



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI
GENERADORA EÓLICA, UBICADA EN LA HACIENDA GUALAYA A
30 KILOMETROS DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

Tesis presentada previa a la obtención del título en Ingeniería Electromecánica

Autores:

Rodríguez Caiza José Hugo

Zumba Chiluisa Holger Gabriel

Director:

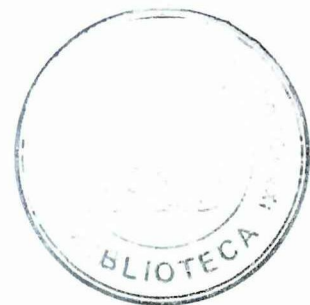
Ing. Álvaro Mullo

Asesor:

M.Sc. Víctor Hugo Armas

LATACUNGA – ECUADOR

DICIEMBRE - 2013





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
LATACUNGA - ECUADOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de técnico 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: RODRIGUEZ CAIZA JOSÉ HUGO Y ZUMBA CHILUISA HOLGER GABRIEL, con el título de tesis: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA, UBICADA EN LA HACIENDA GUALAYA A 30KM DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

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

Latacunga, 2 de Diciembre del 2013

Por constancia firman:

Ing. Segundo Cevallos
PRESIDENTE

Dr. Galo Terán
MIEMBRO

Ing. Franklin Medina
OPOSITOR

AUTORÍA

El presente proyecto de Tesis constituye un requisito previo para la obtención de ingeniero en la especialidad de Electromecánica, de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Por lo expuesto, nosotros; Rodríguez Caiza José Hugo y Zumba Chiluisa Holger Gabriel, declaramos que la investigación es absolutamente original, autentica, personal de los autores y los resultados, conclusiones y recomendaciones a lo que hemos alcanzado y las metas propuestas, son de nuestra absoluta responsabilidad.

Atentamente:



Rodríguez Caiza José Hugo
C.I. 050324459-2



Zumba Chiluisa Holger Gabriel
C.I. 050319869-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y
HUMANÍSTICAS

LATACUNGA - ECUADOR

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Sonia Jimena Castro Bungacho con C.I. 050197472-9 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract: con el tema: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA, UBICADA EN LA HACIENDA GUALAYA A 30 KM DE LA PARROQUIA MULALÒ, PROVINCIA DE COTOPAXI” cuyos autores son: Rodríguez Caiza José Hugo y Zumba Chiluisa Holger Gabriel, con el director de tesis el Ing. Álvaro Mullo.

Latacunga, 2 de Diciembre del 2013

Docente:

.....
Lic. Sonia Jimena Castro Bungacho

C.I. 050197472-9

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Rodríguez Caiza José Hugo y Zumba Chiluisa Holger Gabriel han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el anteproyecto de Tesis con el tema: **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA, UBICADA EN LA HACIENDA GUALAYA A 30 KM DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 2 de Diciembre del 2013



Ing. Alvaro Santiago Mullo Quevedo

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Gracias a ese Dios que me brindó la oportunidad de seguir mi labor en este mundo y sobre todo estar con mis seres queridos.

Dedico este trabajo a mis padres la Sra. María Luzmila Caiza y al Sr. José Hugo Rodríguez por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional, por ejemplo, que me inculcaron para ser un hombre de bien, no solo en lo académico sino en la vida y decirles que ahora si termine la carrera.

A mis hermanas

Con cariño y sé que esto les servirá de estímulo, para que continúen con sus metas y objetivos, como saben hay muchos tropiezos en la vida, pero siempre hay que levantarse y seguir adelante.

A mi esposa

Geovanna Caspi

Por estar a mi lado y darme ese aliento de fuerza para seguir adelante, ser la parte complementaria en mi vida, saber comprenderme y dándome su amor siempre.

A mi hijo

Por ser el motivo más importante de mi vida, luchar por el bienestar de mi hijo y saber que tiene un padre que siempre lo va impulsar a seguir adelante; por ti Josué Sebastián.

José Rodríguez

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas a quienes quiero expresar mis más sinceros agradecimientos.

Quisiera dar gracias a Dios por haberme dado la vida y por todas las oportunidades que me ha brindado.

Al mismo tiempo agradezco a mis padres, Sr. Guillermo Zumba y Sra. María Chiluisa, porque gracias a su cariño, apoyo, guía, consejos y sobre todo, el amor y confianza que en mi depositaron a lo largo de toda mi carrera he logrado concluir mis estudios profesionales, que constituyen el legado más grande que pudiera recibir.

A mis hermanos, que supieron inculcarme principios y valores para mi bienestar.

A mi esposa, que al final de mi carrera tubo la comprensión, paciencia y fue un aliento constante en mi vida.

A mi hijo, por quien lucho para lograr llegar a un objetivo más dentro de mi vida.

Gracias por todo y desearles felicidad y éxito.

Holger Zumba

AGRADECIMIENTO

Nuestros sinceros agradecimientos a nuestro tutor, el Ing. Álvaro Mullo y al Ing. Efrén Barbosa, ya que con su amistad y su gran ayuda desinteresada nos impulsaron a realizar esta tesis.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, por avernos dado la oportunidad de poder alcanzar uno de nuestros objetivos.

A la querida carrera, a nuestros maestros con mucho aprecio que en el periodo académico de nuestros estudios nos supieron inculcar los conocimientos para un mejor porvenir.

A todas las personas que hicieron posible la elaboración de esta Tesis. Y a los dueños de la Hacienda que siempre estuvieron prestos a recibirnos.

José Rodríguez

Holger Zumba

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI
GENERADORA EÓLICA, UBICADA EN LA HACIENDA GUALAYA A 30
KILOMETROS DE LA PARROQUIA MULALÒ, PROVINCIA DE
COTOPAXI”

TESISTAS: *José Hugo Rodríguez Caiza*

Holger Gabriel Zumba Chiluisa

DIRECTOR: *Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo*

FECHA: *2 de Diciembre del 2013*

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se describe la construcción de la torre y la implementación de una mini generadora eólica de baja potencia, la implementación se inició en base a los aerogeneradores existentes, esto para reducir costos, y al mismo tiempo generar energía eléctrica, por otro lado se dispone de un banco de baterías el cual nos permitirá que la Hacienda Gualaya no sufra de deficiencia de energía eléctrica, al igual que un inversor que permitirá transformar la tensión de corriente continua en tensión de corriente alterna. En el transcurso de la tesis se describe los componentes de un aerogenerador, también los diferentes tipos de sistemas eólicos según su eje y los que más se utilizan para la generación eólica. Consistiendo en la construcción de la torre y la implementación del aerogenerador. Finalmente se hicieron pruebas para las características principales del aerogenerador, como es la medición del viento en el sector donde se instalara el generador eólico, el comportamiento con cargas resistivas, eficiencia del generador y la capacidad en la producción de energía eléctrica, por lo que el inversor y todos los instrumentos a elegir deben tener las expectativas del área de instalación.

***IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO EN LA PARROQUIA
MULALÓ.***

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ACADEMIC UNIT OF SCIENCE ENGINEERING AND APPLIED

CAREER ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

THEME: “BUILDING AND IMPLEMENTATION OF AN MINI EOLIAN GENERATOR LOCATED IN THE RANCH GUALAYA TO 30 KILOMETERS OF THE PARISH MULALO, COTOPAXI PROVINCE”

AUTHORS: *José Hugo Rodríguez Caiza*

Holger Gabriel Zumba Chiluisa

TUTOR: *Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo*

DATE: *December 2, 2013*

ABSTRACT

In the present research work describes the building of the tower and implementation of a mini Eolian Generator low power, the implementation started in based to the eolian generators existing, with the purpose to reduce costs, and the same time generating electricity, on the other hand It a battery energy which It will allow that Ranch Gualaya won't suffer of electrical deficiency, as an investment that will permit to transform the DC voltage to AC voltage. As theses the describes the components of a wind generator, also different types of eolian systems according its axis and the most widely used for wind generation. Consisting in the building of tower and implementation of the wind turbine. Finally, It was made tests to the main characteristics of the wind turbine, such as wind measurement in the sector where the wind generator was installed, the behavior with resistive loads, generator efficiency and capacity in electricity production, so the investment and all instruments to choose they have the expectation of the installation area.

IMPLEMENTATION OF ANEOLIAN GENERATOR IN THE PARISH MULALÓ.

CONTENIDO

Portada.....	i
Aprobación del Tribunal de Grado.....	ii
Página de Autoría.....	iii
Aval de traducción.....	iv
Aval del Director de tesis.....	v
Dedicatorias.....	vi
Agradecimiento.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Contenido.....	xi
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tablas.....	xv
Introducción.....	xvi
Justificación.....	xviii
Objetivos.....	xix

CAPÍTULO I.

GENERACIÓN ELÉCTRICA.

1.1. Introducción a las Energías.....	1
1.2. Energía Eléctrica.....	1
1.3. Tipos de Centrales Eléctricas.....	2
1.4. Energías Convencionales.....	5
1.5. Energías no Convencionales.....	6
1.6. Pico centrales eléctricas.....	6
1.7. Diseño de Centrales Eólicas.....	7

CAPÍTULO II.

ENCUESTA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

2.1. Introducción a la investigación de campo.....	21
2.2. Aplicación de técnicas de investigación.....	26
2.3. Población.....	27
2.4. Muestra.....	28
2.5. Análisis de Resultados de encuestas.....	29

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA.

3.1. Justificación del tema de tesis.....	41
3.2. El aerogenerador y su funcionamiento.....	42
3.3. Parámetros de Implementación de una mini generación eólica.....	45
3.4. Estudio de la velocidad del viento.....	45
3.5. Análisis comparativo de costos.....	47
3.6. Construcción y pruebas del área de cimentación de la torre.....	57
3.7. Estudio de construcción de la torre.....	61
3.8. Montaje del Aerogenerador.....	70
3.9. Configuración del generador eólico en su aplicación y seguridad.....	82
3.10. Pruebas de generación eléctrica.....	82
3.11. Implementación de Instrumentos de medida.....	84
3.12. Consideraciones de seguridad del generador.....	85

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.....	86
4.2. Recomendaciones.....	88

GLOSARIO	89
-----------------------	----

BIBLIOGRAFIA	90
---------------------------	----

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Central Hidráulica Agoyan.....	3
2. Componentes de las Centrales Nucleares.....	3
3. Componentes de las Centrales Eólicas.....	4
4. Componentes de las Centrales Solares.....	4
5. Componentes de las Centrales Térmicas.....	5
6. Partes de un aerogenerador.....	7
7. Aerogenerador con Rotor Savonius.....	9
8. Aerogenerador con Rotor Darrieus.....	10
9. Aerogeneradores de Eje Horizontal.....	11
10. Esquema de Instalación Eólica de Baja Potencia.....	12
11. Torres Más Frecuentes.....	14
12. Circulación de los Vientos en la Atmósfera.....	16
13. Masa de Aire que mueve las Aspas del Aerogenerador.....	18
24. Parte del bobinado del Aerogenerador.....	43
25. Rodamiento del Aerogenerador.....	44
26. Aerogenerador Visto Exteriormente.....	44
27. Grafica de velocidad del viento.....	46
28. Grafica de la Red Interconectada.....	47
29. Curva de Potencia del Aerogenerador.....	51
30. Material Empleado.....	60
31. Cimentación y base de la Torre auto soportable.....	60
32. Base de la Torre Terminada.....	61
33. Torre auto soportable empleada en la ejecución del proyecto.....	67
34. Traslado de la Torre.....	68
35. Vista de la Torre al Momento de su Instalación.....	69
36. Vista de la Torre ajustándose a la base de Cimentación.....	70
37. Armado de las Hélices.....	71

38. Armado del Sistema de Orientación.....	72
39. Montaje del Aerogenerador.....	73
40. El Aerogenerador Instalado.....	73
41. Caja de Control de la Turbina.....	77
42. Disipador de Energía.....	78
43. Batería instalada en el proyecto.....	79
44. Inversor de DC - AC de 1000 Watts.....	80
45. Grafica de consumo por día.....	84

INDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
1. Tipos de Centrales Eléctricas.....	2
2. Clasificación de Los Sistemas Eólicos según su Eje.....	8
3. Clasificación de Los Sistemas Eólicos según su potencia.....	12
4. Tipos de Torres Existentes.....	15
5. Tipos de Vientos en las Regiones del Ecuador.....	17
6. Valores de La Velocidad de Viento en la ciudad de Latacunga.....	23
7. Requerimientos de Energía Básica de La Hacienda Gualaya.....	25
8. Población.....	27
19. Mediciones del viento del sector de Gualaya.....	46
20. Proforma de Construcción.....	48
21. Características del Aerogenerador.....	51
22. Especificación de peso del Aerogenerador.....	71
23. Materiales utilizados en la Construcción de la Torre.....	74
24. Materiales utilizados en la Implementación del Aerogenerador.....	75
25. Presupuesto de los materiales para la Implementación del Aerogenerador.....	75
26. Presupuesto de la Implementación del Aerogenerador.....	76
27. Presupuesto Final de La Tesis.....	76
28. Especificaciones del Inversor según el Fabricante.....	81
29. Valores de voltaje obtenidos en el generador.....	83
30. Datos de valores de consumo por día.....	83

INTRODUCCIÓN

La energía eólica se origina por el movimiento de las masas de aire en la tierra. El viento es un recurso energético seguro y económico que está siendo últimamente aprovechado alrededor del mundo para generar energía eléctrica. Los avances tecnológicos de las últimas décadas han permitido a los aerogeneradores eólicos poder competir en la generación de energía eléctrica con los medios convencionales.

El costo de producción de electricidad por la acción del viento ha disminuido en un 90% en los últimos años, al mismo tiempo, la capacidad instalada ha aumentado enormemente en comparación con el coste de producción actual de las plantas nucleares e hidráulicas y de combustible fósil.

Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento lo más importa es el origen de los vientos en zonas específicas del planeta, a estos vientos los llamamos vientos locales, entre estos están: las brisas marinas que se producen debido a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra, también se encuentran los llamados vientos de montaña que se generan por el calentamiento de las montañas y esto afecta en la densidad del aire y hace que el viento suba por la ladera de la montaña o baje por esta.

En Ecuador hubo periodos de deficiencia de energía eléctrica por los cuales el país tuvo molestos cortes de energía, esto ocasionó que el país tenga que comprar energía a países vecinos a precios muy elevados.

Sin embargo, desde el año 2007 se han ejecutado varios proyectos que puedan cumplir con la demanda de energía eléctrica de todo el país, como son: Coca Codo Sinclair, Toachi Pilaton, Mazar, el proyecto de generación eólica ya en marcha en el aeropuerto de las islas Galápagos (Baltra).

En el País la energía eólica se dio a conocer con el Proyecto San Cristóbal, que fue el primero en su género en territorio ecuatoriano, este se encuentra en operación desde el 1 de octubre del 2007 en las Islas Galápagos.

Como se ha explicado anteriormente la energía eólica es una fuente de generación de energías renovables, es por ello que la implementación de una mini generadora eólica será de gran importancia para generar energía eléctrica en lugares donde las líneas interconectadas de distribución no llegan.

JUSTIFICACIÓN

Los cambios climáticos que se están observando en el planeta son debidos al calentamiento global, es por ello que muchos países están buscando la forma de reemplazar el uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica por otros medios que sean más amigables con el medio ambiente.

Otras formas de generar energía eléctrica verde aparte de la hidráulica, son: la eólica, solar, mareomotriz y geotérmica. De las cuales la energía eólica es la que más avances ha tenido tecnológicamente en los últimos años permitiendo principalmente a países de la Unión Europea como España y Alemania reemplazar el uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

En el Ecuador aproximadamente desde el año 2009 se está tratando de cambiar la matriz energética del país, es por ello que existen grandes proyectos hidroeléctricos que están en marcha y que entrarán en funcionamiento hasta el año 2017, pero aparte también se está investigando la posibilidad de utilizar aerogeneradores, existiendo ya dos proyectos en funcionamiento como son: el de las Islas Galápagos y el Villonaco en la provincia de Loja.

En vista de la necesidad de energía eléctrica que aún existe en zonas rurales muy apartadas de las ciudades en nuestro país y provincia, la Universidad Técnica de Cotopaxi por medio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y sus Carreras de Ingeniería en Electromecánica e Ingeniería Eléctrica se encuentra realizando proyectos de mini generación eléctrica tanto hidráulica como eólica, a través de convenios, siendo uno de ellos el realizado en la Hacienda Gualaya, ubicada al noroeste de la ciudad de Latacunga.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Implementar una mini generadora eólica para la Hacienda Gualaya ubicada a 30 kilómetros de la parroquia Mulaló en un sector rural, como método de generación de energía eléctrica que no dependerá del sistema eléctrico nacional interconectado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la demanda de energía eléctrica de la Hacienda Gualaya.
- Elaborar un estudio sobre la velocidad del viento en el sector, para conocer la factibilidad de implementar o no una mini generadora eólica.
- Construir la cimentación y la torre de soporte del mini aerogenerador eólico.

CAPITULO I

GENERACIÓN ELÉCTRICA.

1.1. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS.

Según, **DONATE, A. 2005**, “La energía es la fuerza vital de nuestra sociedad. De ella depende la iluminación de exteriores e interiores, el calentamiento y refrigeración de nuestras casas, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación, el funcionamiento de las fábricas.” **(pag.17)**.

Es decir la energía es un recurso natural a la cual se la puede transformar y darle un uso industrial o económico.

1.2. ENERGIA ELÉCTRICA.

Para, **BARRERO, F. 2004**, “La generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica.” **(pag.3)**.

Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico. La generación eléctrica se realiza,

básicamente, mediante un generador; si bien estos no difieren entre sí en cuanto a su principio de funcionamiento, varían en función a la forma en que se accionan.

1.3. TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS.

Según, RAMON, M. 2003, “Las centrales eléctricas son las instalaciones productoras de energía eléctrica. Son instalaciones dónde hay un conjunto de máquinas motrices y aparatos que se utilizan para generar energía eléctrica.” (pag.347).

Las centrales eléctricas son las diferentes plantas encargadas de la producción de energía eléctrica y se sitúan, en las cercanías de fuentes de energía básicas (ríos, yacimientos de carbón, etc.). En la tabla 1 se muestra los diferentes tipos de centrales eléctricas.

TABLA 1. TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS.

Tipos	Características
Centrales Hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El costo de construcción de estas centrales es elevado. ✓ Las turbinas hidráulicas son accionadas por el agua, los tipos de turbinas son Pelton, Francis, Kaplan y de hélice. Se ubican lejos de los grandes centros de consumo, está condicionado por las características del terreno. En la figura 1 se muestra una central hidráulica.
Centrales Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizan las turbinas de vapor como maquinas motrices. ✓ La producción de energía se logra mediante la transformación previa de la energía nuclear. ✓ Estas centrales aprovechan los recursos energéticos naturales. En la figura 2 se muestra una central nuclear.
Centrales Eólicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizan a los vientos o corrientes de aire para generar la energía eléctrica. ✓ El viento puede ser aprovechado a partir de ciertas velocidades (mínima 6 m/s), solo en las centrales eólicas de un tamaño considerable. En la figura 3 se muestra una central eólica.
Centrales Solares	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aprovechan la energía luminosa y térmica proveniente del Sol en forma de radiación. ✓ La obtención de este tipo de energía es muy irregular, debido a que depende de las variaciones horarias y estacionales. En la figura 4 se muestra una central solar.
Centrales Térmicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Está constituido por los distintos combustibles sólidos (carbón mineral); líquidos (gas-oil y fuel-oil, originados en la refinación del petróleo crudo); y gaseosos (gas natural). ✓ La energía eléctrica surge como consecuencia de la energía térmica de combustión. En la figura 5 se muestra una central térmica.

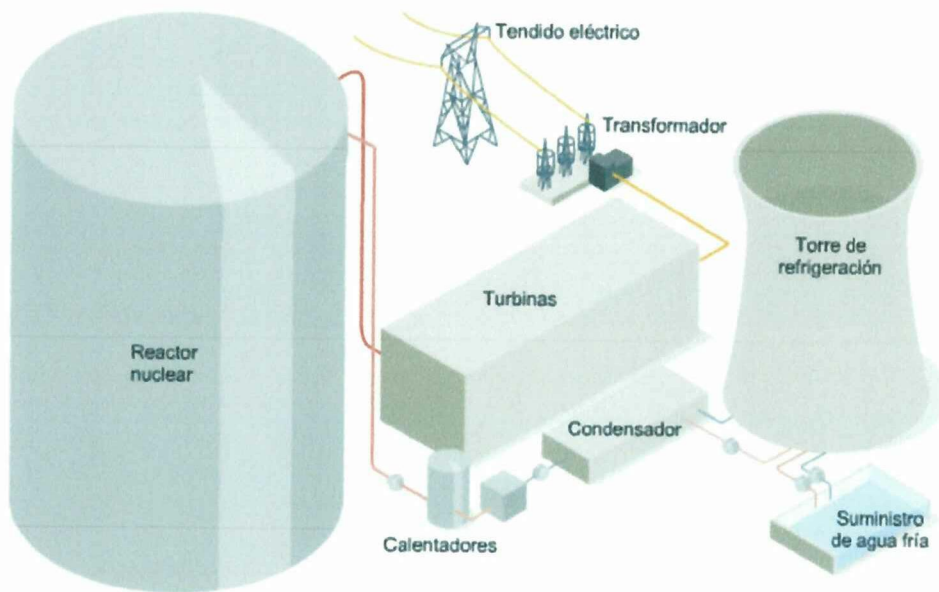
Fuente: Centrales eléctricas y estaciones transformadoras. Antonio Sobrevila. (1977).

FIGURA 1. CENTRAL HIDRÁULICA AGOYAN (Ecuador).



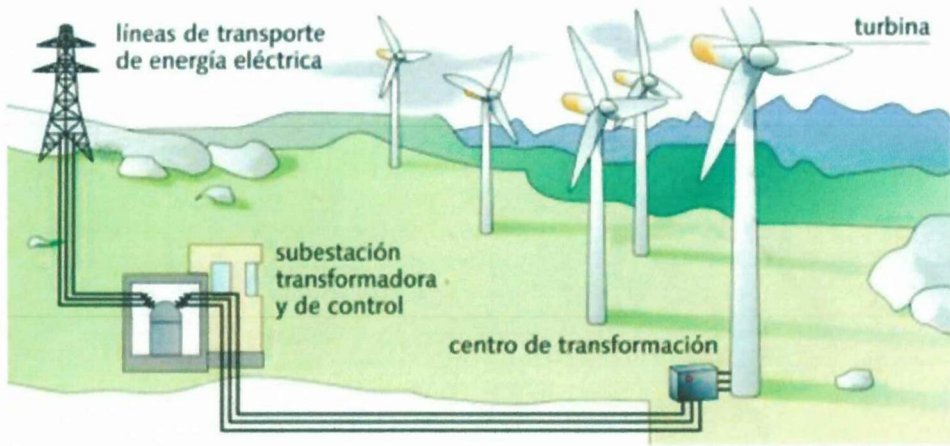
Fuente: Micro Centrales Hidráulicas. Ambato, Ecuador. Nicola G. (1987).

FIGURA 2. COMPONENTES DE LAS CENTRALES NUCLEARES.



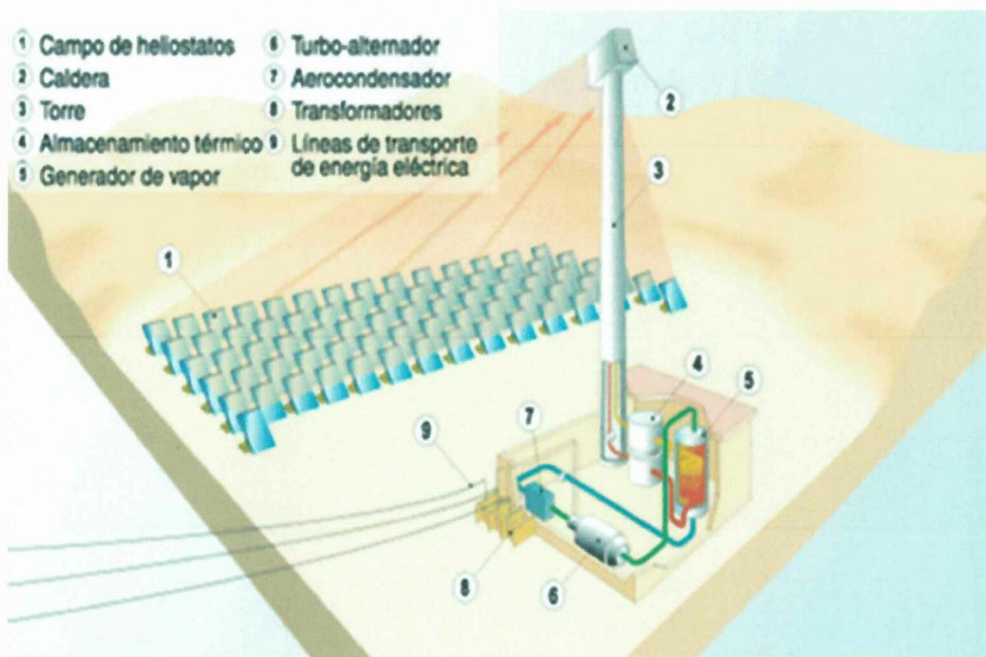
Fuente: Energías Renovables: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones. Antonio Madrid. (2009).

FIGURA 3. COMPONENTES DE LAS CENTRALES EÓLICAS.



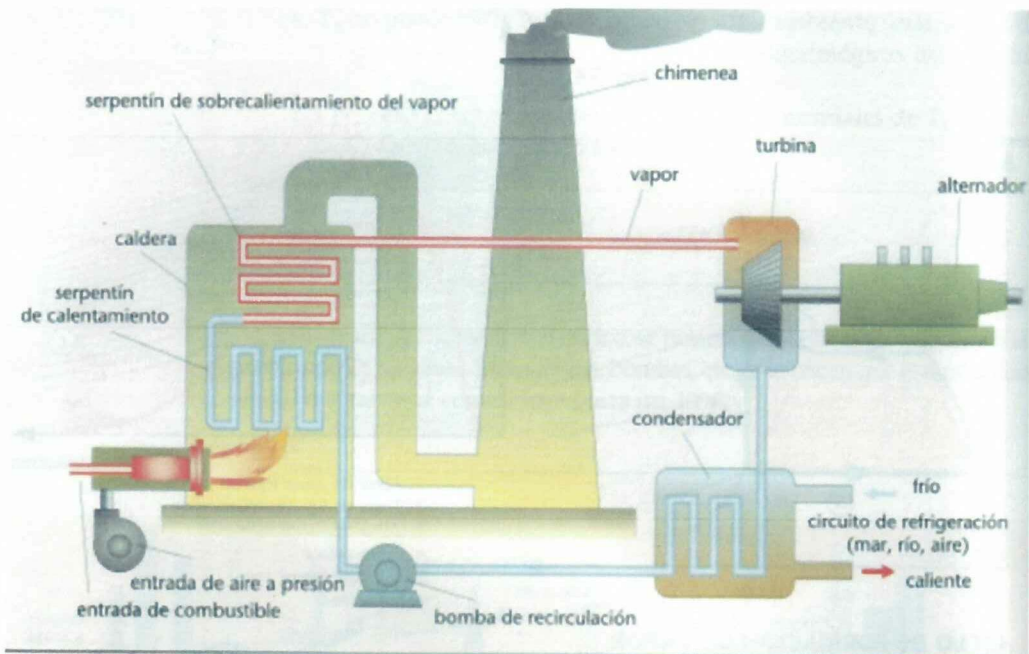
Fuente: Energías Renovables: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones. Antonio Madrid. (2009).

FIGURA 4. COMPONENTES DE LAS CENTRALES SOLARES.



Fuente: Energías Renovables: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones. Antonio Madrid. (2009).

FIGURA 5. COMPONENTES DE LAS CENTRALES TÉRMICAS.



Fuente: Energía Solar Térmica y de Concentración: Manual Práctico de Diseño, Instalación y Mantenimiento. Antonio Manuel Vicente. (2009).

1.4. ENERGÍAS CONVENCIONALES.

Para, CATELLS, X. 2011, “Las energías convencionales son las que provienen de recursos energéticos naturales (petróleo, carbón, madera y gas natural), estos recursos son limitados y el uso indiscriminado que se ha hecho de ellos durante muchos años ha derivado en que cada vez son más difíciles de obtener, tendiendo a su desaparición.” (pag.907).

Podemos definir energía convencional como aquella energía tradicional que se comercializa entrando a formar parte del cómputo del Producto Interior Bruto (PIB).

Por otro lado son altamente contaminantes y deterioran el medio ambiente provocando un paulatino calentamiento del planeta, dentro de las energías convencionales existen combustibles fósiles y nucleares.

1.5. ENERGÍAS NO CONVENCIONALES.

MENÉNDEZ, E. 1997, expone que “Las energías no convencionales o energías renovables son aquellas que se derivan de la energía que el sol nos envía de forma continua a la Tierra. Las diferentes tipos de energías no convencionales son: radiación solar (energía solar fotovoltaica), viento (energía eólica) y movimientos de aguas (energía maremotriz).” (pag.31).

Estas energías renovables también denominada energía verde, son de menor impacto medioambiental, y se las cataloga como las fuentes de energías que no aplican la quema de combustibles fósiles de ningún tipo.

1.6. PICOS CENTRALES ELÉCTRICAS.

Según, **SOBREVILA, M. 1977**, “Se emplean generalmente para autoconsumo, son instalaciones con niveles de generación eléctrica menores a 5 KW. Estos sistemas gozan de ventajas en términos de costos y simplicidad, comparados con sistemas de mayores capacidades.” (pag.270).

Las Pico Centrales se han transformado en una tecnología energética económicamente viable aún en partes del mundo muy pobre e inaccesible.

Además es una fuente de potencia versátil, que genera energía eléctrica de CA permitiendo el funcionamiento de equipos eléctricos estándar y la distribución de la electricidad.

Incluso se emplean en países que disponen de amplias redes de distribución eléctrica, por motivos de la ubicación geográfica que hace imposible la extensión de las redes eléctricas.

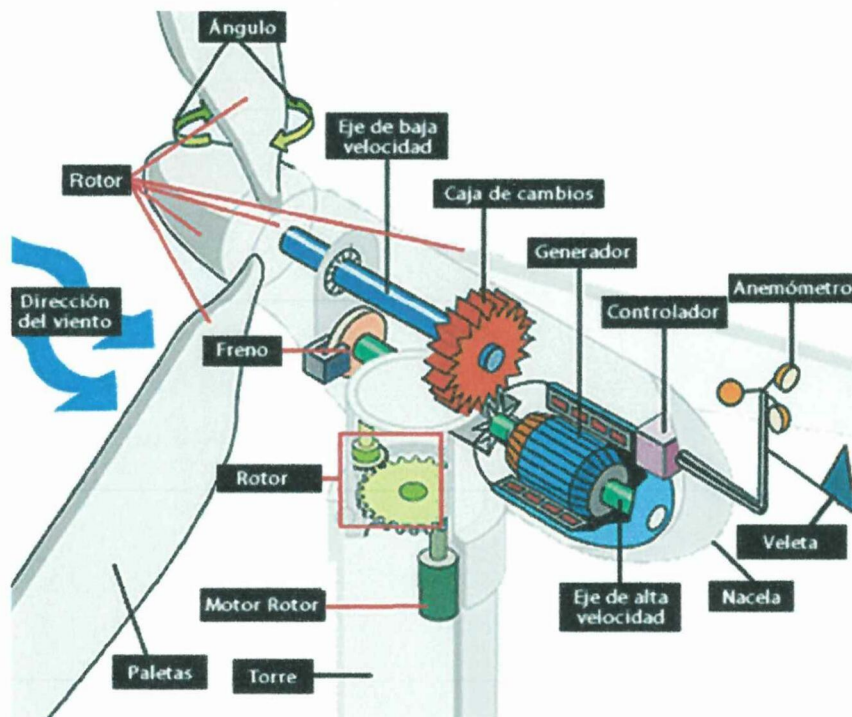
La maquinaria de una Pico Central suelen ser pequeñas y fáciles de transportar a sitios remotos y de difícil acceso.

1.7. DISEÑO DE CENTRALES EÓLICAS.

BRIDGEWATER, A. 2009, expone que “Una central eólica es un complejo eléctrico cuyo elemento principal es un conjunto de aerogeneradores distribuidos de tal forma que se aprovechen al máximo las corrientes de aire.” (pag.56).

En la figura 6 se muestra las partes de un aerogenerador.

FIGURA 6. PARTES DE UN AEROGENERADOR.



Fuente: <http://pequenosgenios4.jimdo.com/partes-de-un-aerogenerador/>.

1.7.1 Aerogeneradores.

Un aerogenerador es una máquina que produce un movimiento de rotación aprovechando la fuerza del viento.

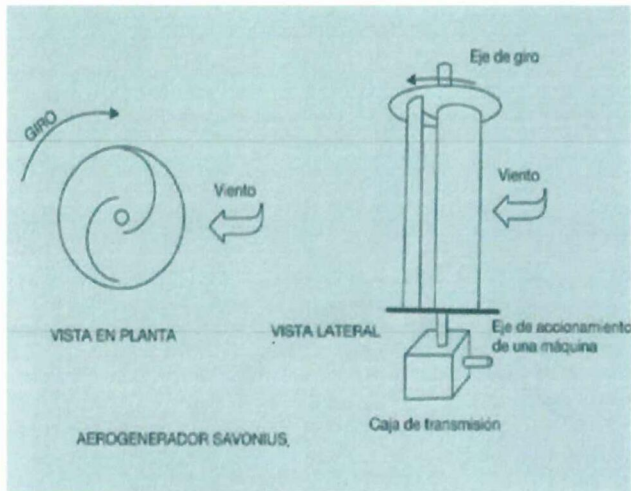
Los aerogeneradores se clasifican de acuerdo a la orientación de su eje de rotación. En la tabla 2 se muestra la clasificación de los sistemas eólicos según su eje, y en la tabla 3 se describe la clasificación de los sistemas eólicos según su potencia.

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS SEGÚN SU EJE.

Tipos	Características
Los Sistemas de Conversión de Eje Vertical	<p>Máquina de rotor tipo Savonius, está formado por dos semicírculos desplazados horizontalmente a una determinada distancia, a través de la cual se desplaza el aire, desarrolla poca potencia. En la figura 7 se muestra una máquina de rotor tipo Savonius.</p> <p>Máquina de rotor tipo Darrieus, está formado por dos o tres palas biconvexas unidas al eje vertical por la parte inferior y superior, permite aprovechar el viento dentro de una banda ancha de velocidades, el inconveniente es que no se encienden solos y necesitan un rotor Savonius. En la figura 8 se muestra una máquina de rotor tipo Darrieus.</p> <p>Los aerogeneradores de eje vertical no necesitan mecanismo de orientación y el generador eléctrico puede ir al suelo.</p>
Los Sistemas de Conversión de Eje Horizontal	<p>Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al suelo, son los más utilizados y permiten cubrir desde aplicaciones aisladas de pequeña potencia (de aproximadamente 1 KW) hasta instalaciones en grandes parques eólicos, donde se puede llegar a utilizar aerogeneradores por encima de 1 MW de potencia.</p> <p>El número de palas es normalmente de dos o tres, si bien existen también en la actualidad un prototipo de aerogenerador mono pala.</p> <p>En la figura 9 se muestra un sistema de eje horizontal.</p>

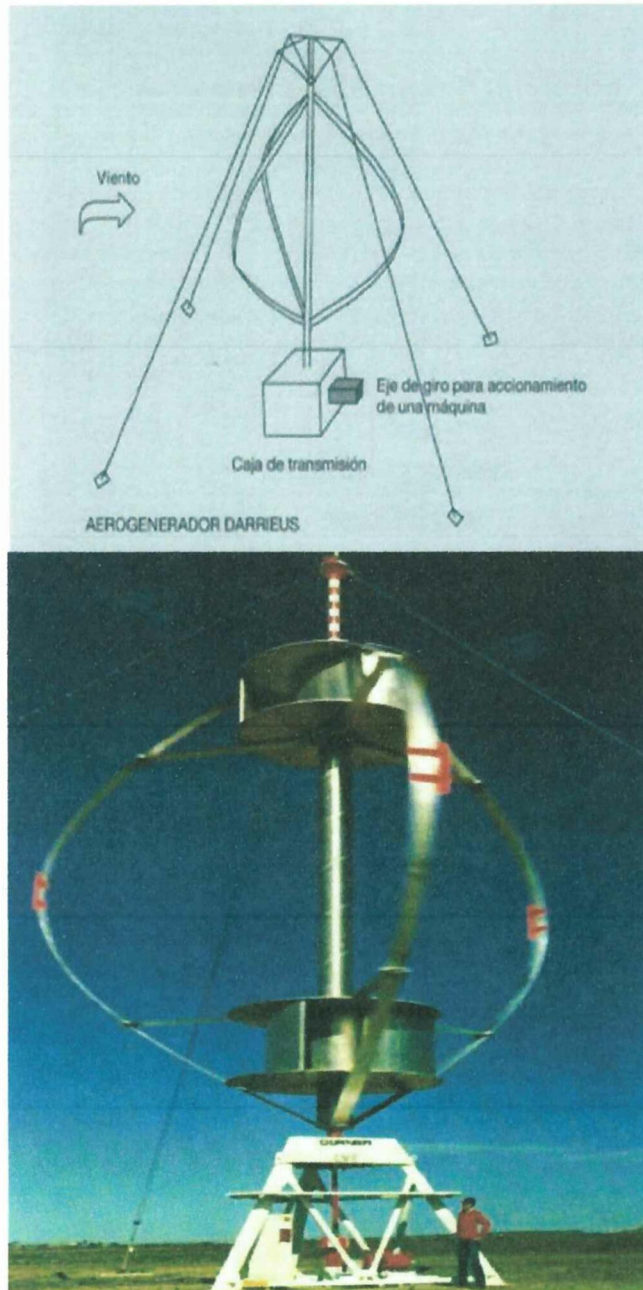
Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>

FIGURA 7. AEROGENERADOR CON ROTOR SAVONIUS.



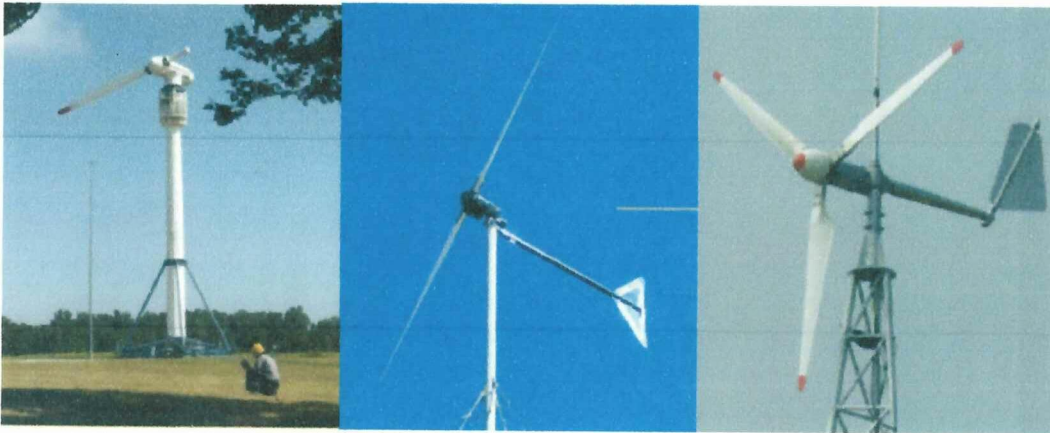
Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>.

FIGURA 8. AEROGENERADOR CON ROTOR DARRIEUS.



Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>.

FIGURA 9. AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL.



Una aspa

Dos aspas

Tres aspas



Multiaspas

Fuente: <http://augusta.uao.edu.co/moodle/Clases/Clase-No.11Tecnologia-de-los-aerogeneradores.pdf>.

Los aerogeneradores de eje horizontal de tres palas al ser sus velocidades de rotación relativamente bajas, constituye una gran ventaja respecto a las monopalas y bipalas debido a la reducción en el nivel de ruido que esto conlleva. Esta propiedad se ve fomentada, al utilizarse la turbina para el abastecimiento eléctrico de puntos aislados, donde generalmente la máquina se debe instalar en las cercanías de la población y se debe minimizar la perturbación introducida en el hábitat natural.

TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS SEGÚN SU POTENCIA.

Clasificación	Características
Sistemas de baja potencia	Son máquinas pequeñas que se utilizan para alimentar cargas que están alejadas de las redes eléctricas convencionales. En la figura 10 se muestra un sistema de baja potencia. Suministran una potencia inferior a los 3 KW.
Sistemas de media potencia	Son sistemas cuya potencia media ronda los 30 kW. Su utilización es como fuente complementaria conectada a la red local.
Sistemas de alta potencia	Son máquinas de gran tamaño que se conectan a una red eléctrica convencional. Los tamaños, en cuanto a producción de potencia, oscilan entre 100 kW y 2.500 kW.

Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>

FIGURA 10. ESQUEMA DE INSTALACIÓN EÓLICA DE BAJA POTENCIA.



Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>

1.7.2 Componentes de un aerogenerador.

Los elementos esenciales de un aerogenerador son los siguientes:

El 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.

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

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).

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. La góndola se compone de un bastidor, que es la base sobre la que se montan los mecanismos, y una carcasa, que generalmente se fabrica con poliéster y fibra de carbono y que, unida al bastidor, protege los elementos mecánicos.

Sistemas eléctricos: Tienen la función de generar energía eléctrica y poner en funcionamiento los sistemas auxiliares (sistema hidráulico de orientación de las palas,

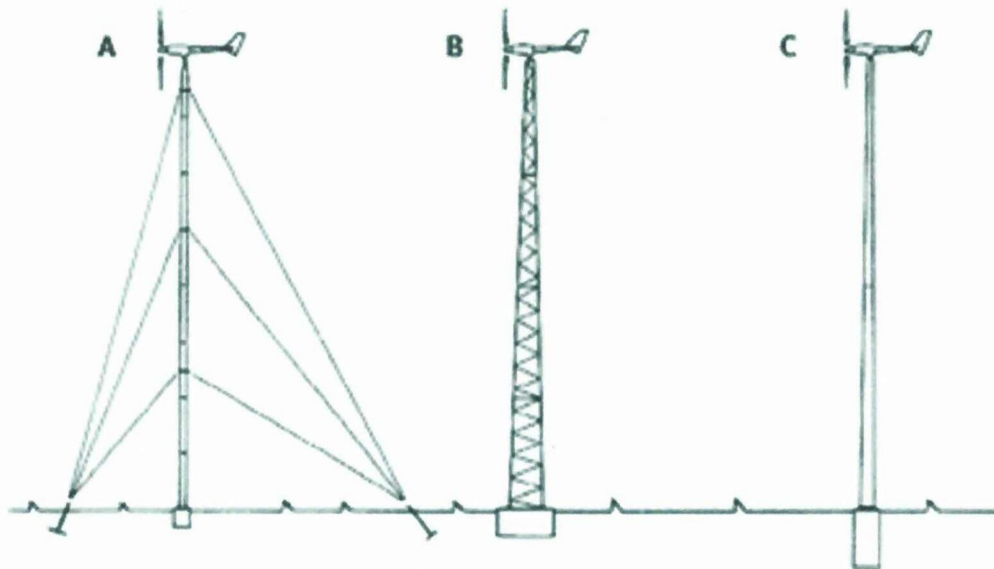
resistencias, sistema electrónico, iluminación, etc.). Estos sistemas eléctricos están formados por el generador y los elementos adjuntos a éste (interruptor, contador).

Sistema de Orientación: Es un componente mecánico cuya función es la de orientar a la turbina, manteniéndola siempre en la dirección del viento. Este sistema está compuesto por una veleta móvil que actuara como protección cuando la velocidad del viento supere los 12 m/s.

Torre: La torre de un aerogenerador es el elemento estructural que soporta todo peso del aerogenerador y mantiene elevadas del suelo las palas de la turbina. Las torres deben ser capaces de resistir rayos, vientos extremos, granizo y formación de hielo.

En la figura 11 se muestra las torres más frecuentes en la cual va sujetado el aerogenerador.

FIGURA 11. TORRES MÁS FRECUENTES, LAS AUTOPORTANTES Y LAS ATIRANTADAS O CON TENSORES(A), LAS DE CELOSIA (B), Y LAS TUBULARES (C).



Fuente: http://www.bornay.com/userfiles/tipos_torres.pdf.

TABLA 4. TIPOS DE TORRES EXISTENTES.

Tipos	Características
Torres Tubulares	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suelen ser de acero con sección circular. ➤ Dependiendo del tamaño pueden presentarse de forma cilíndrica, troncocónica o una mezcla de ambas. ➤ Suelen ser muy seguras para realizar las tareas de mantenimiento. ➤ Su instalación es fácil y rápida pero su costo es relativamente alto.
Torres de Celosía	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Este tipo de torres no se utiliza para grandes sistemas debido a que se debe llevar una revisión periódica en las uniones de los ángulos de acero y tornillos. ➤ Tienen un costo relativamente bajo, son de fácil construcción y transporte.
Torres de Mástil Tensado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Son las apropiadas para pequeños aerogeneradores por la ventaja del ahorro del peso y del costo. ➤ Es difícil acceso a la zona alrededor de la torre siendo una principal desventaja.
Torres Híbridas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Están hechas con las diferentes combinaciones de las ya mencionadas. ➤ Podría decirse que una torre híbrida es la combinación entre una torre de celosía y una torre tensada.

Fuente: <http://www.windturbinestar.com/los-tipos-de-torre.html>.

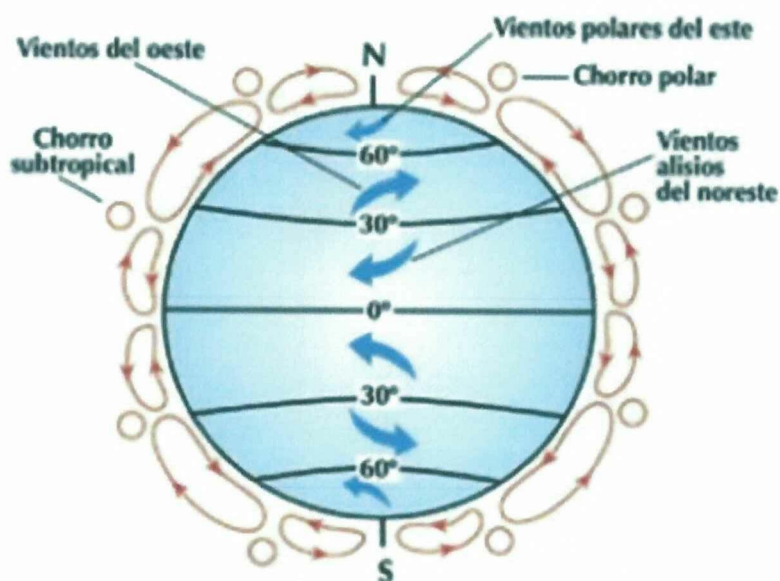
1.7.3 El Viento.

Según, MENÉNDEZ, E. 1997, “El viento es un fenómeno meteorológico producido por causas naturales, al igual que la lluvia o la nieve y es el responsable del movimiento del aire en la troposfera, que es una de las cuatro capas en las cuales está dividida la atmosfera terrestre y aquella fundamental a la hora de la respiración de los seres vivos.” (pag.89).

El viento es un fenómeno que se presenta en casi todas las áreas de la tierra, pero su intensidad y regularidad es diversa.

En la figura 12 se muestra el patrón de circulación de los vientos.

FIGURA 12. CIRCULACIÓN DE LOS VIENTOS EN LA ATMÓSFERA.



Fuente: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>.

1.7.3.1 Tipos de vientos en las regiones del Ecuador.

En la tabla 5 se resumen los vientos en las regiones del Ecuador.

TABLA 5. TIPOS DE VIENTOS EN LAS REGIONES DEL ECUADOR.

Tipos	Características
Región Litoral o Costa	Climas secos, tropical, tropical semihumedo. Temperaturas máximas y mínimas diferentes. Superficies bastante bajas y planas, con elevaciones montañosas pequeñas.
Región Interandina o Sierra	Climas mesotópico húmedo, mesotópico semihumedo, clima seco, frio Andino (2.500 hasta los 4.700 msnm.) Temperaturas entre los 10°C y 15°C. Vientos de drenaje, de montaña y valle.
Región Oriental o Amazónica	Climas tropical húmedo, vegetación abundante y posee pequeñas elevaciones las cuales son poco pronunciadas. El viento es casi nulo.
Región Insular o Archipiélago de Galápagos	Climas bastante secos en sus costas, climas de paramo en su región central, en donde influyen las brisas de mar y tierra, teniendo una velocidad de viento bastante aceptable.

Fuente: Grupo investigador.

1.7.4 Potencia del Viento.

El funcionamiento de un aerogenerador inicia cuando este capta la energía cinética del viento por medio del rotor y las aspas, para luego transformar esta energía cinética en energía eléctrica.

La fórmula para la potencia del viento que pasa perpendicularmente a través del área de barrido de un rotor se expresa con la ecuación 1.

Dónde:

P = potencia del viento en Watts.

ρ = es la densidad del aire seco (1.225 kg/m³).

v = su velocidad en m/s.

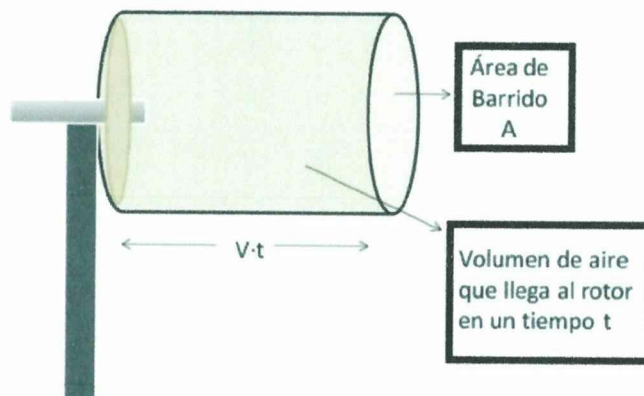
r = el radio del rotor en m.

$\pi = 3.1416$

MENÉNDEZ, E. expone que, la cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, " ρ ", del área de barrido del rotor, " A ", y de la velocidad del viento, " v ".

Para deducir la formula correspondiente, considere la figura 13 donde una cierta masa "m" de aire atraviesa las palas del rotor en un tiempo "t".

FIGURA 13. MASA DE AIRE QUE MUEVE LAS ASPAS DEL AEROGENERADOR.



Fuente: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-norambuena_ro/pdfAmont/cf-norambuena_ro.pdf.

La energía cinética de una masa de aire, "m", moviéndose a una velocidad, " v ", responde a la expresión:

Ec.2

$$E = \frac{1}{2} \rho m v^2$$

Si el volumen de aire que se mueve es "V" y tiene una densidad " ρ " su masa será; m = V.d, con lo que su energía cinética será:

Ec.3

$$E = \frac{1}{2} \rho V v^2$$

La cantidad de aire que llegará al rotor de un aerogenerador en un tiempo "t" dependerá de: el área de barrido del rotor "A" y de la velocidad del viento.

El volumen del aire que llega al rotor será:

Ec.4

$$V = A v t$$

La energía cinética que aporta el aire al rotor en un tiempo "t" será:

Ec.5

$$E = \frac{1}{2} \rho A v t v$$

Ec.6

$$E = \frac{1}{2} \rho A t v^3$$

Y la potencia aportada al rotor será:

Ec.7

$$E = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

“A” es el área del rotor tal que $A = r^2$, y r es el radio del rotor, esto es la longitud de la pala.

Cabe señalar que el análisis anterior corresponde a una turbina eólica del tipo hélice de eje horizontal, el cual va a ser usado en nuestro proyecto

1.7.5 Utilidad del uso del Viento.

El uso que se le dé al viento puede ser muy variado en sus formas, depende de la necesidad que requiera en cualquier campo de empleo.

La energía eólica se ha utilizado en la antigüedad en las actividades de molienda de granos secos, al transcurso de los años se ha ido empleando en diferentes maneras.

El bombeo de agua a base de la energía eólica ha sido por muchos años utilizado para el uso doméstico y abreviar ganado. Esto se lo puede observar en miles de pequeñas granjas del mundo.

En el presente proyecto, a la energía producida por el viento se la va a aprovechar para la generación de energía eléctrica, para satisfacer la demanda de una vivienda ubicada en la zona rural donde no existe acceso a la red de distribución eléctrica interconectada.

CAPITULO II

ENCUESTA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

2.1. INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Este capítulo está basado en la información complementaria, necesaria para el desarrollo del proyecto, por tanto vamos a iniciar con una breve reseña histórica de la provincia de Cotopaxi, sus características y división política.

La investigación empieza realizando un análisis de los requerimientos energéticos básicos para una vivienda de recursos limitados, además se tomó mediciones del viento todo el año y se realizó un promedio, para luego, con los resultados obtenidos se pueda estar acorde con el generador que se va a implementar.

Por otro lado tenemos que poner en conocimiento la biografía de la Hacienda Gualaya y sus proyectos de crecimiento, basándonos en los objetivos propuestos, preguntas directrices que guiaron a la investigación, los métodos empleados, y las técnicas aplicadas para la ejecución del proyecto, implementando un aerogenerador de acuerdo a los requerimientos del propietario y a los recursos que poseemos.

2.1.1 Aspectos Generales de La Provincia de Cotopaxi.

La Provincia de Cotopaxi ocupa la cuarta hoya desde el norte, denominada hoya central oriental del Patate.

La parroquia Mulaló se encuentra ubicada al norte del cantón Latacunga, cuenta con 21 comunidades y alrededor de 1650 familias, sus límites son: al norte la Provincia de Pichincha, al sur las parroquias de Langualó y Aláquez, al este la Provincia de Napo y al oeste con parroquias de Pastocalle y Tanicuchi.

En el sector nororiental se encuentran ubicados los páramos de la Hacienda Gualaya con una altura de 3605 msnm, que es en la cual se ejecutó el proyecto de construcción de la torre e implementación de una mini generadora eólica por parte de los postulantes a Ingenieros Electromecánicos de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.1.2 Velocidad del Viento en La Provincia de Cotopaxi.

La información obtenida fue proporcionada por el personal del aeropuerto Internacional de Cotopaxi, profesionales que luego de recabar la información durante todo el año, facilitaron los resultados, con los cuales se podrá realizar todos los cálculos correspondientes al aprovechamiento del viento y obtener el aerogenerador eficiente que cumpla los objetivos establecidos.

En la tabla 6 se detalla los valores obtenidos en las mediciones ya dichas anteriormente.

Tabla 6. VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO DEL AÑO 2012 EN LA CIUDAD DE LATACUNGA.

Año	Mes	Velocidad Max.	Velocidad Min.	Promedio
		m/s	m/s	m/s
2012	Enero	9,2	1,65	5,43
2012	Febrero	10,8	1,34	6,07
2012	Marzo	10,2	1,57	5,89
2012	Abril	10,15	1,45	5,80
2012	Mayo	10,7	1,5	6,10
2012	Junio	11,6	1,6	6,60
2012	Julio	12,7	1,98	7,34
2012	Agosto	13,5	2,50	13,50
2012	Septiembre	13,8	2,34	8,07
2012	Octubre	11,5	1,45	6,48
2012	Noviembre	10,68	1,65	6,17
2012	Diciembre	9,65	1,5	5,58
Promedio General				6,92

Fuente: Aeropuerto Internacional de Cotopaxi.

Con los datos de la tabla obtenida se calculó la potencia de acuerdo al promedio general de la velocidad del viento con el que se determinó el factor de generación de energía eléctrica y así poder escoger el generador que cumpla con las necesidades planteadas.

2.1.3 Estado Actual de La Hacienda Gualaya.

La Hacienda Gualaya pertenece al cantón Latacunga, posee un clima frío y una gran variedad de vegetación y árboles nativos de la zona. Se caracteriza por tener pocos habitantes, debido a la falta de recursos básicos, mismos que son indispensables para poder subsistir en el sector. Las pocas personas que habitan en el lugar, se dedican a la ganadería y la agricultura como principal fuente de ingresos económicos.

En la zona existen pequeños riachuelos donde se puede practicar la pesca de truchas como recreación para los turistas, y también como fuente de alimento para los lugareños; en la hacienda Gualaya viven dos personas que se dedican al cuidado de los animales que posee el propietario de la Hacienda, el mantenimiento de los pastizales y de la vivienda existente en el sector.

Teniendo presente la necesidad de la hacienda y al no poseer el servicio de energía eléctrica, surge la propuesta de parte del propietario en tener dicho recurso el cual se basa en implementar un proyecto de generar energía mediante la fuerza del viento, que por un lado ofrezca solucionar el problema de la falta de energía eléctrica y por otro lado que su costo sea lo más accesible para ellos.

De acuerdo a las investigaciones de las empresas eléctricas del país se encontró que en las partes rurales de la zona el consumo es de 15 a 25 KWh al mes, dando como resultado una demanda de energía mínima al poseer una televisión, alumbrado de la vivienda y algunos electrodomésticos pequeños.

La implementación del generador eólico se basó en la demanda de energía eléctrica de la Hacienda Gualaya donde funcionarían aparatos eléctricos con alto grado de eficiencia energética, los mismos que ayudarían a optimizar el uso de este aerogenerador.

En la tabla 7, se detalla los valores de la posible demanda de energía eléctrica del proyecto.

TABLA 7. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA BÁSICA DE LA HACIENDA GUALAYA.

CARGA	UD	I(A)	V(V)	Uso Semanal		n	P(W)	P
				(h/d)	(d/sem)			semanal
								(Wh/sem)
Iluminación del Patio	2	1.81	110	12	7	100%	200	16800
Iluminación de la cocina	1	0.91	110	4	7	100%	100	2800
Iluminación del dormitorio	1	0.91	110	3	7	100%	100	2100
Televisión	1	0,27	110	4	7	100%	30	840
Radio - Grabadora	1	0,64	110	8	5	100%	70	2800
Electrodoméstico	1	0,55	110	12	7	100%	60	5040
Termostato	1	0,73	110	2	5	100%	80	800
30% Reserva							100	
TOTAL							740	31180
								31.18KWh

Fuente: Grupo Investigador.

Calculo de la intensidad de la energía básica de la Hacienda.

Ec.8

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{100w}{110v} \quad \text{Remplazando los valores tenemos.}$$

$$I = 0,90 * 2(Ud) \quad \text{Multiplicamos por las unidades.}$$

$$I = 1,81A$$

Teniendo como resultado una demanda energética de 740 watt de potencia consumida, con 31,18 Kwh a la semana.

2.2. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

2.2.1 Tipo de Investigación.

En el proceso de la investigación planteada tiene un enfoque cualitativo-cuantitativo el cual se basó en la investigación descriptiva, para realimentar procesos de causa y efecto que ocasionaron la aplicación e implementación del Generador Eólico en la Hacienda Gualaya.

Para la elaboración de este proyecto se utilizó el apoyo de los siguientes métodos a fin de sustentar la investigación señalada.

2.2.2 Métodos de Investigación.

2.2.2.1 Método Inductivo.

Fue necesario implantar este método, porque se requería que se inicie la investigación con los diferentes problemas observados en el diagnóstico, hasta llegar a señalar indicadores de varios efectos que ocasionan el problema, en fin lo pertinente fue plantear una propuesta de la utilización de implementar un Generador Eólico que permita el empleo de este en la Hacienda Gualaya el mismo que ayudara al desarrollo de la misma y permitir la utilización de energías renovables.

2.2.2.2 Método Deductivo.

Este método fue adecuado aplicar en la investigación porque se requería formular planteamientos hipotéticos, los mismos que fueron comprobados y analizados en el transcurso de la investigación y luego se realizó las conclusiones de dichos resultados investigados sobre la implementación del generador eólico que permita el empleo en la Hacienda Gualaya.

2.2.2.3 Método Descriptivo.

Se empleó el método descriptivo, para realizar un estudio minucioso acerca de la implementación del generador como sustento de la primera variable, además se empleó distintos procesos utilizados en la investigación y planificación del proyecto de tesis, el desarrollo del procedimiento didáctico, se consideró también todos los criterios y opiniones que aportaron los encuestados para conocer las necesidades que abarca en el sector como objeto de la investigación, por consiguiente este método proporcionó la realización del análisis e interpretación de la realidad evidente para la implementación de un Generador Eólico en la Hacienda Gualaya.

2.3. POBLACIÓN.

Se define como un grupo de personas u objetos que poseen alguna característica en común; En este caso para el desarrollo de las encuestas, la población referente fueron los habitantes del recinto de Langualó Grande, donde se utilizó la técnica del censo, teniendo en cuenta que es una cantidad reducida se le pudo investigar de manera más eficaz y en su totalidad, como se evidencia en la tabla 8.

Tabla 8. POBLACIÓN.

Informantes	Frecuencia	Porcentaje
Habitantes	10	100%
Total	10	100%

Fuente: Grupo Investigador.

2.4. MUESTRA.

En cuanto se relaciona la muestra, no se calcula debido a que la misma es pequeña y no es necesario extraer la población, para aplicar los instrumentos de recolección señalado, al respecto no fue necesario aplicar la fórmula ya que la población de los integrantes no sobrepasó de un número significativo. Por lo tanto se aplicó los instrumentos a todos los integrantes de la población.

2.4.1 Instrumentos de Recolección de Datos.

La técnica que se utilizó en esta investigación fue la encuesta, la cual fue destinada para la recolección de datos, en este caso de algunos docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi; a los cuales se les formularon preguntas escritas mismas que se realizaron a través de cuestionarios, con alternativas para que la información que proporcionen sea confiable y fácil de tabular.

2.4.2 Tabulación.

Al recolectarse toda la información se procedió al vaciado de datos y se procedió a la elaboración de cuadros estadísticos y gráficos, utilizando como medio electrónico la aplicación de Excel la cual permitirá la realización de las gráficas.

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTAS.

2.5.1. Análisis e Interpretación de las Encuestas Aplicadas al Recinto de Langualo Grande perteneciente a la Parroquia Mulaló, Provincia de Cotopaxi.

1. ¿Existe problemas de energía eléctrica en su sector?

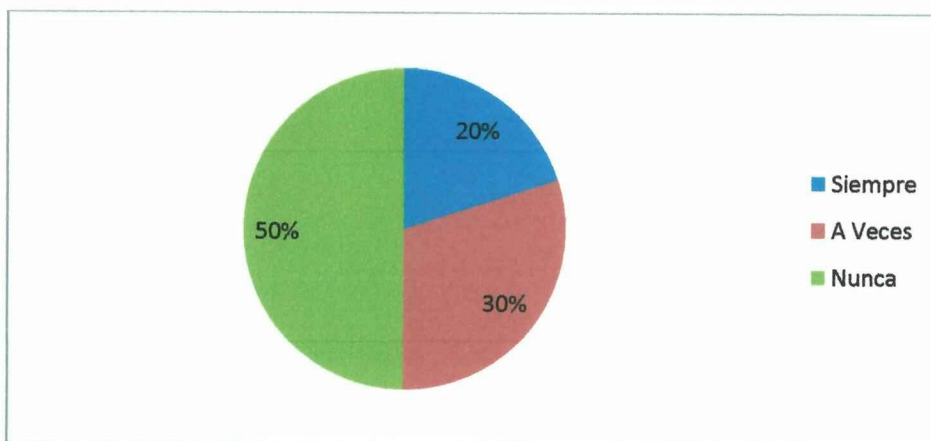
TABLA Nro. 9. PROBLEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

1. Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	2	20%
A veces	3	30%
Nunca	5	50%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualo Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Gráfico Nro. 14. PROBLEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualo Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas encuestadas, 3 personas que representan el 30% dicen que a veces existen problema de energía eléctrica en su sector el 50% opina que nunca, mientras que el 20% restante expresa que siempre.

2. ¿Qué le parece el uso de las energías renovables que nos ofrece nuestra naturaleza?

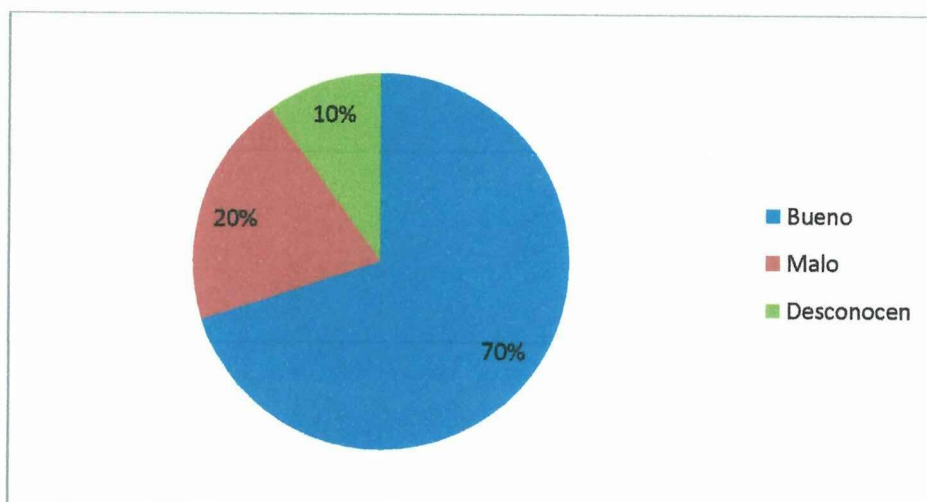
TABLA Nro. 10. USO DE ENERGIAS RENOVABLES.

1. Opciones.	Frecuencia	Porcentaje %
Bueno	7	70%
Malo	2	20%
Desconoce	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 15. USO DE ENERGIAS RENOVABLES.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 70% que equivale a 7 personas expresan que si conocen de estos tipos de energías renovables, el 20% que equivale a 2 personas dice que causan daño a la naturaleza, el 10% que equivale a 1 personas dice que desconoce el uso de esta energía.

3. ¿Usted ha escuchado sobre alguna clase de energía alternativa?

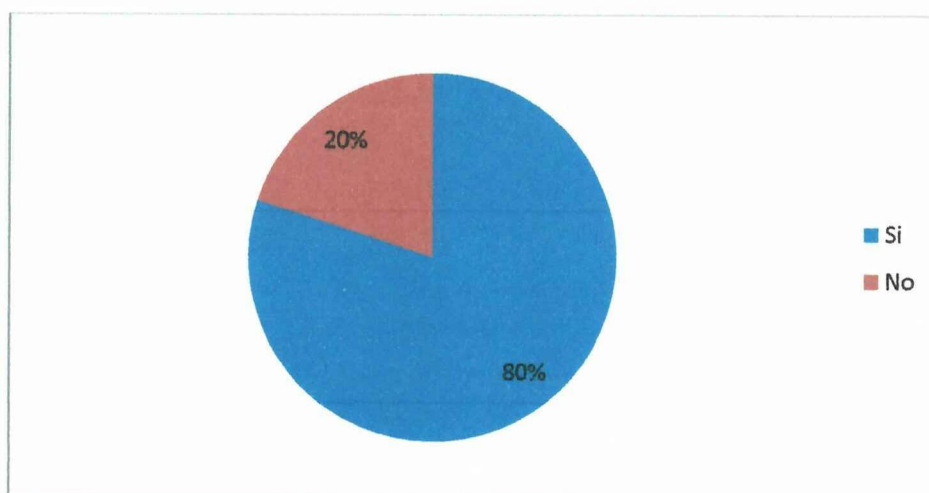
TABLA Nro. 11. ENERGÍA ALTERNATIVA.

3. Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	8	80%
No	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 16. ENERGIA ALTERNATIVA.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 80% que equivale a 8 personas expresan que si ha escuchado sobre energía alternativa, el 20% que equivale a 2 personas desconocen del tema.

4. ¿Alguna institución le hablo sobre la utilización de otras fuentes de energía eléctrica?

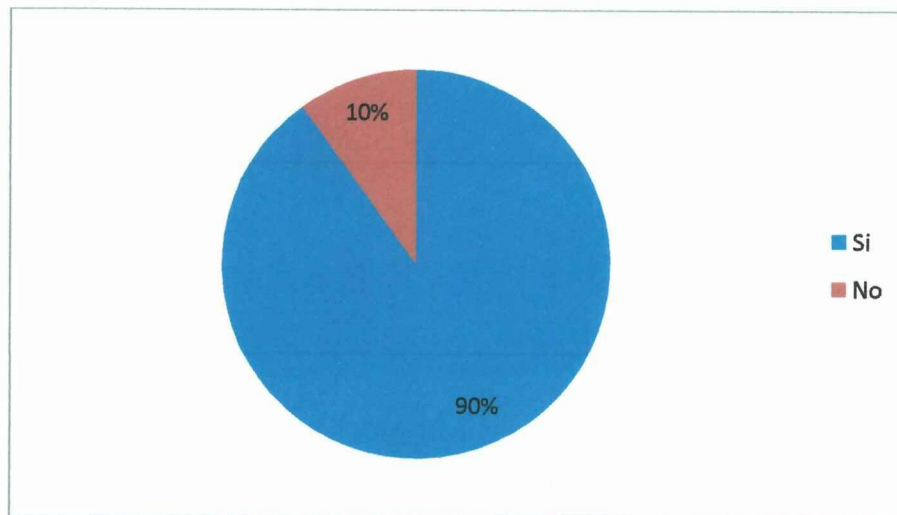
TABLA Nro. 12. UTILIZACIÓN DE OTRAS FUENTES DE ENERGIA.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande

Elaborado por: Grupo Investigador

GRÁFICO Nro. 17. UTILIZACIÓN DE OTRAS FUENTES DE ENERGIA



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 90% que equivale a 9 personas expresan que si les han hablado sobre la utilización de otras fuentes de energía eléctrica, el 10% que equivale a 1 personas que ni por ninguna institución saben nada.

5. ¿Piensa usted que mediante la utilización del viento se puede generar energía eléctrica?

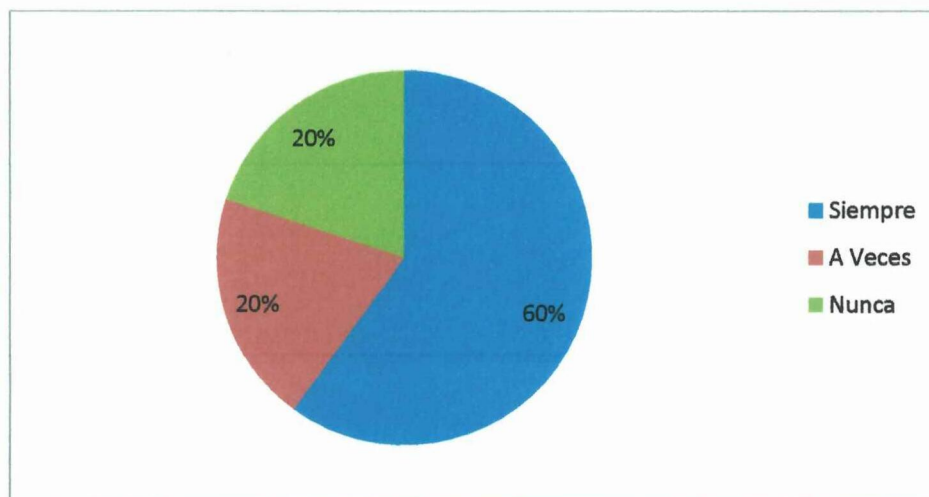
TABLA Nro. 13. UTILIZACIÓN DEL VIENTO.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	6	60%
A veces	2	20%
Nunca	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 18. UTILIZACIÓN DEL VIENTO.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 60% que equivale a 6 personas expresan que a veces mediante la utilización del viento se puede generar energía eléctrica, el 20% que equivale a 2 personas dice que a veces dependiendo la velocidad del viento, y el 20% que representa a 2 personas opinan que nunca.

6. ¿La Hacienda Gualaya necesita de energía eléctrica?

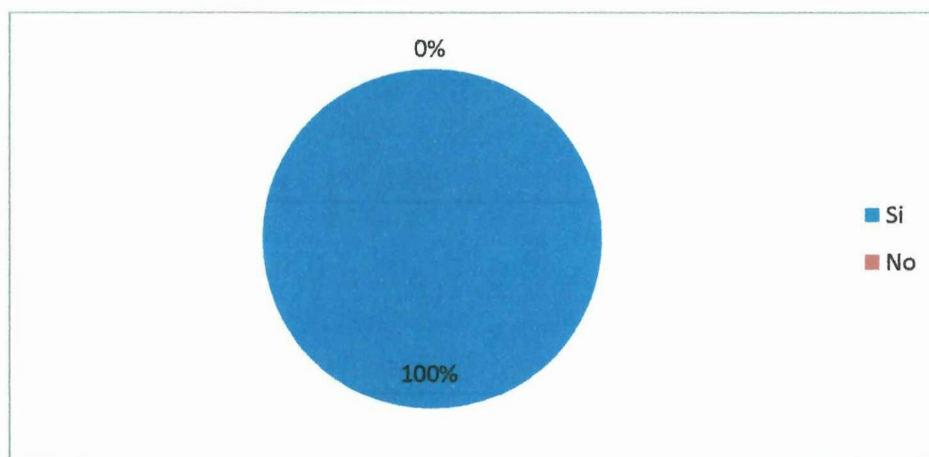
TABLA Nro. 14. NECESIDAD DE ENERGIA ELECTRICA.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 19. NECESIDAD DE ENERGIA ELECTRICA.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 100% que equivale a las 10 personas dicen que si necesita de este valioso servicio básico en la Hacienda Gualaya.

7. ¿La Hacienda Gualaya posee alguna fuente de generación de energía?

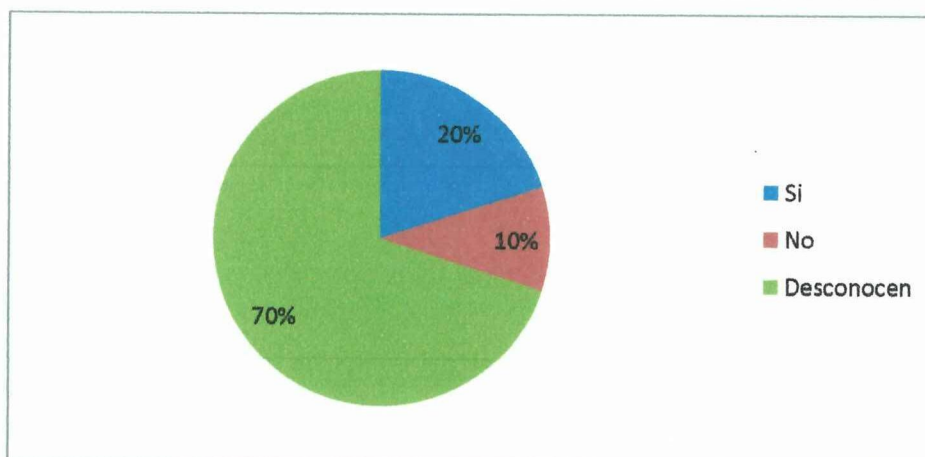
TABLA Nro. 15. GENERACION DE ENERGIA ADICIONALES.

7. Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	2	20%
No	1	10%
Desconocen	7	70%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 20. GENERACION DE ENERGIA ADICIONALES.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 20% que equivale a 2 personas expresan que a veces La Hacienda Gualaya genera energía a base de un motor generador, el 1% que equivale a 1 personas dice que no genera nada de energía, y el 70 % que representa a 7 personas comenta que desconocen si tendrá o no energía eléctrica.

8. ¿Cree usted que la Hacienda Gualaya necesita de un sistema de energía eléctrica Nocturna?

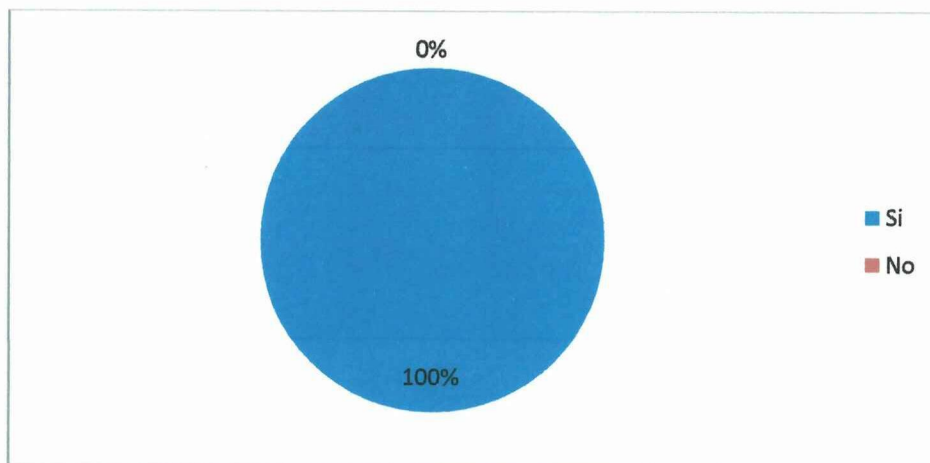
TABLA Nro. 16. SISTEMA DE ENERGÍA NOCTURNA.

8. Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 21. SISTEMA DE ENERGÍA NOCTURNA.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 100% que equivale a 10 personas expresan que la hacienda si necesita un sistema de energía eléctrica nocturna, dando como resultado una necesidad de energía eléctrica.

9. ¿Es importante utilizar energía alternativa en la Hacienda Gualaya?

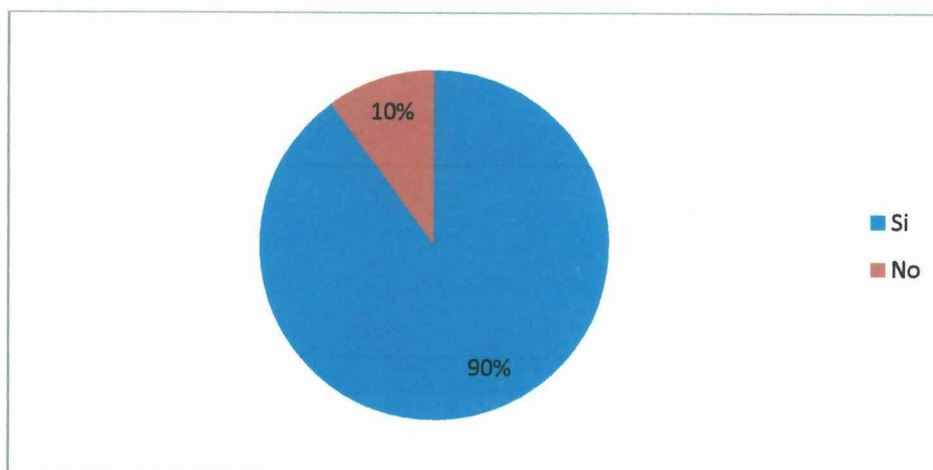
TABLA Nro. 17. UTILIZACION DE LA ENERGIA.

9. Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro.22. UTILIZACION DE LA ENERGIA.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 90% que equivale a 9 personas expresan que es importante utilizar energía alternativa dentro de la Hacienda Gualaya, el 10% que equivale a 1 personas dice no están de acuerdo al uso de esta energía.

10. ¿Está de acuerdo con la implementación de un sistema de generación de energía eólica en la Hacienda Gualaya?

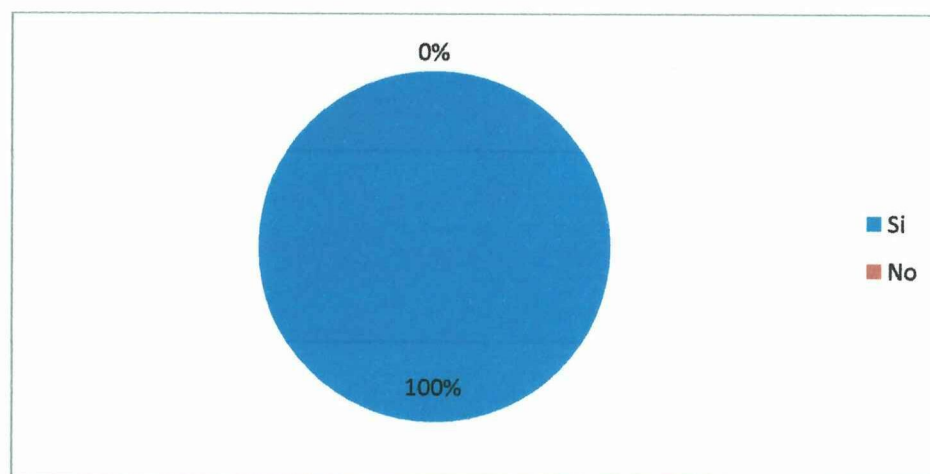
TABLA Nro. 18. IMPLEMENTACIÓN DEL GENERADOR EOLICO.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

GRÁFICO Nro. 23. IMPLEMENTACIÓN DEL GENERADOR EOLICO.



Fuente: Habitantes del Recinto Langualó Grande.

Elaborado por: Grupo Investigador.

Análisis: De un total de 10 personas el 100% que equivale a 10 personas expresan que si está de acuerdo con la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica eólica en la Hacienda Gualaya.

2.5.1 Metodología.

La metodología utilizada para la implementación, parte primordialmente en la investigación documental, seguida por el material que se cuenta y se tiene al alcance y así abaratar los costos de construcción de la torre para posteriormente implementar un aerogenerador el cual va a generar la energía que la Hacienda Gualaya necesita para su desarrollo.

Las etapas desarrolladas durante la investigación experimental fueron las siguientes.

1. Definir y delimitar el objetivo de la investigación y el problema.
2. Plantear preguntas directrices de trabajo.
3. Implementar el Generador eólico.
4. Analizar los resultados encontrados.
5. Obtener conclusiones y mejorías al sistema.
6. Elaborar su respectivo informe.

2.5.2 Preguntas Directrices.

En el proceso de la implementación de una mini generadora eólica, se debe tener en cuenta varios aspectos teóricos como son, el funcionamiento de un generador eólico de baja potencia, sus componentes principales, su vida útil, su mantenimiento en caso que el sistema lo requiera, la velocidad del viento, su dirección y el flujo de viento que existe en el sector.

Considerando los conocimientos teóricos y bibliográficos, se estará al tanto de las necesidades básicas que requiere una vivienda rural para determinar factores como la potencia para la implementación del aerogenerador, que permitirá cubrir la demanda eléctrica que la Hacienda Gualaya necesita para el bienestar del propietario y sus habitantes.

2.5.3 Fuente de Datos Primarios.

Para la obtención de información acerca de la Hacienda Gualaya se realizó un encuentro con el propietario, con este encuentro se logró obtener información valiosa para poder iniciar con la implementación del generador eólico que ya se encuentra en funcionamiento en ese sector perteneciente a la provincia de Cotopaxi.

2.5.4 Fuente de datos Secundarios.

Estos datos se obtuvieron de diferentes fuentes entre las que están, la información propia de la zona, datos del propietario de la Hacienda y los habitantes de sector del cual se obtuvo valiosa información para la implementación del proyecto.

Como fuente de datos externos están, la información recopilada de todo un año de mediciones que se realizó en el sector, dando como resultados la factibilidad en la implementación de un aerogenerador que proporcionara energía eléctrica a la Hacienda Gualaya, además de la información obtenida del manual del generador, libros, artículos, revistas especializadas en instalaciones de energías renovables e información del internet.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EOLICA.

3.1 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE TESIS

La principal motivación para plantear el tema de tesis **CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA** fue la ausencia de una red de distribución de energía eléctrica que llegue al sector donde se allá ubicada la Hacienda Gualaya puesto que la más cercana se encuentra a cuatro kilómetros de distancia.

Al inicio del proyecto se tuvo planificado construir el mini aerogenerador eléctrico con materiales nacionales e importados, pero durante el desarrollo del mismo se realizó un estudio comparativo de costos entre importar las partes faltantes para construir el mini aerogenerador como son: imanes permanentes de alta calidad y las aspas construidas en polipropileno con el importar un mini aerogenerador completo, lo cual hizo llegar a la conclusión de que era más factible importar el mini aerogenerador completo e implementarlo en el sector donde se lo requiere a traer solo las partes. La razón para que esto sucediera es que el Gobierno Nacional por su afán de cambiar la Matriz Energética del País planteó en el año 2012 que los equipos importados electrógenos y generadores paguen arancel cero, lo cual ha contribuido para que en el país se empiecen a crear empresas dedicadas a la importación de estos equipos de aerogeneración de distintas capacidades de generación eléctrica.

Debido a estos antecedentes es que en la tesis solo se desarrolló la implementación y construcción de la torre de soporte para una mini generadora eólica.

3.2. EL AEROGENERADOR Y SU FUNCIONAMIENTO.

Las grandes hélices convierten la energía del viento en energía rotativa. Un generador con imanes permanentes conectado al eje principal convierte esta energía en electricidad trifásica con un voltaje que varía entre 12VAC hasta 480VAC dependiendo el uso en donde se lo vaya a implementar.

La energía trifásica se rectifica en un controlador de carga que viene conjunto con el aerogenerador. La energía de corriente continuo ahora es apta para recargar una banca de baterías de ciclo profundo. El método de la recarga es de voltaje continuo con adaptación de la corriente, lo que es la forma recomendada para baterías de plomo acido. La capacidad de la banca de batería depende de la potencia del equipo y puede alcanzar hasta 80 baterías de 200Ah cada uno.

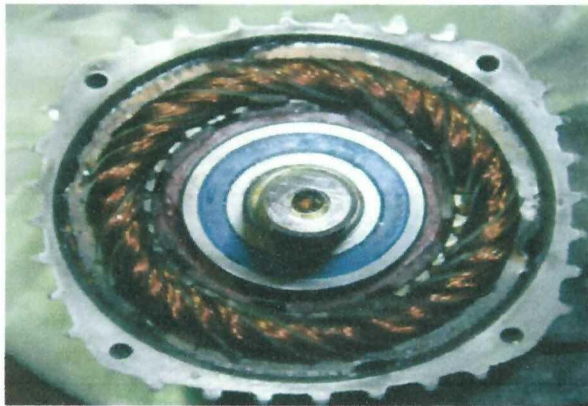
Cuando la banca de batería está cargada y ya no puede acumular más energía el controlador de carga automáticamente envía la energía eléctrica a un disipador de energía, que es principalmente una resistencia que se calienta. Esto es importante para frenar el aerogenerador pues es un sistema de freno eléctrico. Cuando haya vientos muy fuertes el aerogenerador vira su hélice afuera del viento. Esto debido a su diseño especial no simétrico de la colocación de la cola del aerogenerador.

Para utilizar la energía acumulada normalmente se utiliza un inversor que convierte la energía de corriente continua a energía eléctrica alterna de 110VAC o 220VAC.

3.2.1 Estructura del Aerogenerador.

El diseño de los aerogeneradores es muy robusto: tienen tres aspas largas de fibra de vidrio acoplados en un buje de hierro fundido. Se acopla al eje principal que es cónico y consta de un bobinado interno para la producción de energía eléctrica como se muestra en la figura 24.

FIGURA 24. PARTE DEL BOBINADO DEL AEROGENERADOR



Fuente: Grupo Investigador.

Utiliza rodamientos galvanizados de alta calidad como por ejemplo NSK o SKF. Un retenedor protege el interior contra la humedad. El generador eléctrico utiliza imanes permanentes de alta potencia tipo NdFeB con un estator sumamente eficiente, que garantiza un buen desempeño con vientos bajos. Los aerogeneradores disponen de imanes cromatizados y cambiables. Cada imán está fijado por un perno al eje central como se muestra en la figura 25.

FIGURA 25. RODAMIENTO DEL AEROGENERADOR.

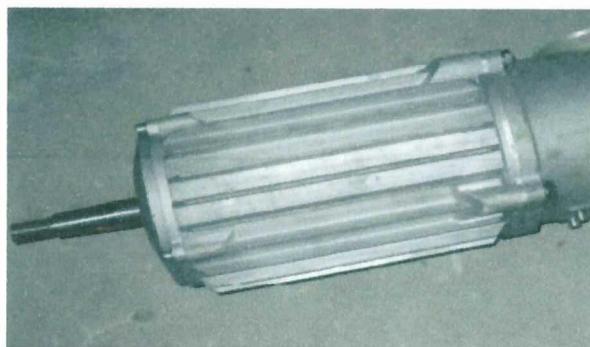


Fuente: Grupo Investigador.

En el diseño anterior el azimut está colocado asimétricamente a un lado del generador. Estos modelos constan con una aleta a un lado permitiendo desviar el caudal del viento a otro lado, evitando así el choque directo del viento (Side Furling). El aerogenerador viene con un acople para un tubo de 3" exterior para poder montarlo en una torre.

Este aerogenerador está fabricado de hierro fundido con una capa de aluminio, protegiendo en su totalidad las partes internas del aerogenerador, garantizando de tal forma una muy buena protección contra la corrosión como se muestra en la figura 26

FIGURA 26. AEROGENERADOR VISTO EXTERIORMENTE.



Fuente: Grupo Investigador.

3.3. PARAMETROS DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI GENERADORA EÓLICA.

Debido a la necesidad de energía eléctrica en la Hacienda Gualaya tenemos que dar a conocer los parámetros del aerogenerador obtenido e instalado para su correcta utilización.

Los parámetros encontrados en la implementación del aerogenerador son:

- Dimensionar la capacidad del material a soportar la torre.
- Calcular la potencia de viento obtenida en el sector.
- Calcular la demanda energética de la vivienda.
- Determinar las características del aerogenerador.
- Obtener sus respectivos valores a instalarse.

3.4. ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA HACIENDA GUALAYA.

Para el estudio de las velocidades del viento en el sector se emplearon algunos equipos tanto para la medición del viento como de ubicación geográfica.

Para ubicar el sitio donde se realizó este proyecto se empleó un GPS marca SXPAD y para medir la velocidad del viento se utilizó un anemómetro marca HOLDPEAK (VER ANEXO I).

Para poder dimensionar el mini generador eólico necesario se tuvo que evaluar la velocidad del viento durante todo un año utilizando el equipo de medición mencionado anteriormente, la toma de datos se las realizo cada tres horas todos los días.

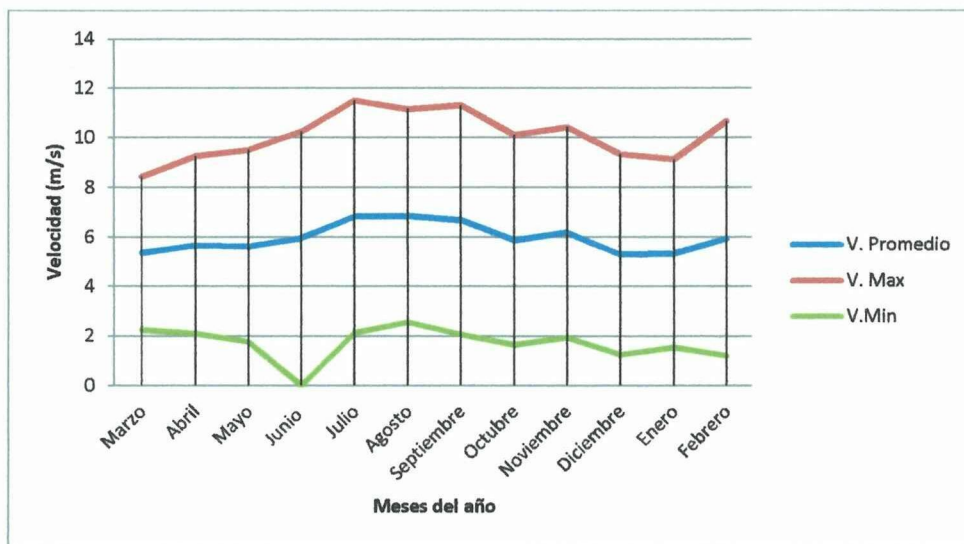
Con la información obtenida y la aplicación de la estadística inferencial se pudieron obtener los valores de velocidad máxima, mínima y promedio de cada mes y del año, la misma que esta resumida en la tabla 19 que se muestra a continuación.

TABLA 19. MEDICIONES DEL VIENTO DEL SECTOR DE GUALAYA.

Año	Mes	V Max (m/s)	V min (m/s)	Promedio (m/s)
2012	Marzo	8,45	2,25	5,35
2012	Abril	9,25	2,1	5,68
2012	Mayo	9,5	1,78	5,64
2012	Junio	10,25	1,67	5,96
2012	Julio	11,5	2,15	6,83
2012	Agosto	11,15	2,56	6,86
2012	Septiembre	11,32	2,07	6,7
2012	Octubre	10,12	1,65	5,89
2012	Noviembre	10,42	1,95	6,19
2012	Diciembre	9,35	1,25	5,3
2013	Enero	9,13	1,54	5,34
2013	Febrero	10,67	1,22	5,95
Promedio General				5,97

Fuente: Grupo Investigador.

FIGURA 27. GRAFICA DE VELOCIDAD DEL VIENTO DE TODO EL AÑO.

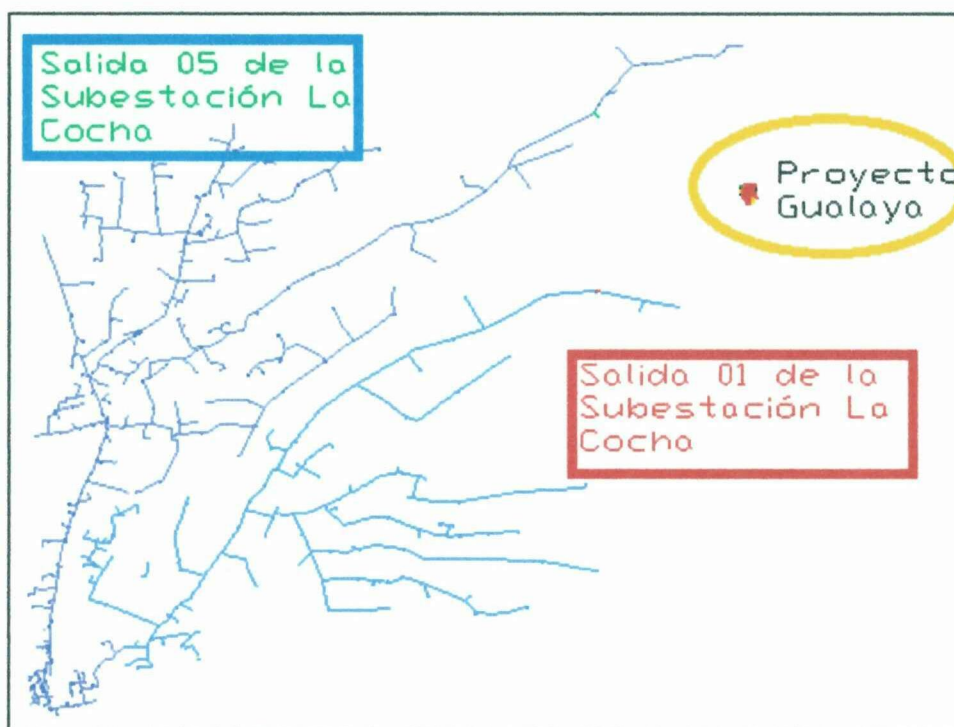


Fuente: Grupo Investigador.

3.5. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS.

Durante varios años el propietario de la Hacienda Gualaya ha requerido el servicio de energía eléctrica, por lo cual el pidió una proforma de los costos necesarios para la construcción de una línea de medio voltaje hasta el sector, los mismos que se detallan en la tabla 20, ya que el sistema nacional interconectado de distribución de energía eléctrica se encuentra a una distancia de 4 km del lugar donde él vive (VER FIGURA 28).

FIGURA 28. GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE COTOPAXI.



Fuente: ELEPCO S.A.

TABLA 20. PROFORMA DE CONSTRUCCIÓN SIMEN CIA.LTDA.

PRESUPUESTO MONTAJE DE UN TRANSFORMADOR HCDA. GUALAYA			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNL	COSTO TOT.
Aislador tipo espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 55-5, 15 kV	3	3,75	11,25
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	3	8,97	26,90
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	6	0,25	1,50
Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm (5/16") de ancho	3	0,51	1,52
Aislador tipo espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 55-5, 15 kV	2	3,75	7,50
Perno espiga (pin) tope de poste doble de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	1	18,97	18,97
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	4	0,25	1,00
Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm (5/16") de ancho	2	0,51	1,01
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, con extensión simple, 50 x 6 x 140 - 160 mm (2 x 1/4 x 5 1/2 - 6 1/2")	4	6,31	25,25
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-15, 15 Kv	4	18,09	72,36
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabon "U" para sujeción)	4	3,89	15,58
Retención preformada para conductor de Al.	4	1,34	5,36
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8") de diám	4	2,00	8,00
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, con extensión doble, 50 x 6 x 140 - 160 mm (2 x 1/4 x 5 1/2 - 6 1/2")	4	12,63	50,51
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-15, 15 Kv	8	18,09	144,72
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabon "U" para sujeción)	8	3,89	31,15
Retención preformada para conductor de Al.	8	1,34	10,72
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8") de diám	8	2,00	16,00
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, 38 x 4 x 160 - 190 mm (1 1/2 x 11/64 x 6 1/2 - 7 1/2"), sujeción simple	3	2,58	7,73
Aislador tipo rollo, de porcelana, clase ANSI 53-2, 0,25 Kv	3	1,29	3,86
Bastidor (rack) de acero galvanizado, 1 vía, 38 x 4 mm (1 1/2 x 11/64")	3	2,32	6,97
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	6	0,05	0,30
Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm (5/16") de ancho	3	0,51	1,52
Estribo para derivación, aleación Cu Sn	1	7,15	7,15
Grapa de derivación para línea en caliente de aleación de Al	2	7,50	15,00
Conductor desnudo sólido de Cu duro No. 4 AWG	3	8,00	24,00
Transformador monofásico autoprotegido, 13200 GRdY / 7620 V - 120 / 240 V	1	2000,00	2000,00
Estribo para derivación, aleación Cu Sn	1	7,15	7,15
Grapa de derivación para línea en caliente de aleación de Al	1	7,50	7,50
Seccionador fusible unipolar, tipo abierto, clase 15 kV	1	84,03	84,03
Cruceta de acero galvanizado, en volado, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 1200 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4x 47")	1	21,89	21,89

De acuerdo a la proforma facilitada por el propietario de la hacienda, los costos de instalar una línea de medio voltaje hasta la hacienda Gualaya son de 16615,34 dólares, los mismos que no se encuentran al alcance del señor.

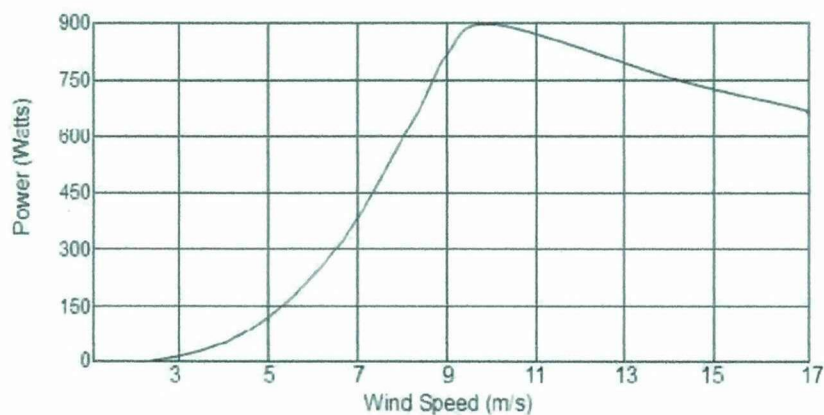
La Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a su incansable búsqueda de contribuir con la sociedad tiene realizados varios convenios de cooperación con instituciones públicas y privadas en donde son los estudiantes que están por graduarse quienes ayudan a hacer realidad los mismos, es así que para la construcción de este proyecto de generación eólica la Universidad Técnica de Cotopaxi firmo un convenio con el propietario de la Hacienda Gualaya para que dos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica implementen un mini aerogenerador eólico el cual tiene un costo de 4600 dólares dando un ahorro del 72% con relación a la proforma de construcción presentada por el propietario.

La implementación del aerogenerador entro en vigencia el 15 de Junio del 2013. Proporcionando de servicio eléctrico a los habitantes del sector e impulsando el uso de energías renovables que no causen daño al medio en donde vivimos. El resultado de la implementación del aerogenerador tendrá una factibilidad energética eficiente para cuatro años de uso con su debido mantenimiento por año.

Realizando la demanda energética de las viviendas de la tabla 7, se obtuvo que la Hacienda necesite una potencia de generación de 740 vatios, y los cálculos de factibilidad de viento en donde se implementó el proyecto nos dieron un promedio de 5,97 m/s.

El aerogenerador a implementarse, viendo la rentabilidad económica y la alta capacidad de generar energía eléctrica se escogió de muchos generadores y marcas, el aerogenerador Exmork ZH de 750 W, por su bajo costo económico, la capacidad alta de generar y durabilidad que posee. En la tabla 21, se muestra las características del aerogenerador adquirido y en la figura 29 la curva de potencia del aerogenerador.

FIGURA 29. CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR



Fuente: Manual del fabricante.

TABLA 21. CARACTERISTICAS DEL AEROGENERADOR.

CARACTERISTICAS DEL AEROGENERADOR EXMORK ZH (750W)	
Díámetro de Helices.	2,7 metros
Número y material de aspas.	3 x fibra de vidrio.
Potencia de generación y Max. Potencia.	750W / 900 W
Velocidad máxima de rotación.	9 m/s
Velocidad de inicio de generación.	2.5 m/s
Velocidad mínima de trabajo.	3 - 25 m/s
Velocidad máxima de trabajo.	50 m/s
Voltaje de trabajo.	DC 12/24V (24V voltaje opcional)
Tipo de Generador.	Tres imanes permanentes
Tipo de Carga.	Voltaje constante
Tipo de Freno.	Auto frenado eléctrico
Altura de la Torre.	12 metros. (Opcional)
Tiempo de vida útil.	10 – 15 años

Fuente: Manual del fabricante.

La velocidad del viento es esencial para la producción de energía eléctrica mediante el aerogenerador, el cual va a satisfacer la demanda energética del propietario y de los habitantes que dispone la Hacienda Gualaya.

3.5.1 Aplicación de cálculos para la obtención de valores para la generación eólica.

Potencia del aerogenerador

La máxima potencia generada por el viento, ya sea con un molino de viento o un aerogenerador, se expresa con la siguiente ecuación:

Ec.9

$$P = 0,15 \cdot D^2 \cdot V^3$$

Dónde:

P: es la potencia expresada en vatios [W]

D: es el diámetro de las aspas del rotor en metros [m]

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

Este análisis está basado en la potencia del aerogenerador con respecto a las distintas velocidades del viento.

Remplazando la velocidad a (3m/s) tenemos:

Ec.10

$$P = 0,15 \cdot (2,7m)^2 \cdot (3m/s)^3$$

$$P = 29,53W$$

$$P = 0,02953KW$$

Remplazando la velocidad a (4m/s) tenemos:

Ec.11

$$P = 0,15 \cdot (2,7m)^2 \cdot (4m/s)^3$$

$$P = 69,98W$$

$$P = 0,06998KW$$

Remplazando la velocidad a (5,97m/s) tenemos:

Ec.12

$$P = 0,15. (2,7m)^2. (5,97m/s)^3$$

$$P = 232,67W$$

$$P = 0,23267KW$$

De los datos analizados para las diferentes velocidades de viento se verifica que a doble velocidad de viento, la eólica desarrollara 8 veces más potencia.

Cálculo del diámetro del rotor.

Se obtiene a partir de la ecuación 13 de potencia de la turbina eólica.

Ec.13

$$d = \sqrt{\frac{8.P}{\pi.p.v^3.Cp.ne.nt}}$$

Dónde:

d: Diámetro del rotor de la turbina eólica (m)

P: Potencia de diseño del aerogenerador (W)

p: Densidad del aire, (1,225 kg/m³)

v: Velocidad del viento (m/s)

Cp: Coeficiente de potencia (dimensional)

ne: Eficiencia del generador (Valor constante 0,80 para este tipo de rotor)

nt: Coeficiente de transmisión (Valor constante 0,35 para este tipo de rotor)

Remplazando en la (Ec.13) tenemos:

$$d = \sqrt{\frac{8x745,18W}{\pi. 1,225 \text{ kg/m}^3. (5,97m/s)^3. 1,2x0,80x0,35}}$$

$$d = \sqrt{\frac{5961,44kg.m^2/s^3}{275,14kg/s^3}}$$

$$d = \sqrt{21,67m^2}$$

$$d = 4,65m$$

Número de revoluciones por minuto de una Eólica

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

Ec.14

$$n = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot d} \right)$$

Dónde:

n: es el número de revoluciones por minuto [rpm]

λ : se llama velocidad específica. Este factor depende del tipo de eólica (rápida o lenta). Puede tener un valor comprendido entre aprox. 1 y 14. En la eólica que vamos a construir, este factor será de 9.

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

d: es el diámetro de las aspas del aerogenerador en metros [m].

Remplazando tenemos (a 3m/s):

Ec.15

$$n = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot d} \right)$$

$$n = \left(\frac{60 \times 9 \text{m/s} \cdot 3 \text{m/s}}{\pi \cdot 2,7 \text{m}} \right)$$

$$n = 190,98 \text{rpm}$$

Remplazando tenemos (a 4m/s):

Ec.16

$$n = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot d} \right)$$

$$n = \left(\frac{60 \times 9 \text{m/s} \cdot 4 \text{m/s}}{\pi \cdot 2,7 \text{m}} \right)$$

$$n = 254,65 \text{rpm}$$

Remplazando tenemos (a 5,97m/s):

Ec.17

$$n = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot d} \right)$$

$$n = \left(\frac{60 \times 9 \text{m/s} \cdot 5,97 \text{m/s}}{\pi \cdot 2,7 \text{m}} \right)$$

$$n = 380,06 \text{rpm}$$

Energía Cinética

Se emplea la siguiente ecuación:

Ec.18

$$E = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$E = \frac{1}{2} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (1,82 \text{m}^2) \cdot (5,97 \text{m/s})^3 \quad \text{Reemplazando tenemos}$$

$$E = \left(0,6125 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (1,82 \text{m}^2) \cdot (212,78 \text{m}^3/\text{s}^3) \quad \text{Calculando}$$

$$E = 237,20 \text{W}$$

Área del rotor

Ec.19

$$A = r^2 \text{ Rotor}$$

$$A = (1,35\text{m})^2 \quad \text{Reemplazando}$$

$$A = 1,82\text{m}^2$$

Potencia a generar

La potencia a generar se obtiene con la siguiente la ecuación:

Ec.20

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi r^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \left(1,225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(5,97 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 \cdot (3,1416) \cdot (1,35 \text{ m})^2 \quad \text{Reemplazando}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \left(1,225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(212,78 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3}\right) \cdot (3,1416) \cdot (1,82\text{m}^2)$$

$$P = 745,18 \text{ W}$$

Análisis: De acuerdo a la velocidad del viento encontrado en el sector y a los cálculos realizados en dicho lugar, se dedujo la implementación de un aerogenerador que proporcione la demanda de potencia requerida de la Hacienda Gualaya mayor de 745,18W.

3.6. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DEL AREA DE CIMENTACIÓN DE LA TORRE.

3.6.1 Construcción de la Cimentación.

Una cimentación es la encargada de la transmisión de cargas de la estructura, maquinaria o equipo que esté soportando, al suelo.

Teniendo en cuenta que el principio de diseño de una cimentación no varía, se debe sin embargo hacer ciertas consideraciones especiales en los parámetros usados para cimentar la torre a construirse para evitar las vibraciones.

Por tanto para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y además dimensionar el propio cimiento como elemento de hormigón, de modo que sea suficientemente resistente.

Deberá cumplir tres requisitos fundamentales:

- a) El nivel de la cimentación deberá estar a una profundidad tal que se encuentre libre del peligro de heladas, cambios de volumen del suelo, capa freática, excavaciones posteriores, etc.
- b) Tendrá unas dimensiones tales que no superen la estabilidad o capacidad portante del suelo.
- c) No deberá producir un asiento en el terreno que no sea absorbible por la estructura.

Tenemos diferentes tipos de cimentaciones se las categoriza como superficiales y profundas. La elección de la adecuada cimentación dependerá siempre del estudio de suelos que proporcionara la profundidad de desplante de la cimentación.

La norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11 indica un criterio para la clasificación de las cimentaciones, mediante la ecuación:

Ec.21

$$Si \frac{Df}{B} \leq 4 \text{ Cimentación Superficial.}$$

$$Si \frac{Df}{B} > 4 \text{ Cimentación Profunda.}$$

En donde:

Df es la profundidad de desplante de la cimentación dada por el estudio de suelos correspondiente.

B es el ancho de la cimentación.

Si: Cimentación superficial.

Reemplazando en la Ec.21 tenemos:

$$Si \frac{Df}{B} \leq 4$$

$$Si = \frac{1,50m}{1,20m} \leq 4$$

$$Si = 1,25 \leq 4$$

En resultado al dato encontrado decimos que el valor de la cimentación superficial deberá ser de 1,25 a 4 metros de profundidad.

Para la obtención de la carga admisible del suelo, se utiliza la siguiente ecuación:

Ec.22

$$q_{adm} = K \frac{(Pl)}{F}$$

K = Es un coeficiente de empotramiento de la cimentación. Depende de la relación entre el ancho y profundidad de la cimentación.

$$K = \frac{Df}{B}$$

PI = Presión equivalente neta.

Se basa en Terrenos coherentes. Según su consistencia, y su resistencia a compresión en estado natural no alterado, se clasifican en:

- a. Terrenos arcillosos duros, resistencia a compresión superior a 4 kg/cm².
- b. Terrenos arcillosos semiduros, resistencia a compresión entre 2 y 4 kg/cm².
- c. Terrenos arcillosos blandos, resistencia a compresión entre 1 y 2 kg/cm².

F = Coeficiente de seguridad. Lo habitual es aplicar un factor de seguridad de 3 para terrenos arcillosos semiduros.

Reemplazando en la Ec.22 tenemos que:

$$q_{adm} = K \frac{(PI)}{F}$$

$$q_{adm} = 1,25 \frac{(4kg/cm^2)}{3}$$

$$q_{adm} = 1,55kg/cm^2$$

La construcción consistió en determinar la profundidad del área de cimentación de la torre auto soportable utilizando el material adecuado en su implementación y los detalles que se debe tener en cuenta al momento de incorporar la base de la torre en el lugar de construcción.

Considerando que en el lugar no se poseía material apto para realizar la cimentación adecuada, el propietario nos colaboró el transporte del material con un vehículo y un remolque que la hacienda dispone, teniendo en cuenta que la piedra es un material que servirá de mucho en la cimentación ya que nos proporcionara estabilidad en la base de la torre a ser instalada, en la figura 30, se muestra el material trasladado al lugar de construcción.

FIGURA 30. MATERIAL EMPLEADO.



Fuente: Grupo Investigador.

Se determinó entonces una profundidad de 1,25 metros cuadrados, con una material de acero soportable a la carga encontrada.

Por otro aspecto tenemos el traslado de la base de la torre al lugar en donde se va a implementar el proyecto, con la ayuda del propietario que nos facilitó un vehículo (un Remolque), acoplado a un carro todo terreno (4x4). En la figura 31 se muestra la base de la torre y la cimentación a ser empleada.

FIGURA 31. CIMENTACIÓN Y BASE DE LA TORRE AUTO SOPORTABLE.



Fuente: Grupo Investigador.

Se eligió este tipo de estructura por ser óptima la cual soportara el peso y transmitirá los esfuerzos obtenidos por la presión del viento y el movimiento del aerogenerador.

Una vez obtenido todos los materiales para la cimentación se procedió a hormigonear utilizando el granzón existente en el lugar en donde se lo extrajo siendo capaz de dar una durabilidad al juntarse con el cemento.

En la figura 32, se muestra la base de la torre ya hormigoneada y lista para acoplarse con el cuerpo restante de la torre.

FIGURA 32. BASE DE LA TORRE TERMINADA.



Fuente: Grupo Investigador.

Análisis: Para la construcción de la cimentación, de acuerdo a las características del suelo encontrado en el sector y a los cálculos realizados, se dedujo que la superficie de la base de la torre será de 1,25 , por la existencia de un suelo arenoso y de múltiples capas de tierra.

3.7. ESTUDIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE.

3.7.1 Diseño de La Torre.

La torre constituyen el elemento fundamental en el apoyo del aerogenerador, su función es mantener al generador eólico a la altura correcta para el funcionamiento por sobre el nivel del suelo, debiendo ser capaz de tolerar el peso del generador y las

diversas exigencias del viento en sostener un cuerpo que se mueve en diferentes direcciones.

Según la norma Tecnológica NTE-ECV/1973, para la instalación del aerogenerador y la altura de la torre se debe tomar en cuenta la siguiente ecuación.

Ec.24

$$\frac{V^2}{V^1} = \left[\frac{h^2}{h^1} \right]^\alpha$$

Dónde:

V^1 = Velocidad Promedio del viento.

V^2 = Velocidad determinada por la altura.

h^1 = Altura promedio de medida

h^2 = Altura total de la torre.

α = Variable Sobre terrenos accidentados (0.40).

Reemplazando tenemos (a 8m):

Ec.25

$$\frac{V^2}{5,97 \text{ m/s}} = \left[\frac{8\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40}$$

$$V^2 = \left[\frac{8\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = \left[\frac{8\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 10,39 \text{ m/s.}$$

Reemplazando tenemos (a 4m):

Ec.26

$$\frac{V^2}{5,97 \text{ m/s}} = \left[\frac{4\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40}$$

$$V^2 = \left[\frac{4\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = \left[\frac{4\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 7,88 \text{ m/s.}$$

Reemplazando tenemos (a 6m):

Ec.27

$$\frac{V^2}{5,97 \text{ m/s}} = \left[\frac{6\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40}$$

$$V^2 = \left[\frac{6\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = \left[\frac{6\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 9,26 \text{ m/s.}$$

Reemplazando tenemos (a 10m):

Ec.28

$$\frac{V^2}{5,97 \text{ m/s}} = \left[\frac{10\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40}$$

$$V^2 = \left[\frac{10\text{m}}{2\text{m}} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = \left[\frac{10m}{2m} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 11,36 \text{ m/s}.$$

Reemplazando tenemos (a 12m):

Ec.29

$$\frac{V^2}{5,97 \text{ m/s}} = \left[\frac{12m}{2m} \right]^{0,40}$$

$$V^2 = \left[\frac{12m}{2m} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = \left[\frac{12m}{2m} \right]^{0,40} * 5,97 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 12,22 \text{ m/s}.$$

Con el perfil de velocidades se obtiene la variación de la velocidad del viento a medida que se gana altura respecto al suelo. Es necesario considerarlo puesto que la velocidad del viento no va a ser la misma en la base de la torre que en la cabeza.

La fuerza que ejerce del viento sobre la torre viene determinada por la siguiente ecuación:

Ec.30

$$F_v = P_v \cdot S$$

Siendo:

F_v: la fuerza ejercida por el viento (en N).

P_v: la presión ejercida por el viento (en N/m²).

S: la superficie de la torre expuesta al viento (en m²).

Reemplazando en la Ec.30 tenemos:

$$Fv = 21,85 \frac{N}{m^2} * 1,25m^2$$
$$Fv = 27,33N$$

Para el estudio de la carga del viento que actúa sobre la torre se determina por la siguiente ecuación.

Ec.31

$$Qv = Pv * SA$$

En donde:

Qv: Carga del viento de la torre (N).

Pv: Presión del viento (N/m²).

SA: Superficie equivalente de la torre (m²).

Reemplazando tenemos:

Ec.32

$$Qv = Pv * SA$$

$$Qv = 21,85 \frac{N}{m^2} * 1,25 m^2$$

$$Qv = 27,31N$$

Conociendo la carga del viento de una antena determinada para una presión del viento determinada, se puede calcular su carga del viento para otra presión distinta, por la ecuación:

Ec.33

$$Pv = \frac{V^2}{16} * g$$

En donde:

V : velocidad del viento en m/s.

P_v : Presión del viento en N/m^2 .

g : Fuerza de gravedad (9.81 m/s^2)

Reemplazando tenemos

Ec.34

$$P_v = \frac{(5,97 \frac{m}{s})^2}{16} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_v = 2,45 \frac{m}{s^2} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_v = 21,85 \frac{N}{m^2}$$

Para determinar la superficie de la base de la torre a construirse se debe tomar en cuenta la presión del viento, asumiendo la siguiente ecuación:

Ec.35

$$Q_v = P_v \cdot S_T$$

$$S_T = \frac{Q_v}{P_v} \quad \text{Despejamos } S_T$$

$$S_T = \frac{27,31 N}{21,85 \frac{N}{m^2}} \quad \text{Reemplazamos.}$$

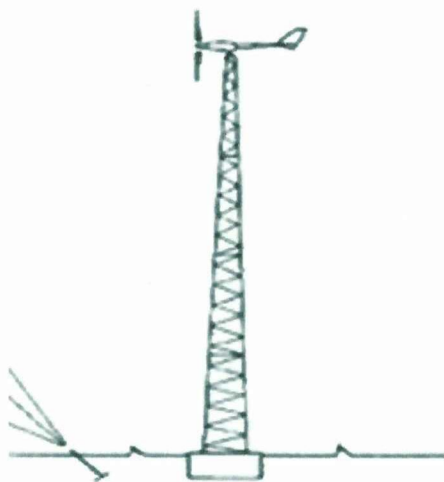
$$S_T = 1,249 \text{ m}^2$$

Análisis: Para la construcción de la torre, se dedujo de acuerdo a los cálculos obtenidos de la velocidad del viento y a la brisa moderada que posee, teniendo como experimentación de una torre de 8 metros de longitud de acero, y auto soportable que

nos permitirá evitar vibraciones cuando el generador entre en funcionamiento con las brisas del sector.

En la figura 33, se muestra la torre auto soportable a ser instalada en el lugar de ejecución del proyecto.

FIGURA 33. TORRE AUTOSOPORTABLE EMPLEADA EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.



Fuente: http://www.bornay.com/userfiles/tipos_torres.pdf.

3.7.2 Construcción de la Torre.

Se dedujo una altura de 8 metros, adecuada para el sector en donde se posee una gran cantidad de viento y una superficie libre de obstáculos; en la parte de la movilidad es escaso el ingreso de una grúa al sector para facilitar el montaje de la misma, por el mismo motivo se dedujo disminuir la altura de la torre.

Se encuentra ubicada en el centro de la montaña, una vez determinada la altura se procedió a la elección del tipo de material a ser utilizado, por la característica de ser auto soportable tiene que ser de un material resistente de acero para evitar daños a futuro. (VER ANEXO C).

Se escogió este tipo de estructura porque soporta cargas de brisa de diferentes posiciones y de acuerdo al sector en donde se posee una gran cantidad de viento.

3.7.2.1 Ventajas de la construcción de la torre auto soportable.

- Presenta una distancia de altura accesible para el traslado; ya que en el sector no ingresa más que vehículos 4x4 o tractores.
- Soporta más carga vertical de 800 kg a diferencia de un poste de hormigón de 11 metros de 550 kg.

3.7.2.2 Desventajas de la construcción de la torre auto soportable.

- Corrosión del material al paso del tiempo y posibles rupturas.

Para el transportado de la estructura de la torre se procedió a la utilización del vehículo agrícola de la hacienda (Tractor) y de un pequeño remolque, la torre tiene un peso de 0.8 Kg, transportándola sin ningún inconveniente al sector en donde se la incorporo con la ayuda de 7 personas dando como resultado una torre capaz de soportar la carga del aerogenerador y la presión del viento ejercida en ella. En la figura 34, se puede ver el traslado de la torre al lugar de instalación del proyecto.

FIGURA 34. TRASLADO DE LA TORRE.



Fuente: Grupo Investigador.

3.7.3 Recomendaciones para la Instalación de La Torre.

Para la correcta instalación de la torre auto soportable se tomaron en cuenta las siguientes recomendaciones:

3.7.3.1 Desplazamiento.

Se tomó en cuenta la separación que debe tener la torre con la vivienda, teniendo un espacio de trabajo de 10 metros a la redonda para evitar alguna mala maniobra y cause algún accidente. La torre auto soportable debe ser situada en forma que pueda ser izada en contra del viento dominante y fuerte que tenemos.

Para el correcto levantamiento de la torre 2 personas deben colocarse en la parte opuesta de la misma cada uno con su respectivo cabo de acero, su trabajo es sostener la punta de la torre para evitar que esta se incline para algún lado cuando se encuentre en su punto máximo de altura.

Cuatro personas, o más, deben levantar la torre en forma cónica que permita la correcta instalación de la misma, mientras que las dos personas que sostienen los cables de acero sirven de igual manera halando hasta ponerla en su correcta posición con respecto a la cimentación y la orientación. En la figura 35, se muestra la forma de instalación de la torre auto soportable.

FIGURA 35. VISTA DE LA TORRE AL MOMENTO DE SU INSTALACIÓN.



Fuente: Grupo Investigador.

3.7.3.2 Ajuste de los pernos de sujeción.

Para terminar con la instalación de la torre se procedió al ajuste de las tuercas de sujeción ubicadas en la cimentación de la base, con pernos de acero y rodela de presión para soportar la carga y la fuerza que va a ejercer la torre en su totalidad como se muestra en la figura 36.

FIGURA 36. VISTA DE LA TORRE AJUSTÁNDOSE A LA BASE DE CIMENTACIÓN.



Fuente: Grupo Investigador.

3.8. MONTAJE DEL AEROGENERADOR.

Para la correcta implementación del aerogenerador se debe tener en cuenta varios aspectos al momento del montaje en la torre auto soportable que se detalla a continuación.

3.8.1 Armado del Aerogenerador.

Para su correcta implementación del aerogenerador se debe tener en cuenta varios aspectos en el momento de su montaje.

3.8.1.1 *Peso del aerogenerador y sus partes.*

Para conocer el peso que debe sostener la torre auto soportable del generador y sus componentes a resistir, se ha tomado en cuenta el peso de todos y cada uno de los elementos del aerogenerador. En la tabla 22, se detalla el peso (Kg) de los diferentes elementos del generador eólico utilizado en el proyecto Gualaya.

TABLA 22. ESPECIFICACIÓN DE PESO DEL AEROGENERADOR.

DESIGNACION	Peso (Kg)
Peso del aerogenerador	48 Kg
Peso del rotor (hélices)	5 Kg
Peso de la veleta	3 Kg
Peso total del aerogenerador	56 kg

Fuente: Grupo Investigador.

3.8.1.2 *Armado de las aspas o Hélices.*

En el armado de las hélices se procedió a verificar el manual que posee el aerogenerador para su debida instalación y su correcto balanceo de las aspas de acuerdo al peso que posee cada una de ellas y de acuerdo a las instrucciones que nos ofrece el fabricante. En la figura 37, se muestra las aspas armadas y listas para el ensamblaje al aerogenerador.

FIGURA 37. ARMADO DE LAS HELICES.



Fuente: Grupo Investigador.

3.8.1.3 Armado del Sistema de Orientación.

Continuando con el ensamblaje del aerogenerador procedemos al armado de la góndola o veleta que va unida al bastidor por medio de un perno flojo que permite tener un giro libre, este mecanismo es el que pone al generador en forma paralela (frontal) al rotor eólico en casos que la velocidad sobrepase los 20 m/s, es un sistema de orientación factible para evitar la ruptura de las hélices del generador. En la figura 38, se muestra la góndola del aerogenerador.

FIGURA 38. ARMADO DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN.



Fuente: Grupo Investigador.

3.8.1.4 Ensamblaje de las partes del Aerogenerador en la Torre.

Una vez armado las hélices y el sistema de orientación, procedemos al montaje del generador en la torre, tomando en cuenta que se lo tuvo que llevar hasta la parte superior mediante una polea y cabos de amarre por su respectivo peso. (Ver ANEXO E).

Procedemos al ajuste de las tuercas de sujeción entre la base del generador y la punta de la torre, con su respectiva presión de ajuste.

En la figura 39, se muestra el montaje del aerogenerador en la base de la torre.

FIGURA 39. MOTAJE DEL AEROGENERADOR.



Fuente: Grupo Investigador.

Procedemos a la implementación de las aspas y la góndola así como las partes de protección de las hélices del aerogenerador, dando por terminado el montaje del generador eólico que se muestra en la figura 40, en su complementación y listo para generar energía eléctrica para el consumo de la Hacienda Gualaya.

FIGURA 40. EL AEROGENERADOR INSTALADO.



Fuente: Grupo Investigador.

3.8.1.5 Materiales Empleados en el diseño e Implementación del Aerogenerador.

En la tabla 23, se detalla los materiales empleados en la construcción de la torre e implementación del aerogenerador.

TABLA 23. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONTRUCCIÓN DE LA TORRE.

MATERIALES	CANTIDAD EMPLEADA	TIPO
CIMENTACION		
Varilla de construcción	30 m	3/4 varilla de acero
Angulo de hierro	6 m	2.5 " de ancho y 4 mm de espesor
Pernos	8	3/8 x 3 " de acero
Arandelas	16	Planas de 5/16 de acero
Arandelas	8	De presión 5/16 de acero
Tuercas	8	5/16 de acero
Cemento	6	Chimborazo
LA TORRE		
Angulo de hierro	4.80 m	2.5 " de ancho y 4 mm de espesor
Angulo de hierro	26 m	2 " de ancho y 4 mm de espesor
Angulo de hierro	72 m	1 " de ancho y 3 mm de espesor
Plancha de Acero	0.5m x 0.5 m	5 mm de espesor
Tubo de acero	2 m	3 " de diámetro y 5 mm de espesor
Varilla cuadrada	2 m	½ de Diámetro
Cable	20 m	De cobre flexible Nro. 8
Conectores	3	Para cable Nro. 8
Cable	600 m	Aluminio 1x2*4 ASCR
Cable	25 m	Aluminio Duplex 2x6

Fuente: Grupo Investigador.

TABLA 24. MATERIALES UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR.

MATERIALES	CANTIDAD EMPLEADA	TIPO
Regulador	1	Múltiple uso
Resistor	1	Freno eléctrico
Borneras	2	De cobre
Acumulador	1	Estacionarias
Inversor	1	1000 W
OTROS		
Aceite	1/4 de Galón	Lubricante
Grasa	500 gr	
Cinta aislante	3	Varios colores
Pintura	1 Galón	Anticorrosivo
Postes	2	Hormigón

Fuente: Grupo Investigador.

3.8.1.6 Presupuestos de la implementación del aerogenerador.

TABLA 25. PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR.

MATERIALES	VALOR. USD
CIMENTACION	200
LA TORRE	300
AEROGENERADOR	1300
ELEMENTOS ELECTRICOS	600
OTROS	1200
TOTAL	3600

Fuente: Grupo Investigador.

TABLA 26. PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR.

CONCEPTO	VALOR. USD
MANO DE OBRA	500
TRANSPORTE	300
TOTAL	800

Fuente: Grupo Investigador.

TABLA 27. PRESUPUESTO FINAL DE LA TESIS.

CONCEPTO	VALOR. USD
PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES.	3600
PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCION.	800
ELABORACION ESCRITA DE LA TESIS.	200
TOTAL	4600

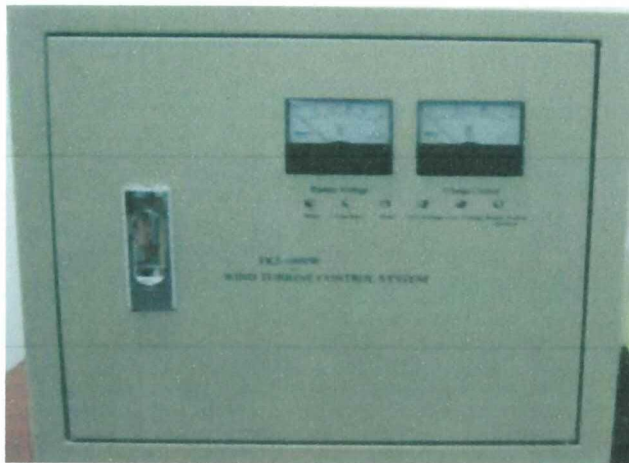
Fuente: Grupo Investigador.

3.8.2 Conexión Eléctrica a la Caja de Control.

Las conexiones eléctricas se deben tener en cuenta la polarización correcta para conectar a la caja de regulación del aerogenerador la cual dispone de un manual de conexión.

El aerogenerador posee tres cables de salida que pertenecen a las diferentes bobinas que se encuentran en su interior, permitiendo producir voltaje como activar el sistema de frenado para evitar ruptura en las hélices y generar un voltaje admisible para cargar el banco de baterías para la Hacienda Gualaya, en la figura 41, se muestra la caja de regulación del aerogenerador.

FIGURA 41. CAJA DE CONTROL DE LA TURBINA.



Fuente: Grupo Investigador.

Todos los controladores tienen dos indicadores grandes análogos o digitales para el voltaje y amperaje de la zona en donde se instaló el proyecto.

Seis focos LED indican adicionalmente el estado de operación:

- Generación eólica
- Generación solar
- Sobre voltaje
- Voltaje baja
- Fusible
- Polaridad inversa.
- Y un led adicional para conexión de energía solar en caso de necesitarla.

3.8.3 Freno Eléctrico o Disipador de Energía.

Cada controlador de carga viene conjuntamente con su disipador de energía. Este disipador es parte del sistema de seguridad de freno: El aerogenerador frena normalmente utilizando la energía eléctrica.

Como “freno de mano” cada controlador dispone de un interruptor que se titula “Manual Brake”. A través de este interruptor se cortocircuitan los polos del aerogenerador. De tal forma el generador implementado está casi atracado por la energía de inducción que imposibilita que pueda girar y así evitar daños en el aerogenerador y las rupturas de las hélices por exceso de la velocidad del viento, en la figura 42, se muestra el resistor con su debida protección pertinente.

FIGURA 42. DISIPADOR DE ENERGIA.



Fuente: Grupo Investigador.

El rendimiento de estos aerogeneradores es muy eficaz al momento de la instalación ya que constan con una hélice grande que permite el arranque desde vientos bajos para así obtener energía eléctrica a bajas revoluciones.

3.8.4 Sistema de almacenamiento de Energía.

Para el aerogenerador implementado se usó un banco de baterías estacionarias, está formada por las láminas de plomo en su interior bañadas con liquido electrolito que generan movimiento de los electrones de placa a aplaca dando una polaridad de los bornes de positivo y negativo, el banco de baterías esta implementado de acuerdo al funcionamiento del aerogenerador.

La conexión de las baterías será en paralelo para que se incrementan las corrientes y mantener el voltaje variable que es de 12 V, de acuerdo con el número de placas que disponemos de cada una de las baterías.

Dado que una característica esencial del viento es su discontinuidad en el tiempo, se han realizado diversos estudios destinados a desarrollar sistemas que permitan almacenar la energía producida por el viento y no utilizada directamente durante los períodos de producción a fin de restituir una parte, la mayor posible, durante los días de calma, como se muestra en la figura 43.

FIGURA 43. BATERIA INSTALADA EN EL PROYECTO.



Fuente: Grupo Investigador.

Este aspecto de la energía eólica es, aún hoy, uno de los que más frenan su desarrollo, ya que este almacenamiento, tanto más importante cuanto más irregular sea el régimen de vientos, constituye frecuentemente una parte importante (> 20%) del costo de una instalación de producción de energía eléctrica a partir del viento.

A continuación se dará una breve descripción de los dispositivos de almacenamiento, exceptuando las baterías de acumuladores clásicos, que trataremos con más detalle ya

que siguen siendo el sistema más fácil y a menudo más económico (relativamente) para almacenar energía eléctrica en pequeña cantidad.

3.8.5 El Inversor.

La función del inversor DC/AC es la de transformar la tensión de corriente continua de salida del banco de batería en tensión de corriente alterna, un inversor es un conjunto de interruptores de potencia con cierre coordinado el cual permite transformar de 12 voltios DC a 115 voltios AC. Para ser utilizada en equipos eléctricos y electrónicos cuyo consumo de potencia sea inferior a la capacidad máxima, en la figura 44 se muestra el inversor adquirido para el proyecto Gualaya.

FIGURA 44. INVERSOR DE DC - AC DE 1000 WATTS.



Fuente: Grupo Investigador.

Tenemos que mencionar que todos los instrumentos y aparatos eléctricos funcionan al máximo de la capacidad a nivel del mar, pero esta se disminuye un porcentaje dependiendo de la altura que se encuentre instalado. Este proyecto se encuentra a 3600 msnm por lo cual la eficiencia de los instrumentos disminuye un 50%, por lo que el inversor predestinado cumple las expectativas del área de instalación.

El inversor seleccionado tiene las siguientes especificaciones del fabricante que se muestra en la tabla 28.

TABLA 28. ESPECIFICACIONES DEL INVERSOR SEGÚN EL FABRICANTE.

Potencia Máxima (Continua)	1000 watts
Potencia Máxima de Arranque	2000 watts – 0,3 seg
Voltaje de Salida	115 VAC +/- 5 % - 60 Hz
Eficiencia Máxima	90 %
Voltaje de Entrada	12 VDC / 100 Amp
Rango del Voltaje de Entrada	9,8 VDC – 16,5 VDC
Apagado por Batería Baja	9,8 voltios – 10,5 voltios
Apagado por Voltaje Alto	Mayor o igual que 15,5 voltios
Onda de Salida	Sinusoidal modificada
Fusible	Automotriz 20 Amp
Número de Fusibles	Cinco internos
Número de Tomas	Tres NEMA 5 – 15 R
Dimensiones	64 x 171 x 368
Peso	2,670 Kgrs

Fuente: Manual del fabricante.

Calculo para determinar la potencia del inversor.

En este caso se realiza con la siguiente ecuación:

Ec.36

$$P_{inve} = \frac{P_{instalada}}{\% Rendimiento}$$

Reemplazando tenemos:

$$P_{inve} = \frac{900W}{90\%}$$

$$P_{inve} = 1000W$$

3.9. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR EÓLICO EN SU APLICACIÓN Y SEGURIDAD.

Con la ayuda del manual del fabricante se determinó y se configuro el generador para su respectivo uso teniendo en cuenta que se debe tener un mantenimiento adecuado para evitar daños a futuro de la torre y los equipos de generación eléctrica por lo cual se dio un pequeño manual al propietario del lugar para que siga los pasos pertinentes para evitar molestos daños al aerogenerador.

Con las respectivas especificaciones dadas a conocer de este proyecto que ya se encuentra en funcionamiento en la Hacienda Gualaya, proporcionando así una mejora para los habitantes y el propietario por su valioso valor que tiene dentro de la sociedad el de disponer de servicio eléctrico sin tener que estar conectado al sistema interconectado de energía.

3.9.1 Puesta a tierra

La puesta a tierra, permite la desviación de corrientes altas o en las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligroso en los equipos que se encuentran instalados. En la puesta a tierra se utilizó una varilla cooperwell de 1,20m, de 8 micras de espesor de cobre esmaltado la cual permitirá desviar las descargas atmosféricas a la tierra, así no causando daño a los equipos instalados.

3.10. PRUEBAS DE GENERACIÓN ELECTRICA.

Las pruebas de generación del aerogenerador se lo realizo en el sector de barrancas en la Hacienda Gualaya, lugar en donde se encuentra instalado el generador eólico, el día 15 de junio del 2013.

Las características adaptables de este proyecto de acuerdo al entorno fueron utilizando un multímetro y la utilización de un foco de 100 vatios el cual funciono de manera correcta. Se realizó las pruebas de generación eléctrica determinando así los valores de voltaje que entrega el generador sin carga y con carga respectivamente. Teniendo los siguientes valores que se muestran en la tabla 29.

TABLA 29. VALORES DE VOLTAJE OBTENIDOS EN EL GENERADOR.

Voltaje de entrada	110 voltios
Voltaje de llegada a 300 metros	100 voltios
Corriente de consumo al máximo	10 A
Corriente de consumo mínima	5A
Carga instalada	1000 vatios

Fuente: Grupo Investigador.

TABLA 30. DATOS DE VALORES DE CONSUMO POR DIA.

Valor	Horas	Comedor	Dormitorio	Patio	Tv	Radio	Electr.	Cons. Watos
1	06h00/08h00	100	100	X	80	x	60	340
2	08h00/10h00	X	X	X		70	60	130
3	10h00/12h00	X	X	X		70	60	130
4	12h00/14h00	100	X	X		70	60	230
5	14h00/16h00	X	100	X	80	X	60	240
6	16h00/18h00	X	100	x	80	X	60	240
7	18h00/20h00	100	100	100	80	X	60	440
8	20h00/22h00	X	100	100		X	60	260
9	22h00/06h00	X	X	100		X	60	160

Fuente: Grupo Investigador.

FIGURA 45. GRAFICA DE CONSUMO POR DIA.



Fuente: Grupo Investigador.

3.11. IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

Para la obtención de valores y resultados positivos se tuvo que implementar un anemómetro por un instante en la parte superior del aerogenerador permitiéndonos saber a cuantas revoluciones por minuto se encuentra el generador eólico, realizando los cálculos perspectivas se dedujo que el aerogenerador está a 380 RPM, favorable para la generación de energía eléctrica en el sector.

Otros elementos de medida ya se encuentran instalados en la caja de control de la turbina como son el voltímetro y el amperímetro proporcionando medidas de generación de energía y amperaje.

3.12. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD DEL GENERADOR.

Para su mayor rendimiento y durabilidad del aerogenerador se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- Verificar algún desgaste de pernos y tuercas, al momento de realizarlas verificar que el aerogenerador se encuentre frenado y pueda facilitar la manipulación del mismo.
- En momentos de no utilizar la producción de energía se debe manipular el Brake manual de parada del aerogenerador, para así evitar el funcionamiento sin carga alguna.
- En la utilización de la energía eléctrica para el consumo se debe tener instaladas sus respectivas protecciones de seguridad contra el corto circuito, para evitar daños mayores al generador y al sistema de control de la turbina.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES.

En el estudio realizado de la velocidad del viento se obtuvo un promedio de 5,97 m/s en la Hacienda Gualaya del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, por lo que se concluyó que existe un gran potencial eólico y en un futuro se podrían implementar varios equipos de mayor capacidad.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser una energía limpia la cual no causa daño al planeta en general libre de problemas de contaminación.

La energía renovable e inagotable en especial la energía eólica puede ser aplicada en lugares inaccesibles para las redes de distribución convencional como son los sectores rurales de nuestra hermosa Provincia de Cotopaxi, ayudando así al desarrollo de los pueblos, recintos para fortalecer el progreso del país.

El impacto positivo en el no tener ruido en la parte del rotor del aerogenerador es gracias a la distancia que se lo implanto de la vivienda del propietario, dando así una extensión de red eléctrica para evitar este tipo de ruidos molestos para el oído del ser humano.

La implementación de un Generador Eólico de Bajas Revoluciones está en la capacidad de cubrir la demanda energética básica de la vivienda y mejorar el bienestar social y económico de sus habitantes.

El uso de la energía eólica supone una alta inversión inicial, la cual se verá compensada en el tiempo ya que si se realiza un adecuado mantenimiento periódico la vida útil será alta y el costo de la generación cero. Con la utilización de estos recursos renovables y la manera de aplicar en el campo donde la tecnología se va desarrollando, permite utilizar este tipo de energías renovables en los sectores en donde el suministro de energía eléctrica no llega.

4.2. RECOMENDACIONES.

El aerogenerador de bajas revoluciones se debe instalar en un lugar libre de obstáculos, en donde no exista muchas aves, por el riesgo de mortalidad al impactar con la hélices, y donde la velocidad del viento sea la más factible.

La ejecución de estos aerogeneradores permite que sea una alternativa para suministrar energía eléctrica a sectores en donde no alcanza el sistema de distribución de energía, por lo cual es un proyecto de ayuda para el pueblo o la comunidad en donde necesitan este servicio.

La densidad y la velocidad del viento en la Hacienda Gualaya son óptimas para la implementación de un aerogenerador de mayor capacidad, pudiendo estos llegar a satisfacer la demanda total de las instalaciones de la vivienda del sector.

La capacidad instalada nos permite abastecer a un sistema más grande de lo que tenemos en la actualidad que es de 1500 vatios, al utilizar el sistema de iluminación basado en focos led los cuales son ahorradores de energía de un 80 % nos permitirá bajar el costo de consumo de corriente.

Para complementar el proyecto del aerogenerador debemos implementar paneles solares, capaces de aumentar la generación en un 40 %, así obteniendo una carga que se aplique al sistema de generación eólica.

GLOSARIO

Energía. Es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza.

Electricidad. La electricidad es una forma de energía, es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción.

Aerogenerador. Máquina que transforma la energía del viento en energía eléctrica.

Generador. Es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica.

Banco de baterías. Es un dispositivo que es capaz de almacenar energía eléctrica para su uso posterior.

Energía cinética. Es una energía que surge en el fenómeno del movimiento.

Coefficiente de potencia. El coeficiente de potencia mide la eficiencia con la que el aerogenerador convierte la energía eólica en electricidad. Se obtiene dividiendo la potencia eléctrica disponible entre la potencia eólica de entrada.

Densidad del aire. La energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, esto es cuanto, más pesado sea el aire más energía recibirá la turbina.

Disponibilidad. Relación entre el número de horas en las que un aerogenerador produce energía y el número de horas en que han existido velocidades de viento dentro del rango de funcionamiento del aerogenerador.

Rodamiento. Dispositivo mecánico para reducir el rozamiento entre dos piezas que giran; consta de dos cilindros, en medio de los cuales hay un juego de rodillos o bolas, que giran libremente.

Hormigón. Material de construcción formado por una mezcla de grava, arena y cal o cemento, muy resistente cuando se endurece.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BARRERO Gonzales F.; *Sistemas de Energía Eléctrica*. Primera Edición. Madrid-España 2004.

BRIDGEWATER Alan G.; *Energía Alternativas*. Primera Edición. Madrid-España 2009.

CASTELLS Xavier E.; *Energía, Agua, Medioambiente, Territorialidad y Sostenibilidad*. Segunda Edición. Madrid 2011.

DONATE Antonia H.; *Principios de Electricidad y Electrónica*. Tomo 1, Segunda Edición. España 2005.

ESCUADERO López J. M.; *Manual de energía eólica: Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones*. Segunda Edición. Madrid-España 2008.

MADRID A.; *Energías Renovables: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones*. Primera Edición. 2009.

MADRID Vicente A.; *Guía completa de las energías renovables y fósiles*. Primera Edición. Madrid-España 2012.

MENÉNDEZ Pérez E.; *Energías Renovables, sustentabilidad y creación de empleo: Una economía impulsada por el sol*. Primera Edición. Madrid 2001.

MENÉNDEZ Pérez E.; *Las Energías Renovables: Un enfoque Público Ecológico*. Madrid 1997.

RAMON Mujal R.; *Tecnología Eléctrica*. Segunda Edición. Universidad Politécnica de Catalunya 2003.

SALGADO F.; *Guía completa de la energía eólica*. Primera Edición. Madrid-España 2011.

VICENTE Manuel A.; *Energía Solar Térmica y de Concentración: Manual Práctico de Diseño, Instalación Y Mantenimiento*. Primera Edición. 2009.

VILLARRUTIA López M.; *Ingeniería de la energía eólica*. Primera Edición. Madrid-España 2012.

PAGINAS DE INTERNET

- <http://energiadoblezero.com/energias-renovables/energia-eolica/componentes-de-un-aerogenerador>
- http://www.bibliotecaverde.org/images/3/3b/Manual_eolica_es.pdf
- <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/energiaeolicaenmurcia.pdf>
- <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/eolica.pdf>
- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/generaci.htm>
- <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/tablas-de-velocidades-del-viento.htm>

ANEXOS

ANEXO A	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO A INSTALARSE	1-2
----------------	---	------------



ANEXO A	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO A INSTALARSE	2-2
----------------	---	------------



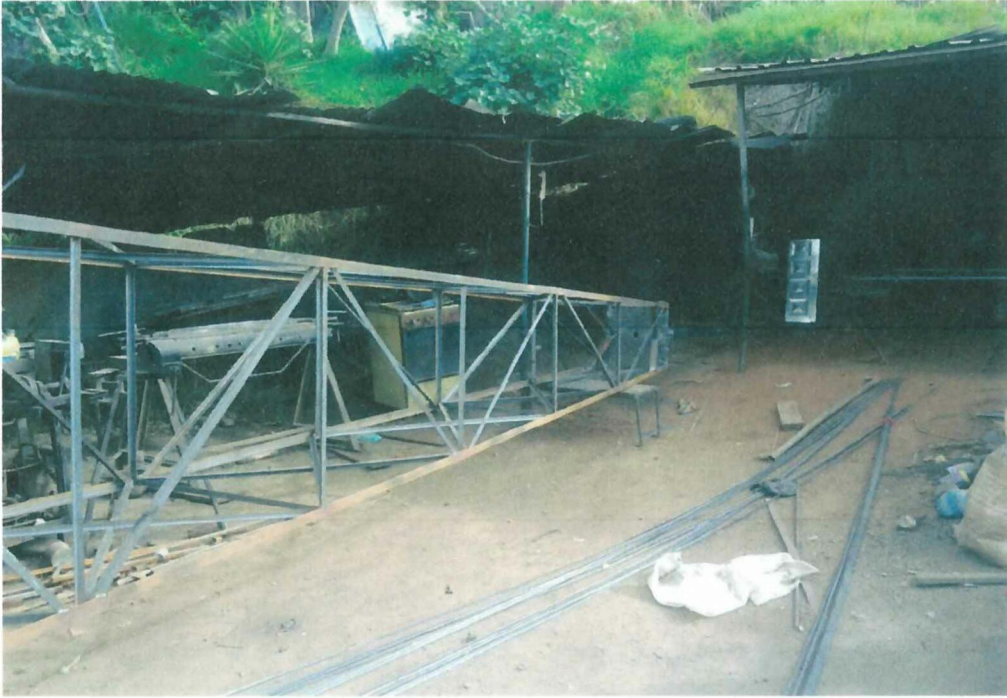
ANEXO B	CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN	1-1
----------------	---	------------



ANEXO C	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE	1-3
----------------	--	------------



ANEXO C	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE	2-3
----------------	--	------------



ANEXO C	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE	3-3
----------------	--	------------



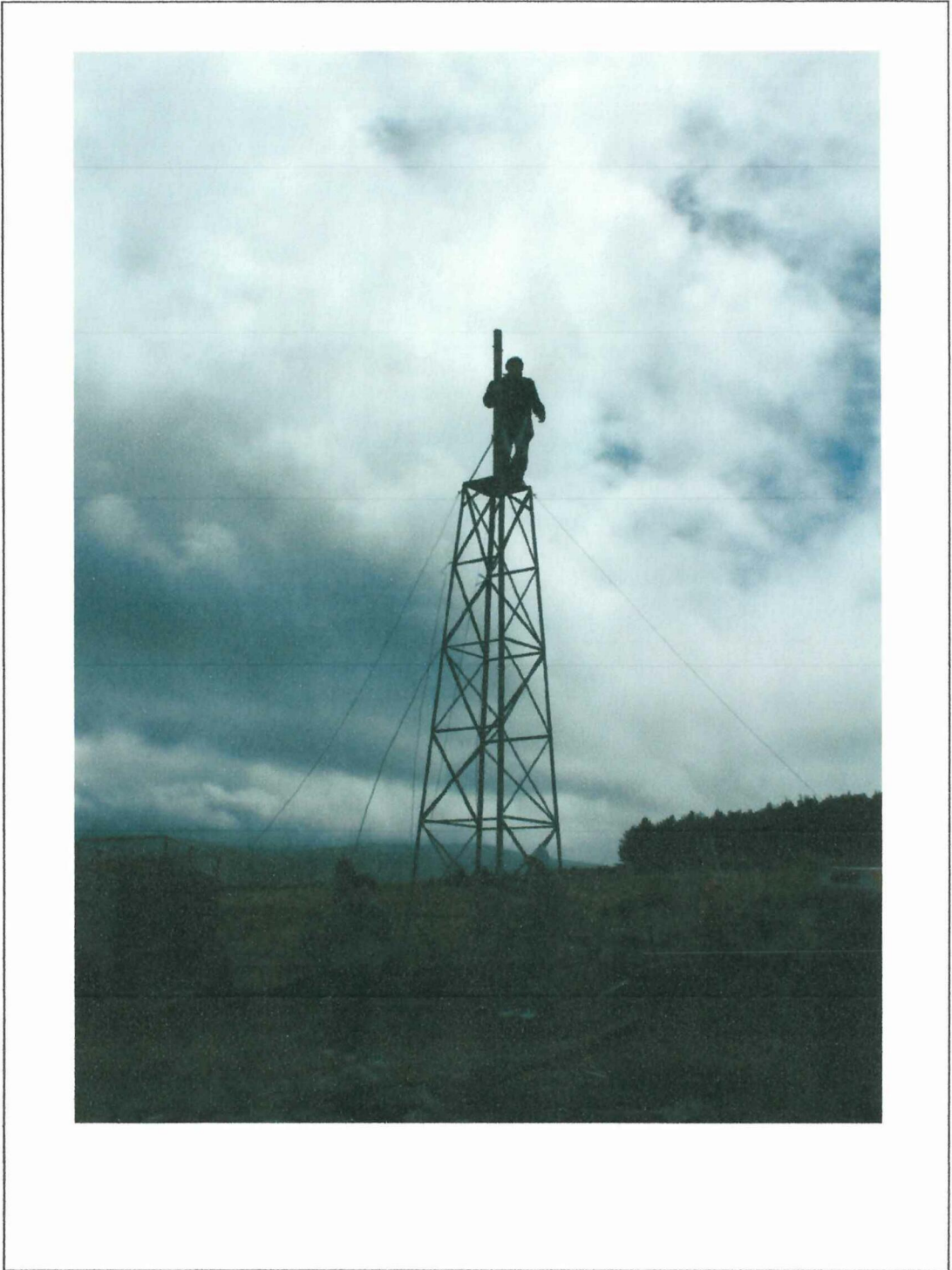
ANEXO D	IMPLEMENTACIÓN DE LA TORRE	1-2
----------------	---------------------------------------	------------



ANEXO D	IMPLEMENTACIÓN DE LA TORRE	1-2
----------------	---------------------------------------	------------



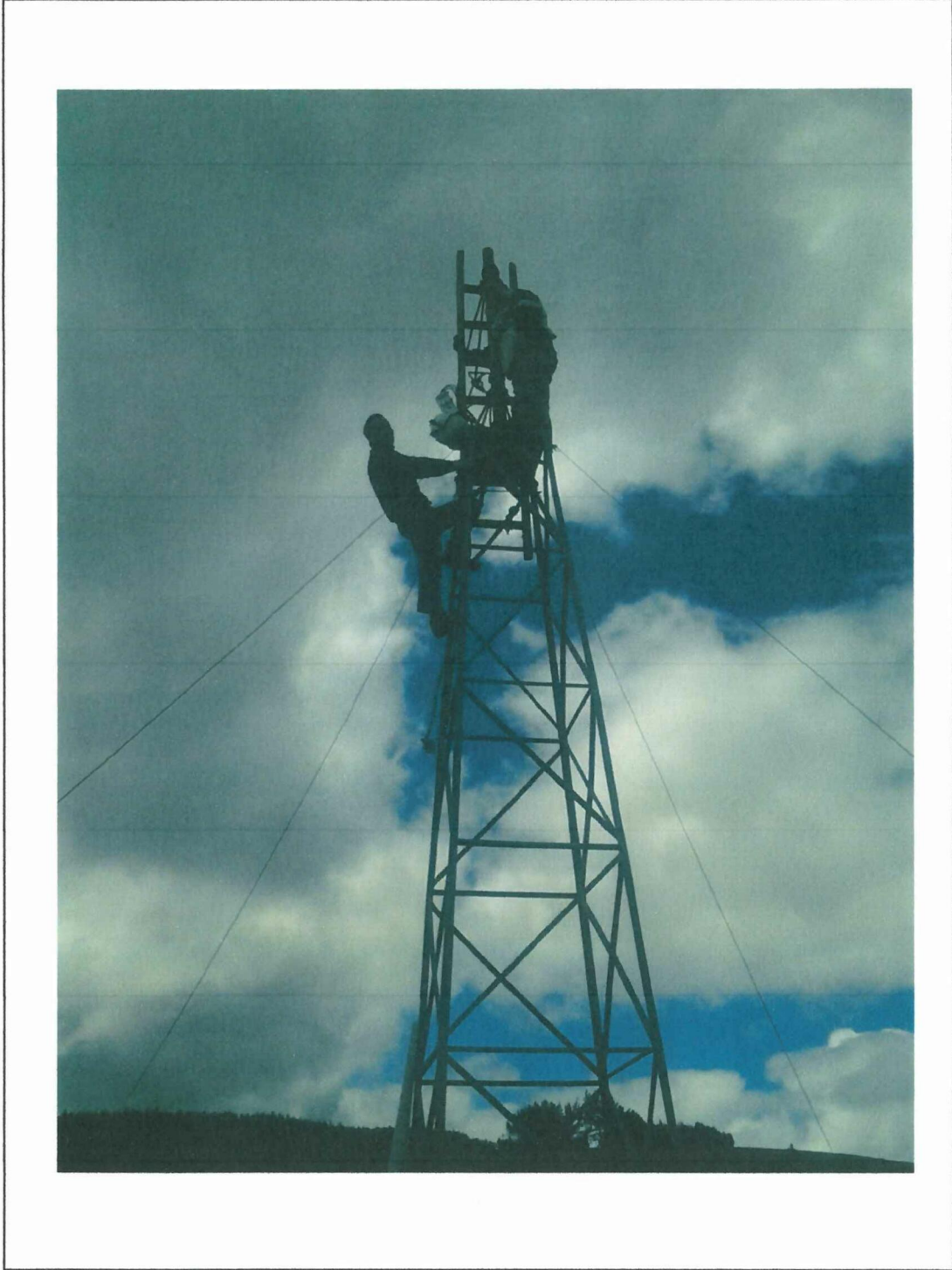
ANEXO D	IMPLEMENTACIÓN DE LA TORRE	1-2
----------------	---------------------------------------	------------



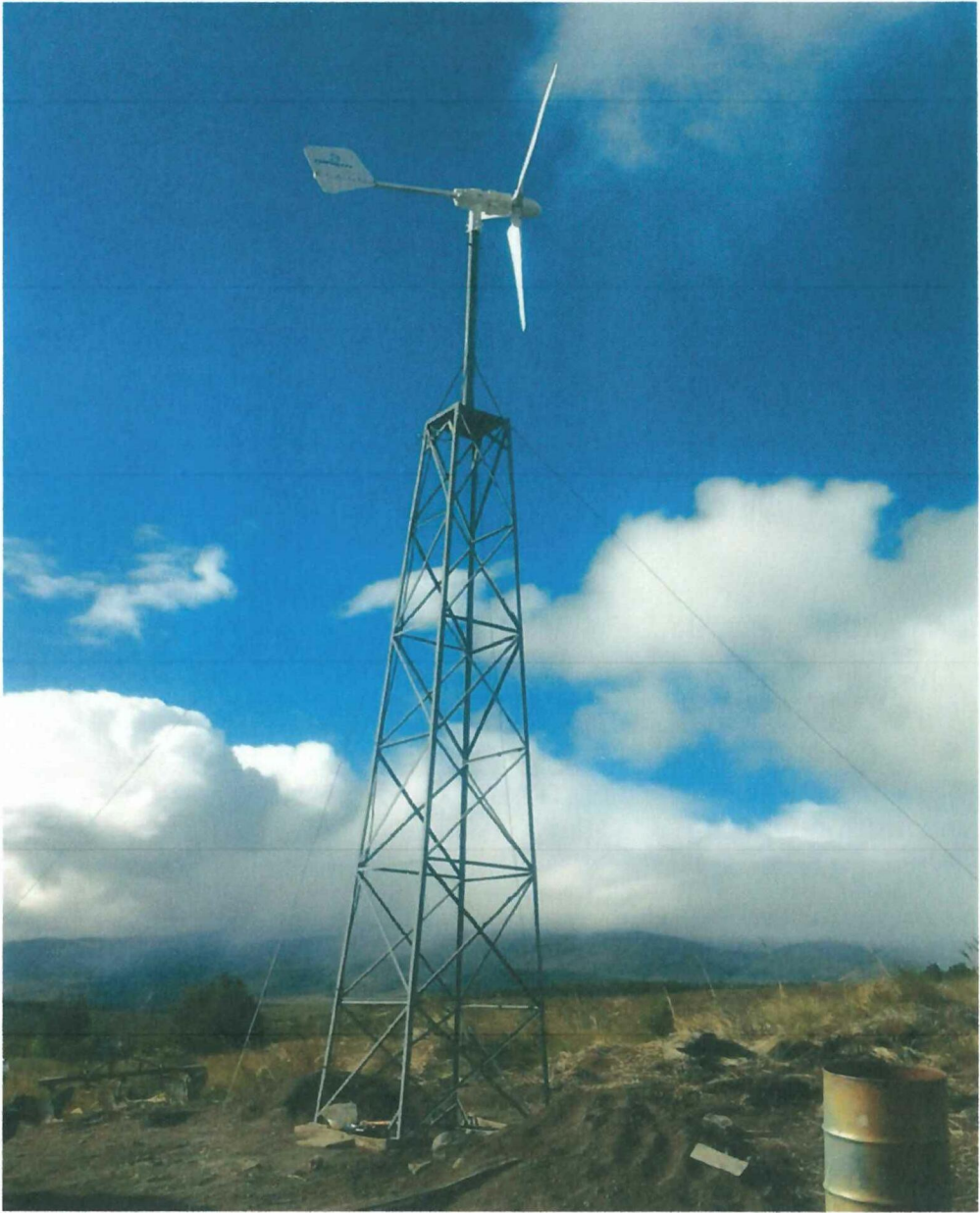
ANEXO E	IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR	1-3
----------------	---	------------



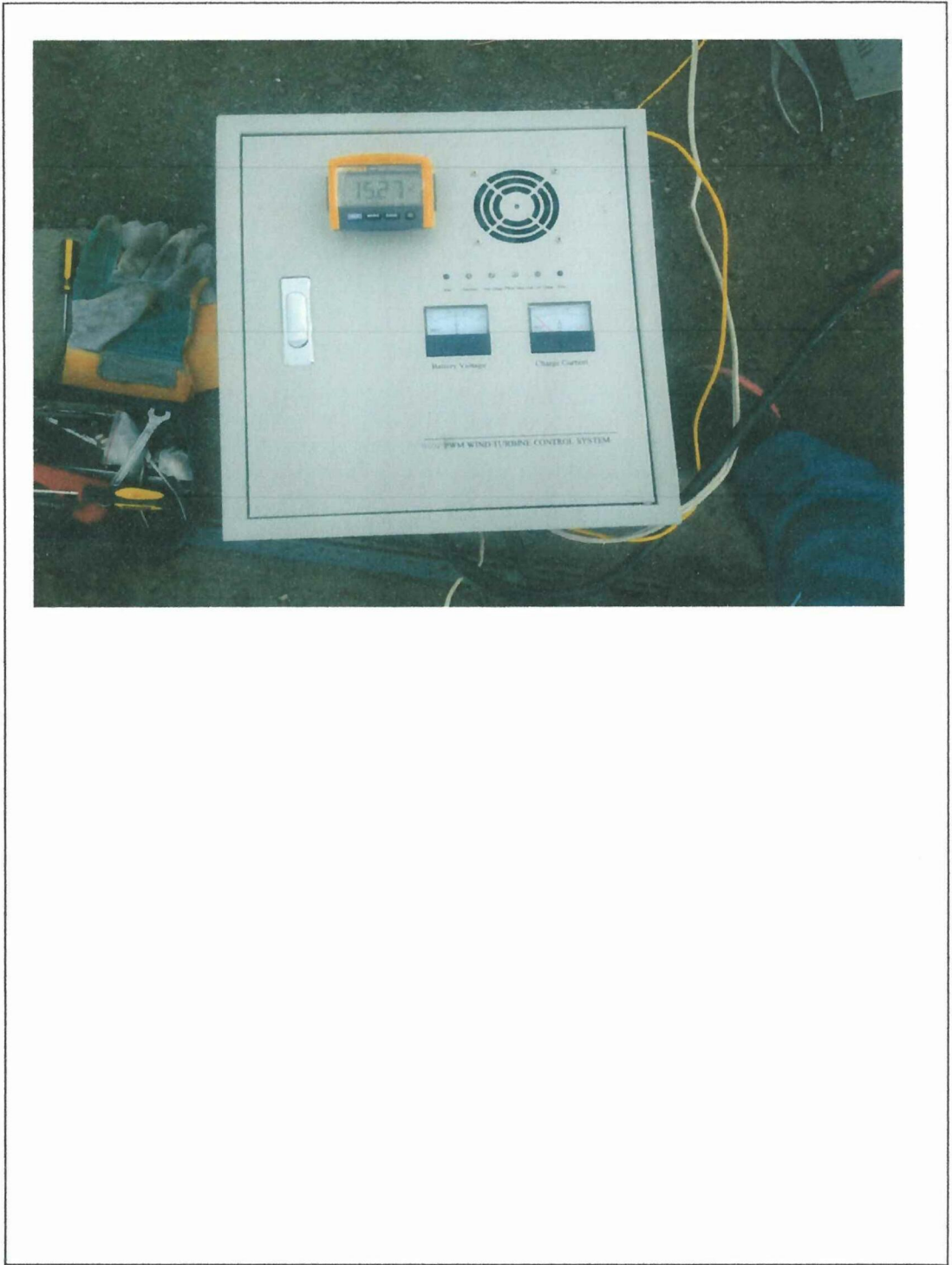
ANEXO E	IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR	2-3
----------------	---	------------



ANEXO E	IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR	3-3
----------------	---	------------



ANEXO F	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN.	1-1
----------------	--	------------



ANEXO G	IMPLEMENTACIÓN DE POSTES DE HORMIGON	1-2
----------------	---	------------



ANEXO G	IMPLEMENTACIÓN DE POSTES DE HORMIGON	2-2
----------------	---	------------



ANEXO H	PRUEBAS DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA	1-2
----------------	---	------------



ANEXO H	PRUEBAS DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA	2-2
---------	---	-----



ANEXO I	EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ESTUDIO DEL VIENTO	1-1
----------------	---	------------

