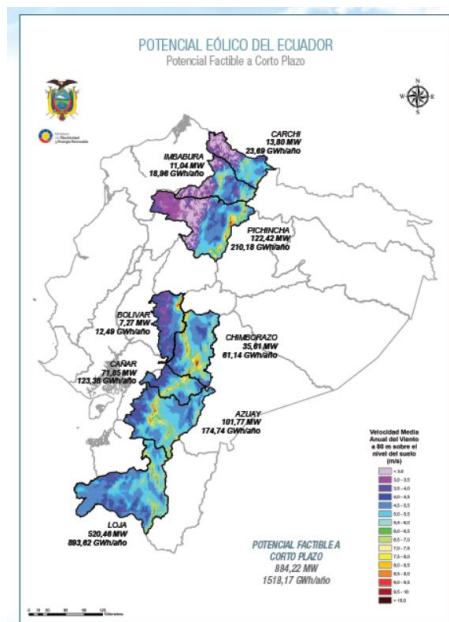


Fig. 3 – Potencial Eólico del Ecuador – Potencial Factible a Corto Plazo

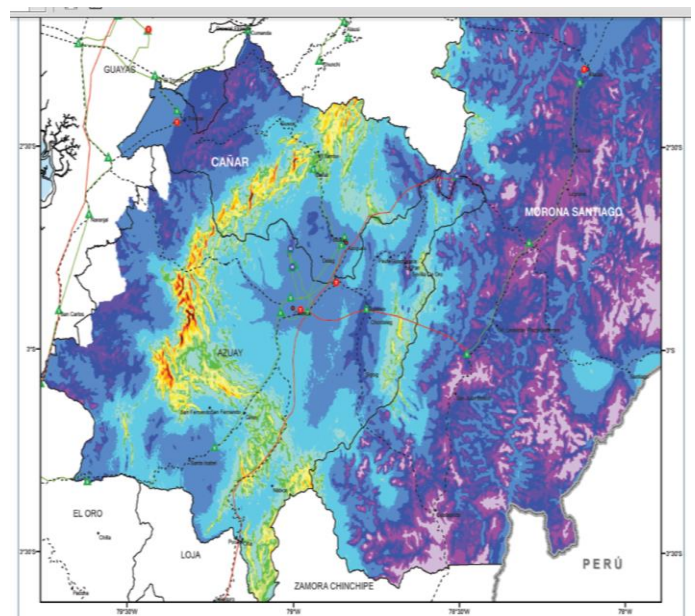
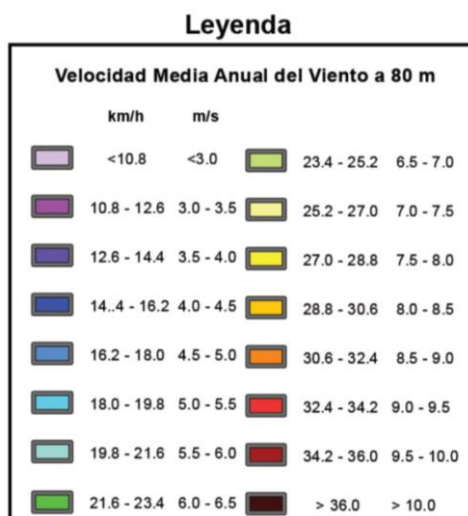


Fig. 4 – Zona 6 – Cañar, Azuay, Morona Santiago - Velocidad Media Anual del Viento a (80 m de altura del sobre el suelo) [5]



**Fig. 5** – Valores de la Velocidad Media anual del Viento a (80 m de altura del sobre el suelo) de la Zona 6 Cañar, Azuay, Morona Santiago [5]

El valor de la velocidad anual del viento (a 80 m de altura) en la cabera cantonal del Cantón El Tambo esta entre 6,0 m/s y 6,5 m/s (21,6 km/h y 23,4 km/h).

La altura sobre el nivel del mar que está ubicado la cabera cantonal del Cantón El Tambo es 2985 m.s.n.m. y su temperatura promedio está entre los 10 °C y 12 °C.

Verificación del consumo eléctrico (kWh/día). Se produce transferencia de calor unidimensional en el panel solar fotovoltaico. Para ejecutar esta actividad, se debe registrar el número del medidor de consumo eléctrico de las viviendas, con el fin de obtener su consumo mensual del último año. En el caso que no se disponga de este dispositivo, se deberá realizar una encuesta a los propietarios de estas viviendas, con el fin de determinar el listado de electrodomésticos de cada vivienda y así calcular el consumo eléctrico en kWh. En nuestro caso partiremos del dato suministrado para el proyecto, que se indica que el consumo es de 4,0 kWh/día.

Verificación del cual es el consumo pico de energía. La mayoría de sistemas de generación eléctrica por aerogeneradores presentan una potencia generada por hora, por lo que es de importancia saber los picos horarios de consumo durante un día para el dimensionamiento del sistema (Becerra et al, 2020).

Para este cálculo se ha estimado en la Tabla 1, el consumo por hora de los artefactos eléctricos presentes en una vivienda, así como sus picos horarios de consumo y la hora de mayor consumo eléctrico.

	Potencia eléctrica minutos de uso (Watts)								Potencia total /hora (kW/h)
	Licudadora	Plancha	Refrigeradora	Ducha Eléctrica	Focos (W)	Radio	Computadora	Televisor	
5:00 - 6:00			25						0,025
6:00 - 7:00			25		85				0,110
<b>7:00 - 8:00</b>	<b>5,83</b>	<b>275</b>	<b>25</b>	<b>334</b>	<b>85</b>	<b>150</b>			<b>0,874</b>
8:00 - 9:00			25	334			150	150	0,659
9:00 - 10:00			25				150		0,175
10:00 - 11:00			25				150		0,175

11:00 - 12:00			25				150		0,175
12:00 - 13:00	5,83		25				150		0,180
13:00 - 14:00			25				150	150	0,325
14:00 - 15:00			25				150		0,175
15:00 - 16:00			25				150		0,175
16:00 - 17:00			25				150		0,175
17:00 - 18:00			25				150		0,175
18:00 - 19:00	5,83		25		85			150	0,266
19:00 - 20:00			25	334	85			150	0,594
20:00 - 21:00			25		85			150	0,260
21:00 - 22:00			25		85			150	0,260
22:00 - 23:00			25						0,025
23:00 - 00:00			25						0,025

**Tabla 1** – Cálculo del consumo pico de la vivienda

Como se puede observar, el pico de consumo energético se ubica de 06:00 a 07:00 con una demanda energética de 0,874 kW, por lo que el sistema seleccionado deberá satisfacer esta necesidad.

### Elaboración de cálculo

Velocidad del Viento. El valor de la velocidad anual del viento (a 80 m de altura) en la cabera cantonal del Cantón El Tambo esta entre 6,0 m/s y 6,5 m/s (21,6 km/h y 23,4 km/h). Según la potencia nominal, una clasificación para los aerogeneradores es:

Denominación	P <sub>N</sub> (kW)	R(m) <sup>4</sup>	Aplicaciones
Muy baja potencia	< 1	< 1	Embarcaciones, sistemas de comunicación, refugios de montaña, iluminación...
	1-10	1-3	Granjas, viviendas aisladas (sistemas EO-FV), bombeo...
Baja	10 - 100	3 - 9	Comunidades de vecinos, PYME's (sistemas mixtos EO-diésel), drenaje, tratamiento de aguas...
Media	100 - 1000	9 - 27	Parques Eólicos (terreno complejo).
Alta	1000 - 10.000	27 - 81	Parques Eólicos (terreno llano, mar adentro).
Muy alta	> 10.000	> 81	En fase de investigación y desarrollo, requieren nuevos diseños y materiales no convencionales. Suponen un salto tecnológico.

**Tabla 2** – Clasificación de aerogeneradores de eje horizontal para producción eléctrica en función de su potencia m<sup>3</sup> [2]

De acuerdo a la clasificación de los aerogeneradores, el aerogenerador requerido para nuestro proyecto es de Muy baja potencia; y para este tipo de aerogeneradores la torre tiene una altura de entre 10 m y 15 m, razón por la cual debemos calcular la velocidad del aire usando la siguiente expresión:

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

Donde:

$v_1$  = Velocidad del viento a la altura  $h_1$  (m/s)

$v_2$  = Velocidad del viento a la altura  $h_2$  (m/s)

$h_1$  = Altura 1 sobre el nivel del terreno (m)

$h_2$  = Altura 2 sobre el nivel del terreno (m)

$z_0$  = Rugosidad del terreno

La rugosidad del terreno se obtiene de la Tabla 3:

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad $z_0$ (m)	Usos del suelo
0	0.0002	Superficie del agua en calma.
0.5	0.0024	Terreno abierto con superficie lisa: pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0.03	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos.
1.5	0.055	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por más de 1 km.
2	0.1	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por aproximadamente 500 m.
2.5	0.2	Terreno agrícola con varios árboles, arbustos y plantas, o cercados de hasta 8 m de altura separados por aproximadamente 250 m.
3	0.4	Ciudades, villas, terreno agrícola con muchos cercados o muy altos, bosques
3.5	0.6	Grandes ciudades con edificios altos
4	1.6	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos.

**Tabla 3** – Clases y longitudes de rugosidades

Sustituyendo en la ecuación anterior, para una clase de rugosidad 2,5 con  $z_0=0,5$ , tenemos:

$$v_2 = 6,5 * \frac{\ln\left(\frac{10}{0,2}\right)}{\ln\left(\frac{80}{0,2}\right)}$$

$v_2 = 4, 24 \text{ m/s}$  para un altura de 10 m sobre el suelo

La densidad del aire a 0 m.s.n.m es de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , debemos calcular la densidad del aire a 2.985 y m.s.n.m. (que es la altura donde está ubicada el cantón El Tambo) y una temperatura de  $10^\circ \text{ C}$ . El valor de la densidad del aire a estas condiciones es de  $0,84 \text{ kg/m}^3$  [7].

Para la selección del sistema, se realizó un análisis entre varios proveedores de aerogeneradores de muy baja potencia, ver Tabla 4.

MARCA	ENAIR	BORNAY	WINDSPOT
Modelo	70 PRO	6000	7.5 KW
Número de hélices	3	3	3
Diámetro del Rotor de las palas	4,3 m	4,0 m	6,3 m
Material	Fibra de vidrio	Fibra de vidrio	
<b>Especificaciones eléctricas</b>			
Generador	250 rpm nominales/imanes de neodimio	Trifásico de imanes permanentes	
Eficiencia del Generador			
Potencia nominal	4,0 kW	6,0 kW	7,5 kW
Máxima Potencia de salida	5,5 kW		
Voltaje de salida	24/48/220 V	48, 120 V	220 V
RPM nominal			
<b>Velocidad del viento</b>			
Velocidad de Arranque	2 m/s	3,5 m/s	3,0 m/s
Velocidad nominal del viento	11,0 m/s	12,0 m/s	12,0 m/s
Velocidad de sobrevivencia del viento	60,0 m/s	60,0 m/s	-
<b>Especificaciones físicas</b>			
Peso total	165 kg	171 kg	400 kg
Vida útil del diseño			
Garantía		3 años	
Precio (solo generador)	8935,85 €	8676,61 €	26579,00

**Tabla 4** – Tabla de Aerogeneradores Comparados

De los distintos tipos de aerogeneradores planteados se optó por escoger el modelo **Bornay 6000**, por su precio, ya que incluye accesorios y la potencia nominal del aerogenerador cubre la demanda energética requerida.

### Cálculo del área de barrido (A):

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 4^2}{4} = 12,57 \text{ m}^2$$

### Cálculo de la potencia de salida máxima (P):



Para realizar este cálculo, se toman en consideración los siguientes datos de entrada:

$$\rho = 0,84 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 12,57 \text{ m}^2$$

$$v_2 = 4,24 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{1}{2} * \rho * v_2^3 * A$$

$$P = \frac{1}{2} * 0,84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,24^3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3} * 12,57 \text{m}^2$$

$$P = 402,42 \text{ Wh}$$

### Potencia de salida real (Pr):

Para el cálculo de la potencia de salida real, se debe tener en consideración la Ley de Betz. Si se intenta extraer con un aerogenerador la energía del viento, se verá que su velocidad disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica debe frenar el viento para transformar su energía cinética en rotacional. E así que, el valor máximo de la potencia extraída del viento es entonces aproximadamente  $e = 0.59$  (59,3 %) veces la potencia del viento.

$$Pr = \frac{e}{100\%} * P$$

$$Pr = \frac{59,3}{100\%} * 402,42 \text{ Wh} = 238,63 \text{ Wh}$$

Como se puede apreciar, la potencia generada está directamente relacionada con la velocidad del viento, adicionalmente se debe indicar que el aerogenerador seleccionado ya puede arrancar su operación con una velocidad mínima de 3,5 m/s

### Selección de las baterías:

Para la selección de las baterías (que es en donde se almacenará toda la energía procedente del aerogenerador). De la revisión de las recomendaciones en el manual del aerogenerador [13], recomienda el uso de baterías de plomo ácido abiertas, y en función de las capacidades de carga de la instalación; las recomendaciones mínimas del cableado y de la batería para el Modelo Bornay 6000 son, ver Tabla 5:

Modelo	Cable Batería	Batería Mínima
Bornay 6000/48 V	50 mm <sup>2</sup>	1200 Ah C <sub>100</sub>

Tabla 5 – Recomendaciones para el Cable y la Batería

### Capacidad de las baterías (C<sub>bat</sub>):

Para la capacidad mínima de las baterías se debe tener en consideración: la demanda energética de las viviendas; los días de autonomía de la batería (da); profundidad de descarga P<sub>d</sub>; la tensión que tendrá el sistema V<sub>nom</sub>:

$$C_{bat} = \frac{\text{Demanda energética} * da}{V_{nom} * P_d}$$

Donde:



Demanda energética = 4000 W

Da = 2 días

V<sub>nom</sub> = 48 V

P<sub>d</sub> = 0,8

$$C_{bat} = \frac{4000 \frac{Wh}{día} * 2 \text{ día}}{48 V * 0,8}$$

$$C_{bat} = 208,33 \text{ Ah}$$

### Número de baterías (N<sub>bat</sub>):

La batería seleccionada no cubrirá la demanda del sistema propuesto, por lo que se tiene que formar un banco de baterías, ya que la batería solo está disponible de 12 V:

$$N_{bat} = \frac{V_{nom} * C_{bat}}{V_{nom-bat} * C_{nom-bat}}$$

$$N_{bat} = \frac{48 V * 208,33Ah}{12 V * 150 Ah} = 5,55$$

$$\Rightarrow N_{bat} = 6,0$$

### Selección del regulador:

La selección del regulador debe tener en consideración las funciones que son: transformar la energía del aerogenerador generada en alterna, en corriente continua apta para la carga del banco de baterías. En segundo lugar, el regulador controlará el estado de la batería evitando sobrecargas de la misma y controlando el funcionamiento del aerogenerador.

$$I = \frac{Pr}{V_{nom}}$$

$$I = \frac{268,63 Wh}{48} = 5,6 \text{ Ah}$$

El margen de seguridad para el regulador debe ser de 10 %, razón por la cual el regulador debe tener una capacidad mínima de:

$$5,6 \text{ Ah} * 1,1 = 6,16 \text{ Ah}$$

El regulador 48 V – 150 Amp. /120 V Conexión red

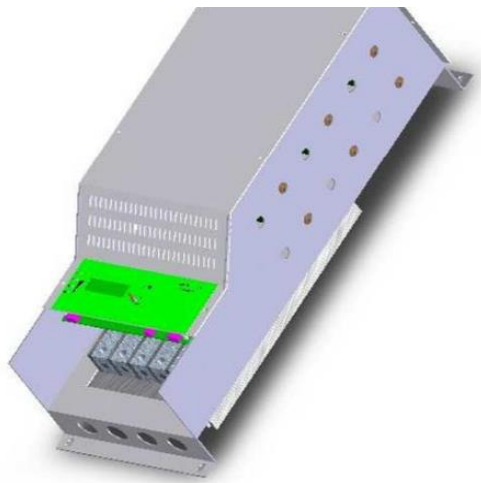


Fig. 6 – Regulador para Aerogenerador Bornay 6000 [13]

### Selección del inversor:

La función del inversor es transformar la electricidad almacenada en forma de corriente continua, en electricidad apta para uso doméstico: corriente alterna a 220 V. puede incorporar un cargador de recarga de baterías en caso de disponer de una fuente externa de CA como un grupo electrógeno.

Para la selección del inversor se debe tener en consideración la demanda máxima de la vivienda en su hora pico, en nuestro caso 874 W, adicionalmente se debe tener un margen de seguridad que en nuestro caso va hacer del 20%:

$$874 \text{ Wh} * 1,2 = 1049 \text{ Wh}$$

Los datos del *Inversor* seleccionado son ver Tabla 6:

Voltaje de entrada	12 V	Cargador	Si
Voltaje de salida	220 V	Trifásico	No
Frecuencia	60 Hz	Senoidal	Pura
Potencia Máxima	1049 Wpico	Inversor	3000 W

Tabla 6 – Características del Inversor

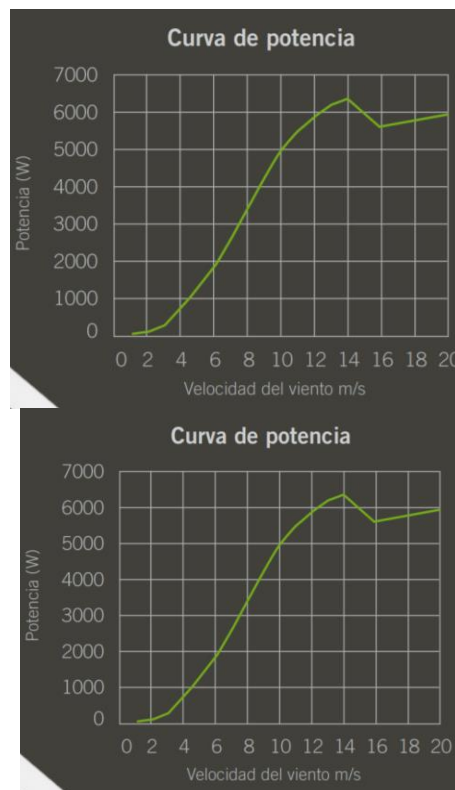
### Data Sheet del Equipo:

A continuación, en la Tabla 7, se presenta el data sheet del aerogenerador BORNAY 6000 y sus componentes auxiliares que han sido seleccionados para el suministro de los 4 kWh/día de una vivienda que se encuentra ubicada en la Provincia del Cañar – Canto El tambo – Parroquia EL Tambo:

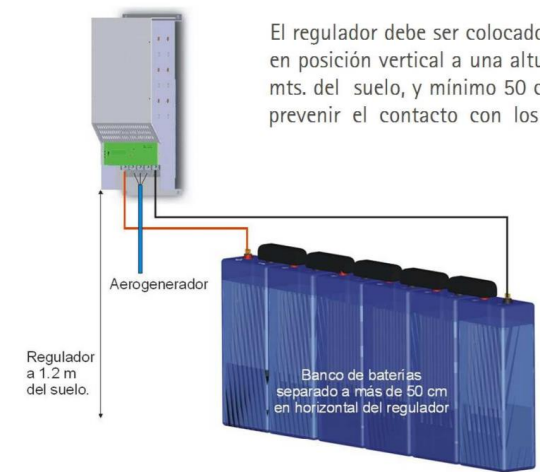
MARCA	BORNAY
Modelo	6000

Número de hélices	3
Diámetro del Rotor de las palas	4,0 m
Material	Fibra de vidrio
Características freno	Palas con interruptor de frenado auxiliar/emergencia /seguridad
<b>Especificaciones eléctricas</b>	
Generador	Trifásico de imanes permanentes
Potencia nominal	6,0 kW
Voltaje de salida	48, 120 V
<b>Velocidad del viento</b>	
Velocidad de Arranque	3,5 m/s
Velocidad nominal del viento	12,0 m/s
Velocidad de sobrevivencia del viento	60,0 m/s
<b>Especificaciones físicas</b>	
Peso total	171 kg
Vida útil del diseño	
Garantía	3 años
Precio (solo generador)	8676,61 €
<b>Regulador</b>	
Voltaje	48 V-150 Amp./ 120 V
Conexión	red
<b>Inversor</b>	
Voltaje de entrada	12 V
Voltaje de salida	220 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia Máxima	1049 Wpico
Cargador	Si
Trifásico	No
Senoidal	Pura
Inversor	3000 W
<b>Baterías</b>	
Tipo	1200 Ah C <sub>100</sub>
Cable de Batería	50 mm <sup>2</sup>
<b>Torre</b>	
Modelo	P1250/12
Característica	Cuadripata autosop P1250 – 13 m

Tabla 7 – Data Sheet del Aerogenerador BORNAY 6000 y componentes auxiliares



**Fig. 6** – Curva de Potencia y Energía Aerogenerador Bornay 6000



**Fig. 7** – Conexión típica entre el Banco de Baterías y el Regulador para el Aerogenerador Bornay 6000

## CONCLUSIONES

Mediante la elaboración del procedimiento que se planteó en este artículo, se ha podido seleccionar el aerogenerador requerido para abastecer la demanda de energía eléctrica de una vivienda que requiere 4,0 kWh/día.

Del análisis de los aerogeneradores disponibles en el mercado capaces de abastecer los 4,0 kWh/día requeridos por la vivienda ubicada en la Provincia de Cañar – Cantón El Tambo – Parroquia El Tambo,

se seleccionó el aerogenerador BORNAY 6000; en su selección fueron considerados las condiciones geográficas y ambientales de El Tambo.

En el Data Sheet elaborado para el aerogenerador BORNAY 6000, se incluyó las características técnicas del aerogenerador y las características de sus principales sistemas auxiliares.

En razón de que no se pudo disponer de las velocidades del viento mensuales de la Parroquia EL Tambo, se usó los valores de la Velocidad Media Anual del Viento a 80 m de Altura, que se encuentran disponibles en el Atlas Eólico del Ecuador para la Parroquia El Tambo, mediante una ecuación matemática se obtuvo la velocidad del viento a 10 m de altura para este sitio.

## Referencias

Aerogenerador de 5KW en: <https://www.windturbinar.com/Aerogenerador-5kw.html>

Aerogeneradores en: <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e70pro>

Becerra, G., Hernández, J., Osorio, E., Aguilar, J. O., & Vazquez, J. (2020). Evaluación de sistemas eólicos en el Caribe. *Científica*, 24(2), 125-133.

C. Espejo. (2004) “La energía eólica en España,” vol. 35, pp. 45–65.

Departamento de Energía de Energía, EE.UU “Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad – Una guía para consumidores en Nuevo México”.

Desnidad del aire en: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/d/285-densidad-del-aire>

Manuales de Energías Renovables – “Energía Eólica”

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca – “Memoria Técnica/Cantón EL Tambo/Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000, Lote 1”

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – “Atlas Eólico del Ecuador”.

Palacios, Á. G. P., Rodríguez, S. A. I., Fuentes, E. D. V., Quinto, V. M. C., Párraga, N. L. M., & Gavilanes, F. E. Z. (2019). Producción de energía eólica en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(3), 22-32.

Recurso didáctico sobre energía eólica en: <https://www.cerebriti.com/juegos-de-tecnologia/central-eolica>

Rojas, C. L. P., Flórez, E. G., & Rico, J. C. S. (2018). Diseño del álabe de un aerogenerador horizontal de baja potencia. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 219-229.

Simón, X., & Copena, D. (2012). Eolic energy and rural development: an analysis for Galicia. *Spanish Journal of Rural Development*, 3(3).

Sobre mantenimiento de aerogeneradores: <https://www.proalt.es/mantenimiento-aerogeneradores/>

Turbinas en: <https://es.wind-turbine-models.com/turbines/1372-windspot-7.5kw#powercurve>