



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CARGA UNIFAMILIAR DE 800W EN LA COMUNIDAD DE UÑACALLO - PANSACHE PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2016”**

**AUTORES:**

**BELTRAN CALVOPÍÑA JUAN CARLOS  
MORENO MORENO CRISTIAN STALIN**

**DIRECTOR:**

**ING. ALVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2016**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de lector, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes; **Beltrán Calvopina Juan Carlos con de C.I 050286830-2 y Moreno Moreno Cristian Stalin con C.I 050296761-5** el título de Proyecto de Investigación:

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CARGA UNIFAMILIAR DE 800W EN LA COMUNIDAD DE UÑACALLO – PANSACHE PROVINCIA DE COTOPAXI 2016”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Mayo 2016

Para constancia firman:

.....

Msc. Ing. Edwin Moreano

LECTOR 1

.....

Ing. Cristian Gallardo

LECTOR 2

.....

Ing. Mauro Albarracín

LECTOR 3



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN

TRABAJO DE GRADO

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Beltrán Calvopiña Juan Carlos y Moreno Moreno Cristian Stalin** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CARGA UNIFAMILIAR DE 800W EN LA COMUNIDAD DE UÑACALLO – PANSACHE PROVINCIA DE COTOPAXI 2016”

Siendo director **Ing. Mullo Quevedo Álvaro Santiago** del presente trabajo; y eximimos expresamente a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** y a sus representantes legales de posibles acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

Beltrán Calvopiña Juan Carlos

C.I. 050286830-2

.....

Moreno Moreno Cristian Stalin

C.I. 050296761-5



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN

TRABAJO DE GRADO

## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de director de tesis del trabajo de investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CARGA UNIFAMILIAR DE 800W EN LA COMUNIDAD DE UÑACALLO – PANSACHE PROVINCIA DE COTOPAXI 2016”**, de Beltrán Calvopiña Juan Carlos y Moreno Moreno Cristian Stalin, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Mayo 2016

El Director

.....  
Ing. Mullo Quevedo Álvaro Santiago

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mi Madre y a todas las personas que una u otra, manera aportaron para que se realice este proyecto.

De manera muy especial al alma mater, que es la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirnos formar como profesionales, bajo la dirección de prestigiosos y grades docentes.

Agradecer al Ing. Álvaro Mullo por ayudarnos con sus conocimientos y sus consejos para la ejecución del proyecto.

*Carlos*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios todo poderoso a mi Virgen Santísima, a mis Padres que supieron brindarme su apoyo, siempre estuvieron ahí para guiarme y me dedicaron su vida para que yo salga adelante.

También agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, que nos abrió sus puertas y me permitió ser parte de ella.

Un agradecimiento especial al Ing. Álvaro Mullo por la contribución con entereza que nos supo brindar.

*Cristian*

## **DEDICATORIA**

Dedico a mi Madre querida por haberme apoyado desde el primer día de mi formación profesional, por haberme guiado por el buen camino y darme fuerzas en cada instante que lo necesite tanto en los buenos y malos momentos.

A todas las persona y familiares que creyeron en mí y haberme impulsado a seguir adelante con mis estudios.

*Carlos*

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios, por bendecirme y permitirme llegar donde he llegado, a mis Padres los seres más importantes para mí que me enseñaron que cada esfuerzo tiene su recompensa al final.

En si a todos los docentes de la Universidad técnica de Cotopaxi por enseñarme a ser un profesional apto y ser productivo dentro de la sociedad.

*Cristian*



## ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1 Titulación del Proyecto .....	1
1.2 Tipo de Proyecto: .....	1
1.3 Propósito: .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA: .....	5
6.1 Energía Renovable .....	5
6.2 Energía Solar Fotovoltaica .....	5
6.3 Células Fotovoltaicas .....	6
6.4 Radiación Solar .....	6
6.5 Instrumentos De Medición Solar .....	7
6.5.1 El Piranómetro .....	7
6.6 Dimensionamiento Del Generador Fotovoltaico. ....	8
6.6.1 Estimación de pérdidas .....	8
6.7.1 Aerogenerador .....	11
6.7.2 Rotor .....	12
6.7.3 Multiplicador .....	12
6.7.4 Generador .....	12
6.7.5 Góndola .....	12
6.7.6 El buje: .....	12
6.7.7 El eje de baja velocidad: .....	13
6.7.8 Eje de alta velocidad .....	13
6.7.9 La unidad de refrigeración .....	13
6.7.10 Torre .....	13
6.8 Calculo del Aerogenerador .....	13
6.9 Instrumentos de Medición Eólica .....	17
6.9.1 Anemómetro (weatherwise WS-2080) .....	17
6.10 Componentes de un Sistema Híbrido .....	17
6.10.1 Controlador de carga .....	17

6.10.2 Batería .....	18
6.10.3 Inversor.....	19
6.11 Dimensionamiento de los Conductores. ....	19
7. OBJETIVOS.....	20
7.1 Objetivo General:.....	20
7.2 Objetivos Específicos: .....	20
8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA.....	21
9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	21
10. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	22
10.1 Promedio de Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse. ....	24
10.2 Dimensionamiento del aerogenerador .....	25
10.3 Dimensionamiento de los paneles.....	26
10.4 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación. ....	27
10.5 Dimensionamiento del Inversor. ....	28
10.6 Dimensionamiento del Regulador (controlador). ....	28
10.7 Dimensionamiento de los Conductores. ....	28
10.8 Hipótesis .....	29
10.9 Variables: .....	29
10.9.1 Operacionalización de las variables .....	30
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
Conclusiones:.....	32
Recomendaciones: .....	32
Páginas web .....	33
Libros .....	33
13. ANEXOS.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Energía solar fotovoltaica,.....	6
<b>Figura 2</b> Promedio velocidad de viento, .....	7
<b>Figura 3.</b> Magnitud de la radiación solar,.....	7
<b>Figura 4.</b> Piranómetro,.....	10
<b>Figura 5.</b> Potencial eólico estimado en la Provincia de Cotopaxi.....	11
<b>Figura 6.</b> Aerogenerador.....	11
<b>Figura 7.</b> Partes de un aerogenerador.....	17
<b>Figura 8.</b> Estación meteorológica Ambient Weather WS-2080 Wireless., .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Demanda energética cargas DC. ....	8
<b>Tabla 2:</b> Clases y de longitudes de rugosidad.....	15
<b>Tabla 3:</b> Caídas de tensión de los conductores entre componentes.....	19
<b>Tabla 4:</b> Costo económico del proyecto.....	22
<b>Tabla 5:</b> Promedio de la velocidad del viento.....	23
<b>Tabla 6:</b> Cálculo de la demanda energética.....	24
<b>Tabla 7:</b> Datos para el cálculo del promedio.....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A: Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Enero 2016.....	36
<b>Anexo B; Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Febrero 2016.....	37
<b>Anexo C: Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Marzo 2016.....	38
<b>Anexo D: Mediciones de radiación solar tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Enero 2016 .....	39
<b>Anexo E: Mediciones de radiación solar tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Febrero 2016 .....	40
<b>Anexo F: Mediciones de radiación solar tomado en el sector de Uñacallo</b>	
Promedio de datos del mes de Marzo 2016 .....	41
<b>Anexo G: Medición de la velocidad del viento y construcción de la torre</b>	
Fotos del Proyectos del Sistema Hibrido .....	42
<b>Anexo H: Construcción y armada de la torre para el aerogenerador</b>	
Fotos del Proyectos del Sistema Hibrido .....	43
<b>Anexo I: Torre terminada, transportación y realización del aerogenerador</b>	
Fotos del Proyectos del Sistema Hibrido .....	44
<b>Anexo J: Conexiones, Proyecto hibrido y grupo de trabajo</b>	
Fotos del Proyectos del Sistema Hibrido.....	45
<b>Anexo K: Manuales de los instrumentos del proyecto</b>	46

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

### **UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TEMA: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CARGA UNIFAMILIAR DE 800W EN LA COMUNIDAD DE UÑACALLO – PANSACHE PROVINCIA DE COTOPAXI 2016”.**

**Autores:** Beltrán Calvopiña Juan Carlos

Moreno Moreno Cristian Stalin

### **RESUMEN**

El uso de la energía eólica-solar ha crecido significativamente en las últimas décadas debido a sus ventajas medioambientales y económicas y así evitamos de una manera responsable el calentamiento global. El presente proyecto se enfoca al análisis del potencial eólico-solar, los instrumentos manejados para la obtención de datos y la selección de los elementos utilizados han sido cuidadosamente seleccionados para generar energía eléctrica. Este sistema aprovecha los recursos naturales (viento y radiación solar) y demuestra los métodos de conversión de la energía mecánica a eléctrica. El beneficio de este proyecto está en la satisfacción de los beneficiarios en base al estudio y correcta selección de equipos, ya que de esta manera se hace referencia al eslogan de la Universidad Técnica de Cotopaxi que es la vinculación de la universidad con el pueblo. El análisis de este proyecto se basó en la obtención previa de datos del viento y la radiación solar mediante un anemómetro y un piranómetro, y su demostración mediante cálculos lo que nos indica que la potencia eólica – solar del páramo de Uñacallo es viable para la implementación de un sistema híbrido, el cual consta de un aerogenerador y un panel solar para la generación de energía eléctrica constante, económica y natural para la comunidad.

**PALABRAS CLAVES:** sistema híbrido, eólico-solar, generación eléctrica.

**TECHNICAL COTOPAXI UNIVERSITY**

**APPLIED AND ENGINEERING SCIENCE ACADEMICAL UNIT**

**TOPIC: “ANALYSIS OF POTENTIAL AND SOLAR WIND FOR THE IMPLEMENTATION OF A HYBRID POWER GENERATION SYSTEM LOAD 800W DETACHED IN THE COMMUNITY OF UÑACALLO – PANSACHE COTOPAXI PROVINCE IN THE PERIOD 2016”**

**AUTHORS:** Beltrán Calvopiña Juan Carlos

Moreno Moreno Cristian Stalin

**ABSTRAC**

The use of wind-solar energy has grown significantly in recent decades because of its environmental and economical advantages and thus it avoids global warming responsibly. This project focuses on the analysis of wind-solar, the research has used some tools for data collection and selection of potential elements to generate electricity. This system uses natural resources (wind and solar radiation) and demonstrates the mechanical conversion energy methods into electricity. The benefit of this project is the satisfaction of beneficiaries based on the study and correct selection of equipment, since only using this way of energy the neighborhood would solve the energy needs, and so that researchers will have an acceptable way in linking university between people. The analysis of this project was based on getting data from wind and solar radiation by an anemometer and a piranómetro, and its demonstration by calculation which indicates that the wind-solar potential in Uñacallo moor is viable for implementation of a hybrid system, which consists of a wind turbine and a solar panel to generate steady, cheap and natural.

**KEYWORDS:** hybrid system, wind-solar potential, power generatio.

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1 Titulación del Proyecto**

“Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica de carga unifamiliar de 800w en la Comunidad de Uñacallo – Pansache Provincia de Cotopaxi 2016”.

### **1.2 Tipo de Proyecto:**

El desarrollo es una investigación aplicada, para dar solución a un problema energético por medio de un sistema híbrido el cual utiliza los beneficios naturales del viento y de la radiación solar.

### **1.3 Propósito:**

Dar atención a problemas o necesidades locales

El sistema híbrido brinda energía eléctrica y sin ninguna contaminación para su respectivo consumo, es factible para lugares que están alejados y la red de distribución eléctrica no tiene acceso.

**Fecha de inicio:** 03/01/2016

**Fecha de finalización:** 10/05/2016

**Lugar de ejecución:** Comunidad de Uñacallo, Provincia de Cotopaxi

**Unidad Académica que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

### **Equipo de Trabajo:**

Mullo Quevedo Alvaro Santiago

Beltrán Calvopiña Juan Carlos

Moreno Moreno Cristian Stalin



**Coordinador del Proyecto.**

**Nombre:** Mullo Quevedo Álvaro Santiago

**Teléfono:** 0998854012

**E-mail:** alvaro.mullo@utc.edu.ec

**Área de conocimiento:** Energías Alternativas

**Línea de investigación:** Automatización

**Datos Personales del Postulante 1:**

**Nombre:** Juan Carlos

**Apellidos:** Beltrán Calvopiña

**Cedula de identidad:** 050286830-2

**Fecha de Nacimiento:** 21/05/1989

**Lugar de nacimiento:** La Matriz

**Estado civil:** Soltero

**Dirección:** Locoá – Santa Marianita

**Teléfono:** 0984132522

**E-mail:** juancabeltran@hotmail.com

**Formación Académica:**

**Primaria:** Escuela Fiscal “D0r. Isidro Ayora”

**Secundario:** Colegio Técnico Industrial Polivalente “Dr. Trajano Naranjo Iturralde”

(Bachiller Técnico en electromecánico)

**Datos Personales del Postulante 2:**

**Nombre:** Cristian Stalin

**Apellidos:** Moreno Moreno

**Cedula de identidad:** 050296761-5

**Fecha de Nacimiento:** 17/02/1990

**Lugar de nacimiento:** La Matriz

**Estado civil:** Soltero

**Dirección:** La Calera

**Teléfono:** 0984962557

**E-mail:** stanlicamus\_55@hotmail.com

**Formación Académica:**

**Primaria:** Escuela Fiscal “Simón Bolívar”

**Secundario:** Colegio Técnico Industrial “Dr. Trajano Naranjo Iturralde”

(Bachiller Técnico en Instalaciones y maquinas eléctricas)

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La presente investigación tiene como propósito analizar el potencial eólico-solar, utilizados para cubrir la demanda energética que requiere la vivienda unifamiliar de Uñacallo, garantizando un servicio eléctrico continuo y de calidad. El mismo que se lo realizo con la planificación y utilización correcta de los métodos y técnicas respecto a la generación limpia de electricidad, para la ejecución del proyecto fue indispensable el manejo de equipos meteorológicos para el monitoreo temporal de la radiación solar y la velocidad del viento en la comunidad, de esta forma tener mediciones confiables que permitieron analizar las características que brinda el lugar y se diseñó un sistema híbrido que cumple con todos los requerimientos técnicos en su instalación. La implementación se inició en base a los generadores solar-eólico existente, el armado de la torre, un banco de baterías el cual permite cubrir los días de autonomía de instalaciones, al igual que el inversor permite transformar el voltaje continuo en voltaje alterno. El sistema híbrido describe los siguientes componentes; un panel solar de 100 vatios, un aerogenerador de 1700 vatios, una torre armada de 9m de altura, un controlador de carga de 30A, una batería de 100Ah, un inversor de 800 vatios, que

interactúan en su estructura y funcionamiento para producir 800 vatios; suficientes para cubrir la demanda energética de la vivienda.

**Palabras claves:** Generación de electricidad, energía renovable.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En la actualidad, obtener energía eléctrica en zonas aisladas es un problema complejo de resolver. Entre los problemas que se enfrenta es la dificultad de construir una línea de alimentación eléctrica, ya sea por el difícil acceso al lugar, la distancia, y también por en este caso el número de beneficiarios, hacen que los costos sean muy altos.

Para resolver este problema, muchas comunidades alrededor del mundo han decidido instalar sistemas híbridos en los cuales los componentes usados son paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, generadores-diésel, e incluso generadores eléctricos basados en biomasa.

El principal problema que se ha encontrado en la comunidad Uñacallo de la parroquia Juan Montalvo es la falta de energía eléctrica para la vivienda unifamiliar debido al difícil acceso para llegar con la energía eléctrica convencional, lo cual repercute en el estilo de vida de quienes viven en ese lugar. Esta situación se presenta porque no se posee un sistema de generación de energía eléctrica que pueda abastecer la demanda eléctrica de la vivienda.

### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Este proyecto tiene un impacto social ya que reúnen los conocimientos y criterios para resolver problemas con vinculación social hacia los pueblos y comunidades más necesitadas en este caso los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi aplican los conocimientos teóricos y lo convierten en práctico. La ubicación donde se encuentra el proyecto cuenta con 24 miembros de la comunidad en la cual los beneficiados son todos, ya que se turnan para habitar la vivienda unifamiliar que existe en el sector antes mencionado, lo cual realizan el cuidado de los animales del páramo Uñacallo.

### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Uno de los problemas que atraviesa el planeta, es el calentamiento global como consecuencia el efecto invernadero ocasionado por la quema de combustibles fósiles, provocando emisiones de gases tóxicos que afectan al entorno. En la actualidad, el sector energético se ha convertido en una condición para el crecimiento económico, el incremento en el nivel de vida de la población, ha generado un aumento persistente de la demanda energética. La naturaleza finita

de los recursos ha obligado a buscar una mayor eficiencia en la producción y uso de energías renovables impulsando el desarrollo tecnológico.

Las principales centrales eléctricas del país son instalaciones que emplean en determinada cantidad una fuente de energía primaria limitada en el planeta o que su utilización causa impacto ambiental importante en su alrededor.

El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, y demuestran un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural.

El área geográfica donde se sitúa la comunidad Uñacallo se encuentra ubicado en los páramos de Cotopaxi posee características optimas debido a la irradiación solar que recibe, así como también los vientos existentes en el lugar, lo cual nos permite el aprovechamiento de los recursos eólico y solar, los mismos que servirán de apoyo para trabajos de investigación a futuro.

## **6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA:**

### **6.1 Energía Renovable**

Según: “**JARA TIRAPEGUI Wilfredo (edición Agosto 2006)**” Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de la naturaleza, se las considera inagotables, de gran cantidad de energía almacenada, y capaces de regenerarse por medios naturales.

### **6.2 Energía Solar Fotovoltaica**

Según: “**IZQUIERDO T. Fernando (edición 2008)**”. El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del Inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica como se muestra en la figura 1.

**Figura 1.** Energía solar fotovoltaica



**Fuente:**<http://www.arqhys.com/construccion/fotos/construccion/Energ%C3%ADa-solar-fotovoltaica.jpg>

### 6.3 Células Fotovoltaicas

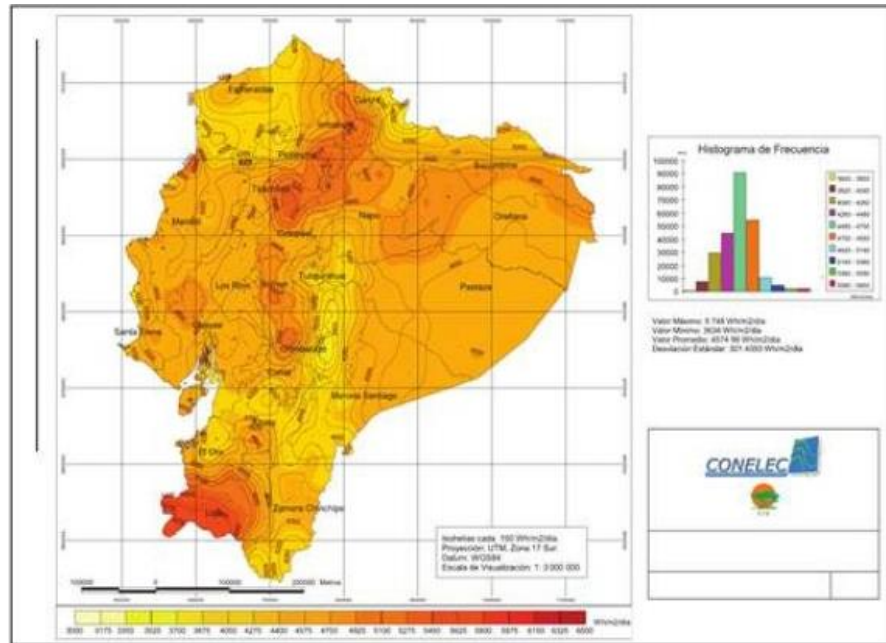
Según: “**FERNÁNDEZ SALGADO José María (edición 2009)**”. Los paneles fotovoltaicos destinados a generación energética están compuestos por células fotovoltaicas, que es donde realmente tiene lugar la transformación de la energía luminosa (fotones) en electricidad (electrones en movimiento), aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores.

### 6.4 Radiación Solar

Según: “**FERNÁNDEZ SALGADO José María (edición 2009)**”. La energía solar mantiene a la gran mayoría de los organismos vivos conocidos, proveyendo todo el calor y la luz que nuestro planeta recibe. Así, ha sido y sigue siendo el principal factor en moldear el curso de la evolución en la Tierra. Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. La radiación solar distribuye sus longitudes de onda desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado) como se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Magnitud de la radiación solar



**Fuente:** atlas de insolación- cie, 2008

## 6.5 Instrumentos De Medición Solar

### 6.5.1 El Piranómetro

Según: **“HERRERA BARROS, V. C. (edición 2011)”**. Tiene una pequeña plancha de metal negro dentro con una termocupla unida a ella. Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla el aumento de temperatura se puede medir. La plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio. La salida de la termocupla es medida para la irradiación instantánea total en un momento dado como se muestra en la figura 3.

**Figura 3.** Piranómetro



**Fuente:** <http://ambientweather.wikispaces.com/sp216>

## 6.6 Dimensionamiento Del Generador Fotovoltaico.

Para el cálculo de la estimación del consumo diario de energía se debe hacer previamente una tabla que contenga como mínimo los siguientes datos: nombre, cantidad y potencia unitaria de los equipos, número de horas promedio diarias de utilización y energía promedio diaria resultante en Wh, necesaria para la estimación de energía total del sistema. La estimación de carga se hará para DC y AC.

$$\frac{\text{Energía Wh}}{\text{día}} = W * N * h \quad \text{Ecu.1}$$

En las cargas de DC se detallan los equipos que suelen utilizar voltaje continuo y se calculará la energía total sumando el consumo de energía diaria de cada equipo como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Demanda energética cargas DC*

equipo DC	Voltaje	Potencia	Cantidad	horas de uso N	energía Wh/d
equipo 1	V	W	N	H	w*N*h
total DC					

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

En las cargas de AC, se debe realizar el mismo procedimiento que en la estimación de carga de DC (subtotal), agregando un porcentaje de energía adicional para tomar en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor).

### 6.6.1 Estimación de pérdidas.

Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar el valor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como:

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * (1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}) \quad \text{Ecu. 2}$$

Dónde:

$K_b$  = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas.

0,1 en sistemas con descargas profundas.

$K_c$  = Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0,005 para inversores de salida sinodal pura, en condiciones óptimas.

0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas.

$K_v$  = Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.):

Este parámetro que se toma como referencia es  $0,05 < K_v < 0,15$ .

$K_a$  = Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

0,002 para baterías de baja auto descarga (Ni-Cd).

0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales).

0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI).

$D_a$  = Días de autonomía de la instalación:

3 – 5 días como valores de referencia.

$P_d$  = Profundidad de descarga diaria de la batería:

No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador.

Para el cálculo de la potencia de los paneles y el número de estos, a utilizarse, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El lugar donde va a ser instalado para el cálculo de la radiación solar promedio mensual, tomando desde bases de datos, que den valores confiables o midiendo los datos con un equipo de medida adecuado.

La radiación  $G_D$  se escogerá como el valor medio mensual durante el peor mes.



La potencia total del generador  $P_G$  se calcula, tomando en cuenta la demanda de energía total del sistema  $E_T$ , la radiación  $G_d$  antes mencionada y el rendimiento global de la instalación  $R_G$ .

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * G_D} (\text{Vatios}) \quad \text{Ecu. 3}$$


El número de paneles del generador se calcula con la potencia nominal  $P_N$  del panel a ser utilizado y la potencia del generador  $P_G$ . Como normalmente el resultado de número de paneles va a ser un número decimal, se recomienda la opción por exceso, es decir se debe aproximar al entero superior, excepto si el decimal se aproxima mucho al entero inferior, en cuyo caso se coloca el valor del entero; por ejemplo: si se obtuvo 1.5, entonces se debe poner 2 paneles, y si se obtuvo 1.1, entonces se debe poner 1 panel.

$$N_P = \frac{P_G}{P_N} \quad \text{Ecu. 4}$$

## 6.7 Energía Eólica

Según: **SCHALLERNBERG Julieta. (Edición 2008)**. La energía eólica es una de las fuentes de energía con mayor crecimiento de implantación en el mundo. Su utilización a finales del siglo XX para la generación de energía eléctrica limpia, la ha conducido rápidamente a ser una fracción importante de la generación eléctrica en muchos países como se muestra en la figura. 4

**Figura 4.** Potencial eólico estimado en la provincia de Cotopaxi

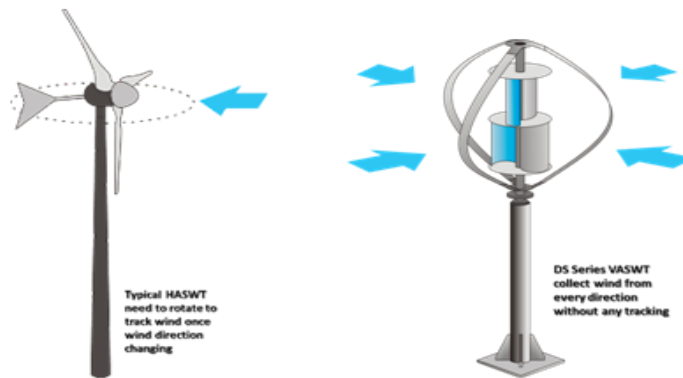
POTENCIAL BRUTO									
POTENCIAL INSTALABLE						INTEGRACIÓN ACUMULADA			
PROVINCIA	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]	VIENTO [m/s]	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
Cotopaxi 	7,0 - 7,5	2,51	7,54	0,20	12,95	>7	5,99	17,98	30,87
	7,5 - 8,0	1,84	5,52	0,25	11,85	>7,5	3,48	10,44	22,41
	8,0 - 8,5	0,80	2,40	0,30	6,18	>8	1,64	4,92	12,67
	>8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	>8,5	0,84	2,52	7,57

**Fuente:** Ministerio de electricidad y energía renovable

### 6.7.1 Aerogenerador

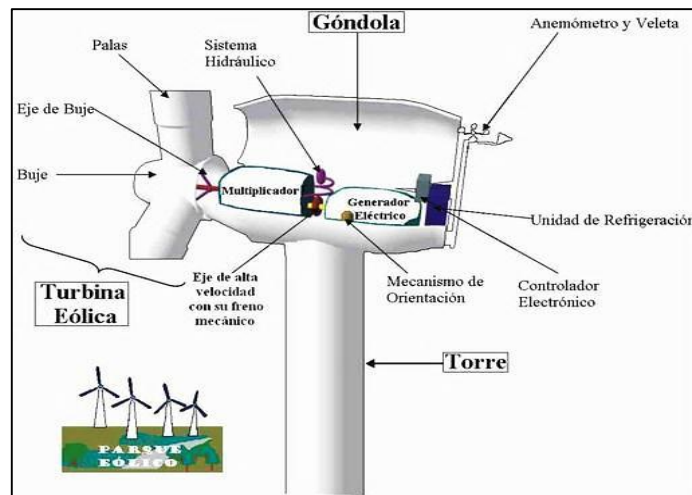
Según: “Sánchez Campos. T. (edición 1997)”. Un aerogenerador es un generador eléctrico que es movido por unas turbinas accionadas por el viento, es decir que la energía cinética del aire en movimiento proporciona energía mecánica a un rotor (hélice) que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, convirtiéndola en energía eléctrica. Funcionamiento es muy simple: el viento incide sobre las aspas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al generador a través de un sistema multiplicador de velocidad. Actualmente, los aerogeneradores se diseñan con su eje horizontal, diseño más usual, pero también existen los de eje vertical. Como se muestra en la figuras 5 - 6.

**Figura 5.** Aerogenerador



Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-híbridofotovoltaico>

**Figura 6.** Partes de un aerogenerador



Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-híbridofotovoltaico>

### 6.7.2 Rotor

Es el elemento que transforma la energía del viento en energía mecánica. A su vez, el rotor se compone de tres partes fundamentales: **las palas, el eje** (que transmite el movimiento giratorio de las palas al aerogenerador) y **el buje** (que fija las palas al eje).

Las palas son los elementos más importantes, pues son las que reciben la fuerza del viento y se mueven gracias a su diseño aerodinámico.

### 6.7.3 Multiplicador

Es un elemento conectado al rotor que multiplica la velocidad de rotación del eje para alcanzar el elevado número de revoluciones que necesitan los dinamos y los alternadores.

Dentro de los multiplicadores se distinguen dos tipos:

- **Multiplicadores de poleas dentadas.** Se utilizan para rotores de baja potencia.
- **Multiplicadores de engranaje.** En este tipo de multiplicadores los engranajes están protegidos en cajas blindadas para evitar su desajuste y desengrasado.

Aunque la mayoría de los aerogeneradores tienen multiplicador, existen algunos rotores que no lo necesitan.

### 6.7.4 Generador

La función del generador es transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

En función de la potencia del aerogenerador se utilizan **dinamos** (son generadores de corriente continua y se usan en aerogeneradores de pequeña potencia, que almacenan la energía eléctrica en baterías) o **alternadores** (son generadores de corriente alterna).

### 6.7.5 Góndola

La góndola es la estructura en la que se resguardan los elementos básicos de transformación de energía, es decir: eje del rotor, multiplicador, generador y sistemas auxiliares.

### 6.7.6 El buje:

Existe una tendencia generalizada hacia las máquinas tripala, que representan más del 90 % de los aerogeneradores instalados. Como consecuencia colateral, los bujes son mayoritariamente fijos, reservando la opción de bujes basculantes para los aerogeneradores bipala y monopala, dónde resulta obligada su utilización.

### **6.7.7 El eje de baja velocidad:**

Conecta el buje del rotor al multiplicador. El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos. En el caso del aerogenerador citado anteriormente suele ser de entre 20 y 30 r.p.m.

### **6.7.8 Eje de alta velocidad**

Su rango de giro es elevado, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina. En el citado aerogenerador de referencia el rango de giro es de 1500 r.p.m.

### **6.7.9 La unidad de refrigeración**

Los generadores necesitan refrigeración durante su funcionamiento. En la mayoría de las turbinas, la refrigeración se lleva a cabo mediante encapsulamiento del generador en un conducto, utilizando un gran ventilador para la refrigeración por aire. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador.

### **6.7.10 Torre**

La torre es el elemento de sujeción y el que sitúa el rotor y los mecanismos que lo acompañan a la altura idónea. Está construida sobre una base de hormigón armado (cimentación) y fijado a ésta con pernos.

La torre tiene forma tubular y debe ser suficientemente resistente para aguantar todo el peso y los esfuerzos del viento, la nieve, etc.

## **6.8 Calculo del Aerogenerador**

La energía eólica disponible en una determinada zona es función de la velocidad (V), del área (A) barrida por las palas del molino y de la densidad ( $\rho$ ) del aire. De esta forma, y aplicando los principios de la física (mecánica) clásica, se obtiene la expresión teórica de la potencia disponible:

$$P_v = \frac{1}{2} A \rho v^3 \quad \text{Ecua. 5}$$

Si  $p$  es la densidad del aire de la corriente uniforme, la energía por unidad de volumen de esta masa es:

$$e = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \text{Ecu. 6}$$

El flujo volumétrico  $Q$  a través de una superficie de control estacionaria de sección frontal es:

$$Q = Av \quad \text{Ecu. 7}$$

El flujo de energía (flujo de aire que atraviesa la superficie que cubre un aerogenerador) o potencia eólica (potencia disponible en el aire) de la corriente a través de  $A$

$$P = eQ = \frac{1}{2} A \rho v^3 \quad \text{Ecu. 8}$$

$P$ = Potencia disponible en el aire.

$A$ = Superficie que cubre el aerogenerador (área de barrido).

$v$ = Velocidad del viento.

$p$ = Densidad del aire.

Una turbina eólica nunca va a ser capaz de extraer toda esta energía, por lo que es interesante disponer de un factor que nos indique la eficiencia de una determinada máquina. Ese factor es el coeficiente de potencia  $C_p$ , que determina el rendimiento aerodinámico del rotor. Es decir:

$$C_p = \frac{\text{Energía captada}}{\frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}} \quad \text{Ecu. 9}$$

En forma teórica se ha obtenido el máximo valor que puede obtener este coeficiente que se denomina "límite de Betz" y su valor representativo es del orden de 0,5926.

Calculo de velocidad total del viento:

$$V = V_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^n \quad \text{Ecu. 10}$$

Dónde:

$V$ = Velocidad Total del Viento.

$v_0$ = Velocidad Inicial.

$h$ = Altura final de la torre.

$h_0$ = Altura inicial.

$n$ = Rugosidad

La rugosidad se obtiene de la siguiente manera:

Si ( $hr \leq 0,03$ )

$$n = 1.699823015 \ln(hr) / \ln(150) \quad \text{Ecu. 11}$$

Si ( $hr > 0,03$ )

$$n = 3.912489289 \ln(hr) / \ln(3.3333333) \quad \text{Ecu. 12}$$

Dónde:

$h_r$  = es la clase de rugosidad que depende de la longitud de rugosidad medida en metros, es decir, la altura sobre el nivel del suelo donde la velocidad del viento es teóricamente cero.

Como se muestran a continuación en la tabla 2:

**Tabla 2.**

*Clases y de longitudes de rugosidad*

<b>Clase de rugosidad</b>	<b>Longitud de rugosidad <math>z_0</math> (m)</b>	<b>Usos del suelo</b>
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 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 con bosques altos.
4	1.6	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos.

**Fuente:** Módulo III de Energía Eólica de la Maestría de Energías Alternativas realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Área de barrido del rotor, se consigue así:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ecu. 13}$$

Dónde:

A= Área de barrido del rotor.

$\pi= 3.1416$ .

D= Diámetro del rotor.

Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{Ecu. 14}$$

Se debe calcular la intensidad de turbulencia.

$$I_V = \frac{\sigma}{V} \quad \text{Ecu. 15}$$

Dónde:

$I_V=$  Intensidad de Turbulencia.

$\sigma=$  Desviación Estándar.

V= Velocidad del viento.

La potencia del viento mediante la ecuación 6, anteriormente estudiada, la potencia eléctrica es:

$$Pe = n * P \quad \text{Ecu. 16}$$

Dónde:

Pe= Potencia eléctrica.

n= Factor de eficiencia total de conversión.

P= Potencia de viento.

Para calcular el número de revoluciones por minuto de una eólica se obtiene a partir de la siguiente ecuación.

$$n = (60 \cdot \lambda \cdot v) / (\pi \cdot D) \quad \text{Ecu. 17}$$

Dónde:

n: es el número de revoluciones por minuto [r.p.m.]

$\lambda$ : se llama velocidad específica del rotor eólico y depende de la anchura y del ángulo de calado de las palas. Puede tener un valor nominal comprendido entre aprox. 1 y 14. En la eólica que se suele montar, este factor será de 8.

v: es la velocidad del viento en metros por segundo [m/s].

d: es el diámetro de la eólica en metros [m]

Finalmente se calcula la producción eléctrica anual.

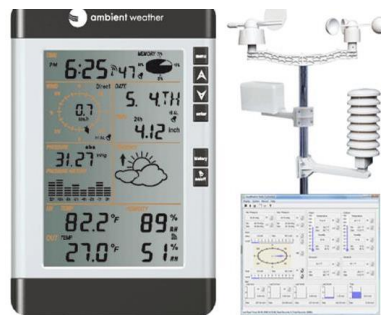
$$A = \frac{P}{A} * A * (eficiencia) * \left(8640 \frac{h}{a}\right) * \left(\frac{1kW}{1000W}\right) \quad \text{Ecu. 18}$$

## 6.9 Instrumentos de Medición Eólica

### 6.9.1 Anemómetro (weatherwise WS-2080)

Según: “SARDON, J (edición 2008)”. La estación de monitoreo del clima Weatherwise es un instrumento profesional con pantalla táctil, diseñado para el uso diario fácil y práctico. Funciona perfectamente para cualquier ambiente de hogar, oficina, campo abierto, obra en progreso, etc. El monitor interior muestra la información importante del clima en tiempo real gracias a los monitores inalámbricos externos que incluye soportes de montaje como se muestra en la figura 7. El grupo de sensores se pueden colocar en su jardín o en el techo para una óptima lectura meteorológica como se muestra en la figura 7.

**Figura 7.** Estación meteorológica Ambient Weather WS-2080 Wireless.



Fuente: <http://site.ambientweatherstore.com/Manuals/ws2080.pdf>

## 6.10 Componentes de un Sistema Híbrido

### 6.10.1 Controlador de carga

Es el dispositivo encargado de proteger las baterías frente a sobrecargas o sobredescargas profundas. Su función es comparar valores deseados por la carga con uno de referencia y efectúa los cambios necesarios para compensar, cumple con un rol pasivo cuando el nivel de voltaje es bajo y no pueden cargar las baterías, cuando aumenta el voltaje de los paneles superan al banco de baterías entonces el control de carga tiene un rol activo.



Para calcular el valor de la Corriente del controlador  $I_R$ , para lo cual se requiere la corriente de cortocircuito de cada panel y el número de paneles  $N$ .

$$I_R = I_{SC} * N[A] \quad \text{Ecu. 19}$$

$$I_R = 1,25 \frac{P_N * N}{V} [A] \quad \text{Ecu. 20}$$

Dónde:

$I_{SC}$ = corriente de cortocircuito (Amperios)

$v$ = voltaje nominal del sistema fotovoltaico (voltios)

### 6.10.2 Batería

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad, como se ve en la figura. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo y un electrodo negativo, o cátodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos.

Para una instalación aislada debemos conocer el consumo diario y debemos establecer la autonomía deberá tener la instalación, es decir, cuantos días podrá funcionar en ausencia total de generación eléctrica, también debemos tener en cuenta la profundidad de descarga máxima ( $PdD$ ) a la que se someterá la batería. A partir de todos estos datos emplearemos las siguientes ecuaciones:

$$n_B = 100\% - K_b \quad \text{Ecu. 21}$$

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[ \frac{Wh}{dia} \right] \quad \text{Ecu. 22}$$

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[ \frac{Ah}{dia} \right] \quad \text{Ecu. 23}$$

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah] \quad \text{Ecu. 24}$$

$$N_B = \frac{C_{TB}}{CB_{USAR}} \quad \text{Ecu. 25}$$

Dónde:

$Kb$  = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador.

$n_B$  = rendimiento de la batería.

$Q_M$  = energía diaria de acumulación requerida.  $\left[\frac{Wh}{dia}\right]$

$C_{DA}$  = capacidad diaria de acumulación.  $\left[\frac{Ah}{dia}\right]$

$C_{TB}$  = la capacidad total de la batería. [Ah]

$N_B$  = número de baterías

### 6.10.3 Inversor

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

La potencia nominal del inversor  $P_{inversor}$  debe ser igual a la potencia  $P_{TAC}$  de la carga instalada en AC más un 25%.

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{TAC} [Watt] \quad \text{Ecu.26}$$

### 6.11 Dimensionamiento de los Conductores.

La longitud de los conductores entre los componentes del sistema debe realizarse lo más corta posible para minimizar las caídas de voltaje. Debe cumplir los valores de la tabla 3:

**Tabla 3.**

*Caídas de tensión de los conductores entre componentes.*

COMPONENTES	% DE CAÍDA
Generador – Controlador	< 3%
Baterías – Controlador	< 1%
Controlador – Cargas	< 5%

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

Para calcular el calibre del conductor, sea en  $mm^2$  o AWG, se utiliza la fórmula de caída de voltaje:

$$\Delta V = R * L * I$$

**Ecu. 27**

Dónde:

$\Delta V$  = Caída de voltaje entre los extremos de los conductores.

R= Resistencia del conductor en [ $\Omega$  / m].

L= Longitud entre componentes en [m].

I= Corriente [A].

Se selecciona el calibre del conductor en base a la corriente que circula por él.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}}$$

**Ecu. 28**

$$I_{carga AC} = \frac{P_{carga AC}}{V_{AC}}$$

**Ecu. 29**

Dónde:

$P_{carga AC}$  = potencia de carga en AC (vatios)

$V_{Bateria}$  = voltaje nominal de la batería. (Voltios)

$V_{AC}$  = voltaje de la carga en AC. (Voltios)

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 Objetivo General:**

Analizar el potencial eólico-solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica de carga unifamiliar de 800 w en la comunidad de Uñacallo – Pansache, Provincia de Cotopaxi en el periodo 2016

### **7.2 Objetivos Específicos:**

- Analizar el potencial eólico – solar con anemómetro, piranómetro, para demostrar los recursos existentes en el lugar, la aplicación de cálculos, para la respectiva adquisición de los componentes del sistema.

- Determinar el requerimiento energético de la vivienda unifamiliar y los parámetros necesarios para la correcta elección de equipo que puedan ser parte del sistema.
- Implementar el sistema híbrido con los equipos adecuados de acuerdo a los requerimientos calculados, procurando un óptimo y correcto funcionamiento.

## 8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA

Objetivos	Actividades	Resultado de actividades	Descripción de la metodología por actividades.
Analizar el potencial eólico-solar	Estudios meteorológicos del viento y radiación solar	Datos del potencial eólico-solar	Se aplica el método experimental.
Determinar requerimiento	Conocer la vivienda del sector y realizar los respectivos cálculos.	Elección óptima de los equipos de medición.	Se aplica el método experimental.
Implementar el sistema híbrido	Se construye torre de 9m para el aerogenerador y la base para el panel solar.	Instalaciones de todos los componentes de generación en el sistema híbrido.	Se aplicara el método experimental.

Elaborado por: Los Investigadores

## 9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

**Tabla 4:**

*Costo económico del proyecto.*

<b>Costos de equipos del sistema híbrido.</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. unitario</b>	<b>P. subtotal</b>
1	Aerogenerador Missouri 1700W	1409	1409
1	Panel fotovoltaico de 12V RENOZY 100 Watt.	180	180
1	Controladores ProEstar (30 A)	120	120
1	Batería UCG RANGER(12V)(100 Ah )	330	330
1	Inversor Portátil AVTEK (1200W)	200	200
1	Torre de 9m	500	500
<b>Costos de componentes para la instalación</b>			
2	Taype	0,95	1,9
1	Bornera 12p H15A 12mm	1,5	1,5
1	Interruptor	3,35	3,35
200m	CABLE #12	40	80
1	Breaker de 10 Amperios	5,6	5,6
20m	Manguera ¾	0,6	12
<b>Costos indirectos</b>			
4	CDS	0,75	3
5	Lápices y borradores	0,4	2
6	Esferos	0,3	1,8
4	Carpetas	0,5	2
500	hojas de papel bon	0,05	25
4	Impresiones	0.10	6
<b>Costo Total</b>			<b>\$ 2889.95</b>

Elaborado por: Los Investigadores

## 10. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de realizar investigación experimental-tecnológica, se instaló la Estación Meteorológica anemómetro (Ambient Weather WS-2080) en la comunidad Uñacallo, para obtener las mediciones exactas y precisas, programadas para guardar en la memoria del sistema cada 15 minutos, se realizó una serie de mediciones planificadas y vigiladas para

luego descargarlas al PC mediante un software de la estación, pudiendo exportarse esta información a formato Excel lo cual fue fundamental para analizar el valor promedio de la velocidad del viento y realizar un sistema híbrido en óptimas condiciones. Como se muestra en la tabla 5 y en la figura 8.

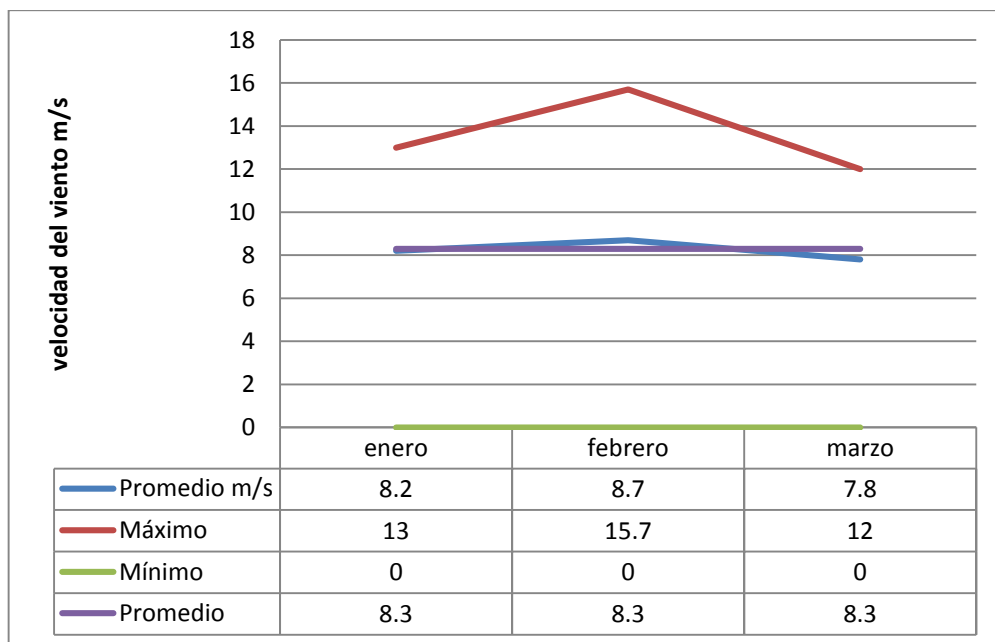
**Tabla 5.**

*Promedio de la velocidad del viento*

Mes	Dirección	Promedio (m/s)	Máximo	Mínimo	Promedio
ene-16	SE	8,2	13	0	8,3
feb-16	SE	8,7	15,7	0	8,3
mar-16	SE	7,8	12	0	8,3

**Elaborado por:** Los Investigadores

**FIGURA 8** Promedio velocidad de viento



**Elaborado por:** Los Investigadores

Para los estudios solares una vez obtenido los datos reales con equipos meteorológicos durante el mes de enero y febrero hemos comparado con los datos reales existentes en el sitio

con los datos publicados en el atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

### Dimensionamiento del sistema de energía solar y eólica

**Tabla 6.**

*Cálculo de la demanda energética*

DEMANDA DE ENERGÍA DIARIA EN LA VIVIENDA						
Equipos AC	(Voltios) (V)	Potencia (W)	Cantidad (N)	Potencia Total	Utilización (h)	Energía (Wh/día)
Radio	110	50W	1	50	5	250
Televisión	110	20W	1	20	3	60
Focos	110	9W	4	36	5	180
Subtotal				106		490
Consumo del inversor		10% del subtotal		10.6		49
TOTAL				116.6		539

Elaborado por: Los Investigadores

#### 10.1 Promedio de Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse.

Mediante la ecuación 12 se obtuvo el valor de la rugosidad. Con la ayuda de la tabla 5: clases y de longitudes de rugosidad, se fijó que  $hr = 0,04$ , interpolando la longitud de rugosidad entre las clases 1 y 1,5 (0,03 – 0,055) en función de las características del paisaje en la zona de emplazamiento.

Tenemos que ( $hr > 0,03$ ); entonces:

$$n = 3,912489289 + (hr)/\ln(3,3333333)$$

$$n = 3,912489289 + \ln(0,0425)/\ln(3,3333333)$$

$$n = 3,912489289 + (-2,6231)$$

$$n = 1,2893$$

Aplicando la ecuación 10 se calcula el promedio de la velocidad total del viento, considerando los valores que se ve en la tabla 7 para el siguiente cálculo:

**Tabla 7.**

*Datos para el cálculo del promedio.*

Velocidad inicial	$v_0$	8,3 m/s
Altura inicial	$h_0$	7 m
Altura final de la torre	$h$	9 m
Rugosidad	$n$	1,2893

**Elaborado por:** Los Investigadores

$$v = v_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^n$$
$$v = 8,3 \frac{m}{s} \left( \frac{9}{7} \right)^{1,2893}$$
$$v = 11,44 \frac{m}{s}$$

Entonces se establece que a una altura de 9 metros de altura desde el suelo tendremos una velocidad promedio del viento en 13,9 m/s.

## 10.2 Dimensionamiento del aerogenerador

Para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

Se calcula el área de barrido del rotor A, con la ecuación 13:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$
$$A = \pi * \frac{(1,52m)^2}{4}$$
$$A = 1,80m^2$$

Luego se calcula la potencia en función del área de barrido con la ecuación 14.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3$$
$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * (11,44m)^3$$
$$\frac{P}{A} = 617,89 \frac{W}{m^2}$$

La potencia disponible del viento se calcula mediante la ecuación 14,

Reemplazando tenemos a (11,44 m/s)

$$P = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * 1,80m^2 \left( 11,44 \frac{m}{s} \right)^3$$



$$P = 1104,92 \text{ W}$$

La potencia eléctrica se calcula a través de la ecuación 16, como se muestra a continuación:

$$P_e = n * P$$

De acuerdo a la curva característica de los fabricantes de aerogeneradores la eficiencia será:

$n = 87\%$

$$P_e = 0,87 * 1104,92 \text{ W}$$

$$P_e = 961,28 \text{ W}$$

### 10.3 Dimensionamiento de los paneles.

Estimación de pérdidas:

Mediante la ecuación 2 se obtuvo el valor de rendimiento global

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right)$$

$$R_G = (1 - 0,05 - 0,005 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,05 * 2}{0,8}\right)$$

$$R_G = 78,32 \%$$

Radiación del Lugar ( $G_D$ )= 4261,93 Wh/m<sup>2</sup>/día

Demanda de energía total del sistema ( $E_T$ )= 539 Wh/día

Rendimiento global ( $R_G$ )= 78,32

Aplicando la ecuación 3 se consiguió:

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * G_d} [w]$$

$$P_G = \frac{539}{0,78 * 4,261} [w]$$

$$P_G = 162.17[w]$$

Empleando la ecuación 4, el número de paneles será:

$$N_P = \frac{P_G}{P_N}$$

Donde  $P_N$  es la potencia del panel que vamos a usar en nuestro caso será de 100W.

$$N_P = \frac{162.17[W]}{100[W]} = 1,6$$

$$N_P = 1$$

Se deberá utilizar 1 panel de 100 W cada uno.

#### 10.4 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación.

Para el dimensionamiento del sistema de baterías, se calculó con los siguientes pasos:

Se calculó El rendimiento de la batería con la ecuación 21.

$$\begin{aligned}n_B &= 100\% - K_b \\n_B &= 100\% - 01\% \\n_B &= 99\%\end{aligned}$$

Energía diaria de acumulación requerida  $Q_M$  se aplicó la ecuación 22:

$$\begin{aligned}Q_M &= \frac{E_T}{n_B} \left[ \frac{Wh}{dia} \right] \\Q_M &= \frac{924}{99\%} \left[ \frac{Wh}{dia} \right] \\Q_M &= 1026,66 \left[ \frac{Wh}{dia} \right]\end{aligned}$$

Capacidad diaria de acumulación  $C_{DA}$  se obtuvo mediante la ecuación 23:

$$\begin{aligned}C_{DA} &= \frac{Q_M}{V} \left[ \frac{Ah}{dia} \right] \\C_{DA} &= \frac{1026,66}{12} \left[ \frac{Ah}{dia} \right] \\C_{DA} &= 85,55 \left[ \frac{Ah}{dia} \right]\end{aligned}$$

El valor de la profundidad de descarga  $PdD$ ,

$$PDH = 99\%$$

La capacidad total de la batería  $C_{TB}$ , se consiguió usando la ecuación 24, durante la investigación se analizó las variaciones de clima en el lugar del proyecto y determino un día de autonomía:

$$\begin{aligned}C_{TB} &= \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah] \\C_{TB} &= \frac{85,55 * 1}{0,9} [Ah] \\C_{TB} &= 95,05 [Ah]\end{aligned}$$

Aplicando la ecuación 1.25, se obtiene el número de baterías: donde se asume Capacidad de la batería que se va a utilizar es de 105 Ah.

$$\begin{aligned}N_B &= \frac{C_{TB}}{CB_{USAR}} \\N_B &= \frac{95,05 Ah}{100 Ah}\end{aligned}$$

$$N_B = 0,95$$

Se deberá usar 1 baterías, de 100Ah cada una. Para un día (24 horas) de autonomía.

### 10.5 Dimensionamiento del Inversor.

Se utilizará la ecuación 26 y la potencia total en AC ya calculada en la tabla 10.

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{TAC} [W]$$

$$P_{inversor} = 1,25 * 308 [W]$$

$$P_{inversor} = 385 [W]$$

Entonces se utilizara deberá usar un inversor de 800W como mínimo

### 10.6 Dimensionamiento del Regulador (controlador).

Para dimensionar el regulador (controlador) se utilizará la ecuación 20:

$$I_R = 1,25 \frac{P_N * N}{V} [A]$$

$$I_R = 1,25 \frac{100 * 1}{12} [A]$$

$$I_R = 10,42 [A]$$

Entonces se utilizará un regulador de 15A.

### 10.7 Dimensionamiento de los Conductores.

Para el dimensionamiento de los conductores se requiere las distancias entre cada uno de los componentes.

La corriente del regulador, se usará en las conexiones: panel – regulador.

$$I_R = 10,42 [A]$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 12 proyectando a una caída de tensión

La conexión batería – inversor, se considerará la corriente requerida por  $I_{inversor}$ , mediante la ecuación 28.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}}$$

$$I_{inversor} = \frac{924}{12}$$

$$I_{inversor} = 77A$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 4 proyectando a una caída de tensión.

La conexión inversor – breaker de carga AC, se considerará la corriente requerida por la carga AC, aplicando la ecuación 29.

$$I_{carga\ AC} = \frac{P_{carga\ AC}}{V_{AC}}$$

$$I_{carga\ AC} = \frac{924}{110}$$

$$I_{carga\ AC} = 8,04\ A$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 12 proyectando a una caída de tensión

### 10.8 Hipótesis

¿La implementación de un sistema de generación eléctrica híbrido, mediante el uso de energías alternativas (solar – eólico), permitirá la generación de energía eléctrica que requiere la vivienda unifamiliar ubicada en la comunidad Uñacallo?

### 10.9 Variables:

- **Variable independiente:** Implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de energía eólico y solar.
- **Variable dependiente:** Generación de electricidad para la vivienda unifamiliar.

### 10.9.1 Operacionalización de las variables

**Variable independiente:** Implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica mediante energía solar – eólico.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Sistema híbrido es formar un conjunto de elementos que aprovechan las fuentes de energía solar y eólica integradas en un mismo sistema para proveer electricidad.	Energía solar.  Energía eólica.  Demanda	Estadísticas de energía eólica en m/s y energía solar en W/m <sup>2</sup> .  Cantidad de energía que se requiere la vivienda, en W/h	¿Cuáles son los instrumentos que se requieren para medir el viento y la radiación solar?  ¿Cuáles son los parámetros que se deben tomar en cuenta para dimensionar el sistema híbrido?  ¿Cuánta energía eléctrica se requieren para cubrir la demanda energética?	Observación  Medición  Instrumentos de medición: Anemómetro y Piranómetro.

Elaborado por: Los Investigadores

**Variable dependiente:** Generación de electricidad para la vivienda unifamiliar

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TECNICA E INSTRUMENTOS
<p>Consiste en transformar la energía mecánica en energía eléctrica, se realiza básicamente mediante un generador que varía en función a la fuente de energía primaria.</p>	<p>Generar</p>	<p>Potencia</p> <p>Rendimiento del panel fotovoltaico watts/ hora</p> <p>Rendimiento del aerogenerador. Watts/ hora</p>	<p>¿Cuál son los cálculos para determinar cuál es la potencia máxima y mínima a la que se debe dimensionar el sistema híbrido?</p>	<p>Medición</p> <p>Transformación</p>

Elaborado por: Los Investigadores

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- De acuerdo al análisis realizado, se concluye que el recurso solar que se tiene en la zona es de 4261,93 (Wh/m<sup>2</sup>/día) y el recurso eólico es de 13,90 m/s a una altura de 9 metros sobre el nivel del suelo, los mismos que son aptos para realizar su implementación.
- Se determinó que el sistema híbrido de generación eléctrica nos otorga gran seguridad y confianza al tener dos diferentes fuentes de generación y no depender de una sola fuente, además con la implementación de la batería de Gel de 100 A/h la cual nos permitirá tener un día de autonomía ya que esta aprovecha el 99% de descarga.
- En base a los cálculos realizados se pudo elegir los equipos que cumplen los requerimientos energéticos aprovechando los recursos eólico – solar del páramo de Uñacallo.

### Recomendaciones:

- Se recomienda utilizar paneles fotovoltaicos monocristalinos ya que su composición es más pura y su rendimiento aprovecha de mejor manera la radiación solar.
- Se recomienda para la implementación del aerogenerador es necesario realizar el armado de sus componentes en un lugar donde no este expuesto al viento para evitar accidentes con las hélices, ya que estas podrían girar en momento del armado.
- Se recomienda para nuevas implementaciones de este tipo de proyectos, recolectar la mayor cantidad de datos de la radiación solar y la velocidad del viento para aprovechar de mejor manera estos recursos.
- Se debe realizar el respectivo manteniendo una vez al mes desde que nuestro sistema híbrido esté totalmente en funcionamiento constante, esto nos permitirá un rendimiento más favorable y ventajoso.

## **12. Bibliografía**

### **Páginas web**

Atlas Solar del Ecuador. (S.f). Obtenido de Google:

[http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)

Concepto de anemómetro. (2008). Obtenido de Google: <http://www.cabaleri.com/estacion-meteorologica/estacion-meteorologica-usb-ws-2080.html>

Diferentes fuentes renovables. (11 de 2008). Obtenido de Google:

<http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>

Equipos de energías renovables del ecuador. (S.f). Obtenido de Google:

<http://www.proviento.com.ec/index.html>

Instrumento para medir la radiación solar. (s.f). Obtenido de Google:

<http://ambientweather.wikispaces.com/sp216>

Manual técnico para instalaciones domiciliarias. (06 de 2010). Obtenido de Google:

[http://energiaverde.pe/wp.content/uploads/2010/06/Manual\\_ES\\_Fotovoltaica.pdf](http://energiaverde.pe/wp.content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf).

Origen del viento. (S.f). Obtenido de Google: <http://maldonado.eltiempo.es/el-origen-del-viento>.

Origen del viento. (S.f). Obtenido de Google: <http://www.energia.gob.ec/ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-presento-el-primer-atlas-eolico-del-ecuador>.

Partes de un aerogenerador. (s.f). Obtenido de Google:

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32733/1/sanchezdionisionorberto.pdf>

Sistema híbrido eólico fotovoltaico. (S.f). Obtenido de Google:

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia18/HTML/articulo03.htm>

### **Libros**

Álvaro., P. S. (1997). Ingeniero Mecánico. manual de aplicación energía eólica. Medellín – Colombia.

Campos, S. (1997). Elementos sobre la energía. Madrid – España.

Espinosa Arenal, F. S. (2011.). Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica. Veracruz- México.

Herrera Barros. (V.C. (2011).). Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el departamento de turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa. Ecuador.



- J, G. V. (2009.). Energías Renovables. Barcelona – España: Reverte.
- José, R. L. (2009). Energías alternativas handbook. Madrid – España.
- José, V. R. (2008). Fuente de energía instalaciones eólicas e instalaciones solares térmicas. Madrid – España.
- José., R. L. (2009). Energías alternativas handbook. Madrid – España.
- Julieta, S., Gonzalo, P., & Carlos., H. (2008.). Energías renovables y eficiencia energética. (primera edición).
- Lema, E. (L. D 2011). Construcción de un aerogenerador eólico de bajas revoluciones por minuto para una vivienda rural. Ecuador.
- Manuel, R. L. (2012). Energía Eólica, energías renovables, recursos energéticos. Madrid – España.
- María, F. S. (2010). FernCompendio de energía solar fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. . Madrid – España.
- Méndez Núñez , J., & Cuervo García, R. (2009). Energía solar fotovoltaica. Madrid – España.
- Paul, G. (2004). Renewable Energy for Home, farm, and Business. Wind power: 2nd Edition.
- Vázquez, G. ( M A. (2006)). Aspectos económicos, Tecnológicos y Ambientales de la Energía Eólica para la generación de electricidad. México.

# ANEXOS

Anexo A	<b>Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b> Promedio de datos del mes de Enero 2016	1/1
---------	--	-----

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	Dirección	Promedio al mes
1	01/01/2016	7,8	9,3	0	SE	8,2
2	02/01/2016	7,8	9,3	0	SE	8,2
3	03/01/2016	5,7	10	0,3	SEE	8,2
4	04/01/2016	8,9	12	0,3	SEE	8,2
5	05/01/2016	6,9	12	0,3	SE	8,2
6	06/01/2016	7,9	9,4	0,3	SE	8,2
7	07/01/2016	8,6	10,1	0,3	NW	8,2
8	08/01/2016	9,5	11	0,3	NW	8,2
9	09/01/2016	8,5	10	0	NW	8,2
10	10/01/2016	9,6	10	0	SW	8,2
11	11/01/2016	9,6	10	0	NW	8,2
12	12/01/2016	8,7	10,2	0	SE	8,2
13	13/01/2016	8,6	10,1	0,1	SE	8,2
14	14/01/2016	5,7	12	0,1	SE	8,2
15	15/01/2016	7,6	9,1	0,1	SE	8,2
16	16/01/2016	8,9	10,4	0,1	SSE	8,2
17	17/01/2016	8,9	10,4	0,1	N	8,2
18	18/01/2016	8,9	10,4	0,1	NE	8,2
19	19/01/2016	7,8	12	0	NE	8,2
20	20/01/2016	6,7	10	0	NE	8,2
21	21/01/2016	8,3	9,8	0	SW	8,2
22	22/01/2016	5,8	7,3	0,6	SW	8,2
23	23/01/2016	5,2	9	0,6	SSW	8,2
24	24/01/2016	8,9	10,4	0,6	SW	8,2
25	25/01/2016	8,9	10,4	0	SW	8,2
26	26/01/2016	9,2	10,7	0	NE	8,2
27	27/01/2016	8,4	13	0,2	NE	8,2
28	28/01/2016	10,7	12,2	0	N	8,2
29	29/01/2016	9,1	10,6	0	N	8,2
30	30/01/2016	7,4	8,9	0	SE	8,2
31	31/01/2016	8,4	9,9	0	SE	8,2

Anexo B	<b>Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b> Promedio de datos del mes de Febrero 2016	1/2
---------	--	-----

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección	Promedio al mes
1	01/02/2016	6,7	8,2	0	SE	8,7
2	02/02/2016	7,6	9,1	0	SE	8,7
3	03/02/2016	7,8	9,3	0,5	SEE	8,7
4	04/02/2016	8,9	12	0	SEE	8,7
5	05/02/2016	10,6	12,1	0	SE	8,7
6	06/02/2016	12,5	14	0	SE	8,7
7	07/02/2016	7,4	12	0	NW	8,7
8	08/02/2016	9,3	10,8	0	NW	8,7
9	09/02/2016	5,4	10	0	NW	8,7
10	10/02/2016	7,6	10	0	SW	8,7
11	11/02/2016	8,4	10	0	NW	8,7
12	12/02/2016	6,9	9	0	SE	8,7
13	13/02/2016	10,6	12,1	0,7	SE	8,7
14	14/02/2016	7,2	10	0,7	SE	8,7
15	15/02/2016	9,6	11,1	0,7	SE	8,7
16	16/02/2016	5,7	9	0	SSE	8,7
17	17/02/2016	8,7	10,2	0,3	N	8,7
18	18/02/2016	6,9	8,4	0	NE	8,7
19	19/02/2016	12,3	12	0	NE	8,7
20	20/02/2016	12,7	14,2	0	NE	8,7
21	21/02/2016	7,3	8,8	0	SW	8,7
22	22/02/2016	9,2	10,7	0	SW	8,7
23	23/02/2016	8,2	9,7	0	SSW	8,7
24	24/02/2016	9,4	10,9	0	SW	8,7
25	25/02/2016	8,2	9,7	0	SW	8,7
26	26/02/2016	9,2	10,7	0	NE	8,7
27	27/02/2016	14,2	15,7	0	NE	8,7
28	28/02/2016	5,2	9	0	N	8,7
29	29/02/2016	7,4	9,9	0	N	8,7

Anexo C	<b>Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de Uñacallo</b> Promedio de datos del mes de Marzo 2016	1/3
---------	--	-----

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección	Promedio al mes
1	01/03/2016	6,6	8,1	0,3	SW	7,8
2	02/03/2016	9,2	10,7	0,3	SE	7,8
3	03/03/2016	5,7	10	0,3	SE	7,8
4	04/03/2016	6,9	12	0,3	SE	7,8
5	05/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
6	06/03/2016	8,4	9,9	0	SE	7,8
7	07/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
8	08/03/2016	6,1	7,6	0	SE	7,8
9	09/03/2016	7,2	8,7	0	SE	7,8
10	10/03/2016	9,6	10	0	SE	7,8
11	11/03/2016	10	10	0,6	S	7,8
12	12/03/2016	6,3	11	0,6	SW	7,8
13	13/03/2016	7,2	8,7	0,6	SW	7,8
14	14/03/2016	8,2	9,7	0,6	S	7,8
15	15/03/2016	7,6	9,1	0,7	SW	7,8
16	16/03/2016	8,9	10,4	0	SW	7,8
17	17/03/2016	10,2	11,7	0,3	SW	7,8
18	18/03/2016	8,9	10,4	0	SW	7,8
19	19/03/2016	5,9	12	0	S	7,8
20	20/03/2016	6,7	11	0	SE	7,8
21	21/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
22	22/03/2016	7,5	9	0	SE	7,8
23	23/03/2016	6,2	12	0	SE	7,8
24	24/03/2016	8,9	10,4	0	SE	7,8
25	25/03/2016	9,2	10,7	0	SE	7,8
26	26/03/2016	6	9	0	SE	7,8
27	27/03/2016	8,4	9,9	0,2	SE	7,8
28	28/03/2016	6,7	8	0,2	SW	7,8
29	29/03/2016	8,2	9,7	0,2	NNW	7,8
30	30/03/2016	8,5	10	0	N	7,8
31	31/03/2016	5	6,5	0	SE	7,8

Anexo D		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de Uñacallo Promedio de datos del mes de Enero 2016				1/4
Número	Fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/dia)	
1	01/01/2015	3,5	9,8	4581,33	4975,86	
2	02/01/2015	3,5	9,8	5483,41	4975,86	
3	03/01/2015	5	13,1	5366,81	4975,86	
4	04/01/2015	3	10,4	5174,63	4975,86	
5	05/01/2015	4,5	9,7	4730,63	4975,86	
6	06/01/2015	2,5	9,1	5584,7	4975,86	
7	07/01/2015	4	8,5	5523,37	4975,86	
8	08/01/2015	4,5	8,3	4500,96	4975,86	
9	09/01/2015	5	8,6	5481,19	4975,86	
10	10/01/2015	5	8,5	5801,37	4975,86	
11	11/01/2015	5,5	9,3	5076,26	4975,86	
12	12/01/2015	4	10	5666,61	4975,86	
13	13/01/2015	3	9,3	4526,41	4975,86	
14	14/01/2015	4,5	8,7	3651,56	4975,86	
15	15/01/2015	5	10,3	5644,89	4975,86	
16	16/01/2015	6	10,2	5583,74	4975,86	
17	17/01/2015	5,5	10,4	4657	4975,86	
18	18/01/2015	4	9,6	4361,74	4975,86	
19	19/01/2015	4,5	9,3	4968,41	4975,86	
20	20/01/2015	2,5	8,5	4037,7	4975,86	
21	21/01/2015	5	9,7	3912,26	4975,86	
22	22/01/2015	5	9,4	5577,48	4975,86	
23	23/01/2015	3,6	9,6	5563,04	4975,86	
24	24/01/2015	4,5	10,1	3339	4975,86	
25	25/01/2015	3,5	9,5	5701,22	4975,86	
26	26/01/2015	3,5	9	5457,11	4975,86	
27	27/01/2015	4	10,6	5563,19	4975,86	
28	28/01/2015	5	9,6	3685,89	4975,86	
29	29/01/2015	3	10,8	4524,96	4975,86	
30	30/01/2015	3,5	9,3	4550,48	4975,86	
31	31/01/2015	4,5	10,5	5974,22	4975,86	
	promedio	4,2	9,66	4975,86		

Anexo E	<b>Mediciones de radiación solar tomado en el sector de Uñacallo</b> Promedio de datos del mes de Febrero 2016	1/5
---------	---	-----

Número	Fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/02/2016	4,5	9,8	4281,33	4542,31
2	02/02/2016	4,5	9,8	5083,41	4542,31
3	03/02/2016	4	7,7	4466,81	4542,31
4	04/02/2016	3	10,4	3174,63	4542,31
5	05/02/2016	4,5	9,7	4730,63	4542,31
6	06/02/2016	2,5	9,1	5584,7	4542,31
7	07/02/2016	4	8,5	5523,37	4542,31
8	08/02/2016	4,5	8,3	4500,96	4542,31
9	09/02/2016	3	8,6	4481,19	4542,31
10	10/02/2016	3	8,5	5801,37	4542,31
11	11/02/2016	5,5	9,3	5076,26	4542,31
12	12/02/2016	4	10	5066,61	4542,31
13	13/02/2016	3	9,3	4526,41	4542,31
14	14/02/2016	4,5	8,7	5651,56	4542,31
15	15/02/2016	5	10,3	4644,89	4542,31
16	16/02/2016	6	10,2	5583,74	4542,31
17	17/02/2016	5,5	10,4	3657	4542,31
18	18/02/2016	4	9,6	4361,74	4542,31
19	19/02/2016	4,5	9,3	3868,41	4542,31
20	20/02/2016	2,5	8,5	4037,7	4542,31
21	21/02/2016	5	9,7	5512,26	4542,31
22	22/02/2016	5	9,4	3377,48	4542,31
23	23/02/2016	3,6	9,6	5563,04	4542,31
24	24/02/2016	4,5	10,1	3339	4542,31
25	25/02/2016	3,5	9,5	2901,22	4542,31
26	26/02/2016	3,5	8,4	3557,11	4542,31
27	27/02/2016	4	8,3	4063,19	4542,31
28	28/02/2016	2,9	9,6	4785,89	4542,31
29	29/02/2016	3	8,3	4524,96	4542,31
	promedio	4,03	9,27	4542,31	

Anexo F	<b>Medición de la velocidad del viento y construcción de la torre</b> Fotos del Proyectos del Sistema Híbrido	1/1
---------	--	-----

Instalación del anemómetro en el sector de Uñacallo



Construcción de la base del aerogenerador



Corte de tubos y barrilas para la torre del Aerogenerador





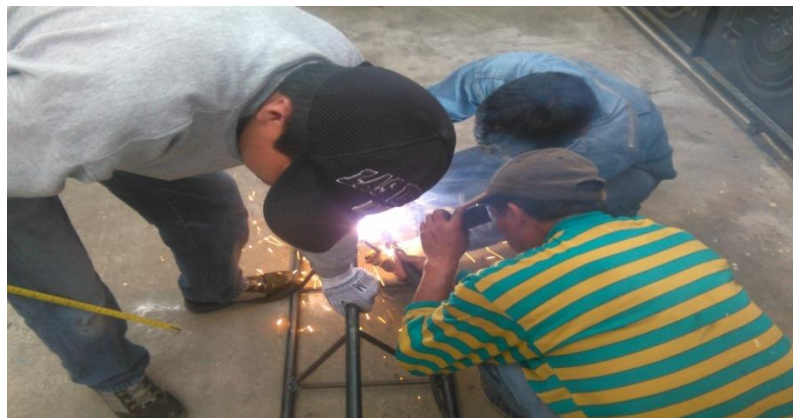
Colocación de tubos y barrillas de la torre



Armada de torre



Soldada de la torre



Anexo H	<b>Torre terminada, transportación y realización del aerogenerador</b> Fotos del Proyectos del Sistema Híbrido	1/1
---------	---	-----

Torre terminada



Transportación de materiales al sector de Uñacallo



Construcción del proyecto híbrido



Anexo I	<b>Conexiones, Proyecto híbrido y grupo de trabajo</b> Fotos del Proyectos del Sistema Híbrido	1/1
---------	---	-----

Conexiones del circuito



Torre, Aerogenerador y Caja de control



Equipo de Trabajo



## Panel solar

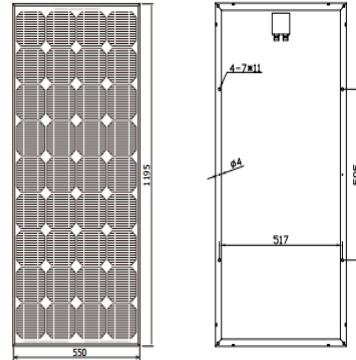
## TECHNICAL DATA SHEET

### SM536-85, SM536-90, SM536-95



#### Technical Data

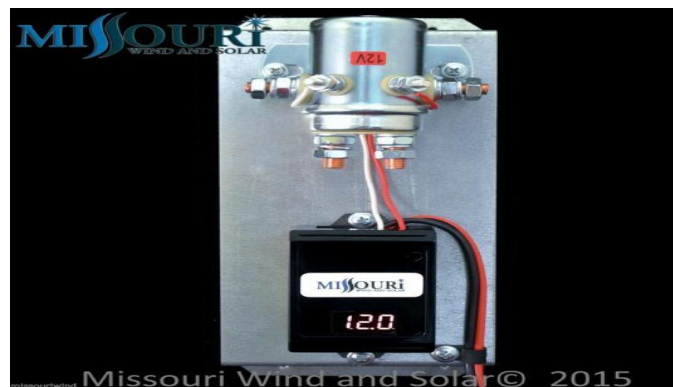
Type	SM536-85, SM536-90, SM536-95
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 125mm×125mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1200×540×35mm ( 125×125mm cell)
Module, Weight	8 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium



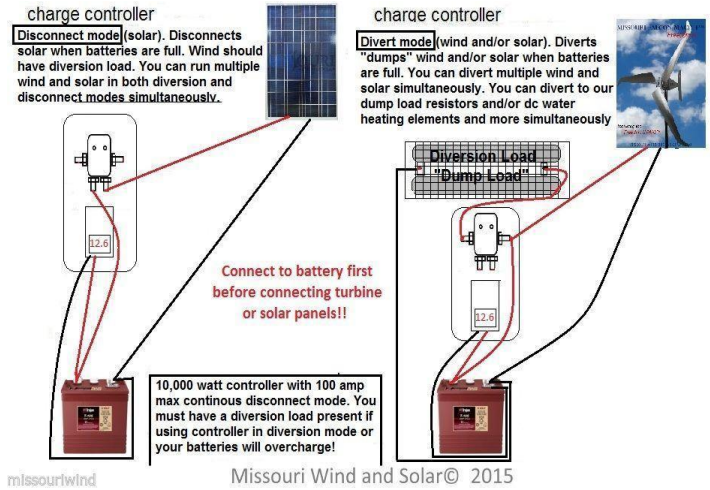
## Aerogenerador Missouri 1700W



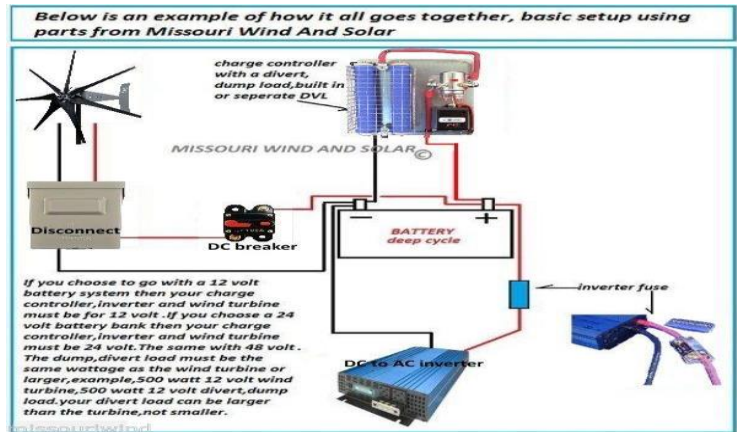
## Conexión del controlador de carga



Conexión del Aero generador y el Panel Solar



Conexión Sistema Híbrido



Batería UCG Ranger

UCG85-12	Physical Specification
	Part Number: UCG85-12
	Length: 305 ± 2 mm (12.01 inches)
	Width: 168 ± 2 mm (6.61 inches)
	Container Height: 207 ± 2 mm (8.15 inches)
	Total Height (with terminal): 213 ± 2 mm (8.38 inches)
	Approx Weight: Approx 26.7kg (59.8lbs)