

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR
EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE
JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

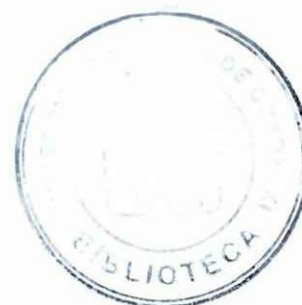
Tesis de grado previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico en SEP

AUTOR: DIEGO ANTONIO BARRERA GUZMÁN

DIRECTOR DE TESIS: ING. VICENTE JAVIER QUISPE TOAPANTA

LATACUNGA-ECUADOR.

OCTUBRE 2013





UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

APROBACION 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 el postulante BARRERA GUZMÁN DIEGO ANTONIO, con el título de tesis: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO 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, 1 de octubre de 2013

Para constancia firman:



Ing. Msc. Segundo Cevallos
PRESIDENTE



Ing. Jorge Rubio
MIEMBRO



Ing. Franklin Medina
OPOSITOR

AUTORÍA

Barrera Guzmán Diego Antonio bajo juramento digo que, el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Barrera', is written over a horizontal line.

Barrera Guzmán Diego Antonio

C.I. 050316123-4

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del trabajo de investigación sobre el tema, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”** de Barrera Guzmán Diego Antonio , postulante de la de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera Ingeniería Eléctrica en Sistemas de Potencia, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designo, para su correspondiente estudio y calificación

Latacunga, 1 de Octubre del 2013



Ing. Vicente Javier Quispe Toapanta

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AVAL DEL CENTRO DE IDIOMAS

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Msc. Amparo Romero con C.I. 050136918-5, **CERTIFICO** que he realizado la respectiva revisión del Abstract; con el tema: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**, cuyo autor es: Barrera Guzmán Diego Antonio y como director de tesis: Ing. Vicente Javier Quispe Toapanta.

Latacunga, 1 de Octubre de 2013

Docente :

Msc. Amparo Romero

Docente del Centro de Idiomas - UTC

C.I. 050136918-5



**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DEL CANTON SALCEDO
DIRECCION DE GESTION AMBIENTAL**

Salcedo, 26 de Junio del 2013

Lic. Msc.

Hugo Armas.

**DIRECTOR DE LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGIENERIA
Y APLICADAS**

Presente.-

De nuestras consideraciones.

Por medio de la presente, nos dirigimos a usted para certificar que el trabajo realizado por el **Sr. Barrera Guzmán Diego Antonio** portador del numero de cedula 050316123-4, alumno de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el tema "**Diseño y Construcción de un Pico Generador Eólico en el Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango del Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi**", se encuentra funcionando normalmente cumpliendo con las expectativas respectivas.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del mismo para el tramite pertinente.

Atentamente,

**Ing. Diana Cañar Jiménez M.Sc.
DIRECTORA DE GESTION AMBIENTAL**



NOTA: ESTE CERTIFICADO NO PUEDE SER UTILIZADO
PARA FINES LEGALES.

v

DEDICATORIA

Primeramente quiero agradecer a Dios, por todo lo que nos brinda quiero dedicar este trabajo a mis Padres Antonio y Alexandra por la vida, el amor, respeto, cariño, sencillez, responsabilidad y el apoyo incondicional hacia su hijo en las buenas y en las malas también quiero agradecer a mi esposa Anita María por ser la persona quien cambio mi vida por disfrutar todo momento con ella a quien amo con toda mi vida.

Diego Antonio....

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la constancia para poder alcanzar mi anhelo y culminar mis estudios Superiores, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Institución que me permitió ingresar a sus aulas del saber, a mi Director Ingeniero Vicente Quispe, quien con sus sabias enseñanzas contribuyó a cultivar los hábitos de estudio, formando así un profesional capaz de relacionar la teoría con la práctica y ponerla al servicio de la sociedad. Especial mención al GOBIERNO AUTÓMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO bajo la Alcaldía del Sr. Rodrigo Mata Cepeda, a la Ingeniera Diana Cañar Directora de Dirección Ambiental, que sin estimar tiempo puso a disposición sus amplios conocimientos y experiencia permitiéndome nutrir mi intelecto.

Diego Antonio.....

ÍNDICE DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	II
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS.....	II
LATACUNGA – ECUADOR	II
APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO	II
AUTORÍA.....	III
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	IV
CERTIFICACIÓN GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO	V
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	VI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS.....	VI
LATACUNGA – ECUADOR	VI
AVAL DEL CENTRO DE IDIOMAS	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	XII
INDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1.1 El viento y sus características.....	3
1.2 Recurso eólico en el Ecuador.....	7
1.3 Características generales del clima en el Ecuador	8
1.4 Aerogeneradores	16
1.4.1 Tipos de aerogeneradores	18
1.5 Clasificación De Los Sistemas Eólicos.....	22
1.5.1 Sistemas de Baja Potencia	22
1.5.2 Sistemas de Media Potencia	23
1.5.3 Sistemas de Alta Potencia.....	24
1.6 Hélices de un generador eólico.....	24
1.6.1 Acción del viento sobre el perfil: potencia útil y rendimiento	24
1.6.1.1 Palas perfiladas.	24
1.6.1.2 Perfil aerodinámico.	24
1.6.1.3 Tipos de perfiles aerodinámicos.....	25
1.6.1.4 Nomenclatura de perfiles naca-4 cifras.....	26
1.7 Ventajas de la energía eólica.....	27
1.8 Desventajas de la Energía Eólica	28

1.9	<i>Antecedentes de diseño de un aerogenerador</i>	29
1.10	<i>Materiales y presupuesto final para la construcción de un aerogenerador</i>	29
1.11	<i>Costo de los sistemas prefabricados en el mercado</i>	30
1.11.1	<i>Costo de los sistemas de Aerogeneración en el mercado</i>	30
1.12	<i>Selección del sistema a ser implementado en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del Cantón Salcedo.</i>	31
CAPÍTULO II		32
2.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y METODOLOGÍA	32
2.1	<i>Antecedentes históricos</i>	32
2.2	<i>Análisis de la infraestructura</i>	32
2.3	<i>Diseño Metodológico</i>	34
2.3.1	<i>Métodos de investigación</i>	34
2.3.2	<i>Modalidad de la investigación</i>	34
2.3.3	<i>Tipo de investigación</i>	35
2.3.4	<i>Técnicas de investigación</i>	35
2.4	<i>Población y muestra</i>	36
2.5	<i>Conclusiones</i>	43
2.6	<i>Recomendaciones</i>	44
CAPÍTULO III		45
3.	PROPUESTA	45
3.1	<i>Justificación de la propuesta</i>	45
3.2	<i>Velocidades del viento tomadas en el Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango</i>	48
3.3	<i>Características de la pala del rotor de un aerogenerador a montar</i>	52
3.4	<i>Principio de funcionamiento</i>	54
3.4.1	<i>Potencia del aerogenerador</i>	55
3.4.2	<i>Cálculo del diámetro del rotor</i>	57
3.4.3	<i>Número de revoluciones por minuto de una Eólica</i>	58
3.4.3.1	<i>Conexión en doble-estrella</i>	60
3.4.1	<i>Selección del conductor</i>	62
3.4.2	<i>Sistema de conversión de AC a DC</i>	62
3.4.3	<i>Sistema de almacenamiento de energía</i>	64
3.4.3.1	<i>Baterías que se utilizó para el almacenamiento de la energía eléctrica</i>	64
3.4.4	<i>Selección del Inversor</i>	65
3.4.4.1	<i>Calculo para determinar la potencia del inversor</i>	66
3.4.5	<i>Sistema de Conmutación</i>	67
3.4.6	<i>Puesta a tierra</i>	70
3.4.7	<i>Selección del sistema de izaje para el Pico Generador Eólico</i>	71
3.5	<i>Montaje del equipo en el Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango</i>	73
3.5.1	<i>Armado del sistema de izaje y sus componentes</i>	73
3.5.1.1	<i>Ensamblaje de Componentes</i>	73
3.5.1.2	<i>Instalación del Poste</i>	75
3.5.1.3	<i>Conexiones Eléctricas del Equipo</i>	77
3.6	<i>Instalaciones básicas de energía eléctrica existentes en el Auditorio Ecológico del Relleno Sanitario San Pedro De Jachaguango</i>	79
3.6.1	<i>Calculo de potencia de luminarias</i>	80
3.6.2	<i>Potencia consumida mensual</i>	81
3.6.3	<i>Cálculo del valor de ahorro de energía con el Pico Generador Eólico</i>	82

3.7	<i>Mantenimiento a realizarse en el Generador Eólico</i>	82
3.8	<i>Materiales utilizados para la construcción del pico generador eólico</i>	84
3.9	<i>Presupuesto</i>	85
3.10	<i>Análisis de rentabilidad del proyecto</i>	87
CONCLUSIONES		92
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFIA		95
ANEXOS		99
ANEXO 1		100
GLOSARIO		100
ANEXO 2		108
ABREVIATURAS		108

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1. FRECUENCIA Y VELOCIDAD MEDIDA DEL VIENTO	6
GRÁFICO 2. SUSTENTACIÓN AERODINÁMICA DE UN AEROGENERADOR.....	17
GRÁFICO 3. AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL AEROGENERADORES DE TIPO DE GIRO RÁPIDO Y LENTO.....	20
GRÁFICO 4. VELETAS DE ORIENTACIÓN PARA EJES HORIZONTALES.....	20
GRÁFICO 5. TIPOS DE ROTORES PARA AEROGENERADORES	21
GRÁFICO 6. ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE BAJA POTENCIA	23
GRÁFICO 7. ¿EN EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO CUENTA CON ENERGÍAS RENOVABLES?	37
GRÁFICO 8. ¿CREE USTED QUE ES NECESARIO QUE EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO CUENTE UNA ILUMINACIÓN DOTADA POR DE ENERGÍAS RENOVABLES?.....	38
GRÁFICO 9. ¿CONSIDERA USTED QUE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO PERMITIRÁ, QUE LAS ACTIVIDADES NOCTURNAS SE REALICE CON MAYOR SEGURIDAD Y EFICACIA?.....	39
GRÁFICO 10. ¿CONSIDERA USTED QUE UN SISTEMA EÓLICO PUEDE SUSTITUIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL?.....	40
GRÁFICO 11. ¿CONSIDERA FACTIBLE DOTAR DE ILUMINACIÓN AL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO A TRAVÉS DE LA CREACIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO?	41
GRÁFICO 12. ¿CONSIDERA USTED A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO SE REDUCIRÁ EL IMPACTO AMBIENTAL?	43
GRÁFICO 13. INSTALACIÓN DEL ANEMÓMETRO.....	48
GRÁFICO 14. VELOCIDAD DE VIENTO DEL MES DE MARZO DEL 2013	49
GRÁFICO 15. VELOCIDAD DEL VIENTO DEL MES DE ABRIL DEL 2013	51
GRÁFICO 16. VALORES DE LA VELOCIDAD DEL VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL AÑO 2012 AL 2013.....	52
GRÁFICO 17. ESTRUCTURA DE UN AEROGENERADOR DE IMANES PERMANENTES.....	54
GRÁFICO 18. CONEXIÓN DOBLE ESTRELLA DE LAS BOBINAS	61
GRÁFICO 19. ESQUEMA DEL SISTEMA DE INVERSIÓN DE 12V DC A 110V AC DE UN AEROGENERADOR.....	63
GRÁFICO 20. ESQUEMA DE UNA BATERÍA	64
GRÁFICO 21. BATERÍA	65
GRÁFICO 22. CONTACTORES.....	67
GRÁFICO 23. ESQUEMA DE MANDO DE LOS CONTACTORES	69

GRÁFICO 24. ESQUEMA DE POTENCIA DE LOS CONTACTORES.....	69
GRÁFICO 25. CONEXIÓN PUESTA A TIERRA	70
GRÁFICO 26. POSTE DE HORMIGÓN DE 9 METROS MÁS EL ACOPLA DE ACERO G40 ...	72
GRÁFICO 27. POSTE DE 9 METROS DE 350 KG	72
GRÁFICO 28. ACOPLA CON TUBERÍA G40.....	73
GRÁFICO 29. ELEVACIÓN DEL POSTE PARA EL ACOPLAMIENTO DE ASPA DEL GENERADOR	74
GRÁFICO 30. COLOCACIÓN DE LAS ASPAS EN EL EQUIPO	74
GRÁFICO 31. COLOCACIÓN DE LA PARTE CÓNICA DEL AEROGENERADOR.....	75
GRÁFICO 32. PREPARACIÓN DEL EQUIPO PARA LOS EMPALMES DEL CABLE FLEXIBLE Nº 10AWG.....	75
GRÁFICO 33. DESLIZAMIENTO DEL CABLE FLEXIBLE POR EL CENTRO DEL POSTE...76	
GRÁFICO 34. UNIÓN DE ACOPLA CON EL EQUIPO	76
GRÁFICO 35. LEVANTAMIENTO DEL POSTE	77
GRAFICO 36. DIAGRAMA DE BLOQUE	78

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. LOCALIDADES CON VIENTOS SUPERIORES A 5 M/S EN EL ECUADOR	7
TABLA 2. VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (M/S)	11
TABLA 3. VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (M/S)	12
TABLA 4. VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (M/S)	13
TABLA 5. VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (M/S)	14
TABLA 6. VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (M/S)	15
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS SEGÚN SU EJE	19
TABLA 8. PARÁMETROS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SEGÚN LAS CLASES DE AEROGENERADORES .	21
TABLA 9. PRESUPUESTO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN	29
TABLA 10. COSTOS, TIEMPO DE ENTREGAS Y COSTOS DE LOS MATERIALES.....	30
TABLA 11. DIFERENTES PROVEEDORES	30
TABLA 12. ¿EN EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO CUENTA CON ENERGÍAS RENOVABLES?	36
TABLA 13. ¿CREE USTED QUE ES NECESARIO QUE EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO CUENTE UNA ILUMINACIÓN DOTADA POR DE ENERGÍAS RENOVABLES?	38
TABLA 14. ¿CONSIDERA USTED QUE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO PERMITIRÁ, QUE LAS ACTIVIDADES NOCTURNAS SE REALICE CON MAYOR SEGURIDAD Y EFICACIA?.....	39
TABLA 15. ¿CONSIDERA USTED QUE UN SISTEMA EÓLICO PUEDE SUSTITUIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL?.....	40
TABLA 16. ¿CONSIDERA FACTIBLE DOTAR DE ILUMINACIÓN AL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO A TRAVÉS DE LA CREACIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO?	41
TABLA 17. ¿CONSIDERA USTED A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PICO GENERADOR EÓLICO EN EL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO DEL CANTÓN SALCEDO SE REDUCIRÁ EL IMPACTO AMBIENTAL?.....	42
TABLA 18. VELOCIDAD DE VIENTO DEL MES DE MARZO DEL 2013	49
TABLA 19. VELOCIDAD DEL VIENTO DEL MES DE ABRIL DEL 2013.....	50
TABLA 20. VALORES DE LA VELOCIDAD DEL VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL AÑO 2012 AL 2013	51
TABLA 21. MATERIALES DEL AEROGENERADOR.....	53
TABLA 22. INSTALACIONES BÁSICAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EXISTENTES EN EL AUDITORIO ECOLÓGICO DEL RELLENO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO.	79
TABLA 23. POTENCIA MENSUAL DE ILUMINACIÓN CONSUMIDA POR EL AUDITORIO ECOLÓGICO SANITARIO SAN PEDRO DE JACHAGUANGO.....	81
TABLA 24. MATERIALES UTILIZADOS EN EL MONTAJE DEL AEROGENERADOR.	85

TABLA 25. PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES PARA EL MONTAJE DEL AEROGENERADOR.....	86
TABLA 26. PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROGENERADOR.....	86
TABLA 27. PRESUPUESTO FINAL DE LA TESIS.....	87

RESUMEN

El proyecto realizado consistió en proveer de energía eléctrica por un medio no convencional, al relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del Cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi. Este es un recurso abundante renovable y limpio, lo cual lo convierte en una energía verde que disminuye el impacto ambiental, las energías renovables son vitales en nuestra lucha contra el cambio climático y tecnologías como la eólica pueden ayudar a construir un sistema de generación de energía sostenible para el futuro. Esta investigación inició con el estudio del recurso del viento en dicha zona, este estudio se realizó por un periodo de doce meses el cual permitió evidenciar las características del viento en las dos estaciones climáticas que cruza el ecuador durante el año. Posteriormente se analizó la demanda eléctrica que requiere el sistema de iluminación del Auditorio Ecológico que se encuentra dentro de dicho relleno sanitario. Conociendo el potencial de viento y la demanda necesaria se procedió a analizar la factibilidad de construcción o adquisición de un equipo pico generador eólico, tomando como parámetros a considerarse costos de materiales, costo y tiempo de construcción, costo y tiempo de entrega. De acuerdo las consideraciones vistas, se determinó que el sistema más económico y de menor tiempo de implementación es el adquirido, por lo cual se diseñó las etapas necesarias acorde a la demanda del sistema de iluminación y se puso en funcionamiento el conjunto.

ABSTRACT

The project undertaken was to provide electricity, for non-traditional way, at “San Pedro the Jachanguango” sanitary landfill, in Salcedo Canton, Cotopaxi Province. This is a plentiful, renewable and clean resources. It produces a green energy which reduces the environmental impact. This renewable energy is vital in our fight against climate change, and technologies such as wind. It can help build a sustainable energy generation for the future. This research started with the study of the wind resource in the area. This study was conducted for a period of twelve months which makes evident the characteristic winds during the seasons that Ecuador has in a year. Subsequently, we analyzed electricity demand that requires the ecological auditorium lighting system within that sanitary landfill. After this event the potential wind and demand that we need, it was analyzed the feasibility of construction or acquisition of peak wind generator equipment, taking as parameters to be considered of materials cost and construction time, and delivery time. According these considerations it was determined that acquired system is the most economical. In addition, it takes less time to implement it, so that we was designed the necessary steps according to the demand of the lighting system. It was operated in assembly.

INTRODUCCIÓN

Apenas un 2% de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica y sólo podemos aprovechar una pequeña parte de ella. Aun así, se ha calculado que el potencial eólico es unas veinte veces el actual consumo mundial de energía, lo que hace de la energía eólica una de las fuentes de energía renovable más importantes.

El viento es, fundamentalmente, una consecuencia de la radiación solar que incide sobre la Tierra, y que origina el calentamiento de las masas de aire que la circundan. Al calentar de forma desigual la superficie del planeta en función de la latitud, se provocan unas diferencias de presión que el flujo de aire tiende a igualar.

Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento lo principal es saber el origen de los vientos en zonas específicas del planeta, estos son llamados vientos locales, entre ellos están las brisas marinas; que se producen debido a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra. También tenemos las corrientes de montaña que se generan por el calentamiento de los vientos, su incidencia en la densidad del aire provoca que la corriente suba por la ladera de la montaña y baje por su contraria.

La energía eólica ha sido utilizada tradicionalmente como fuerza motriz de los buques de vela y para impulsar los molinos de viento. El uso de este tipo de energía fue cayendo en desuso con la difusión de la electricidad y con la amplia disponibilidad y el bajo coste de los motores alimentados con combustibles fósiles.

No obstante, la atención prestada recientemente al cambio climático, la necesidad de incrementar la cuota de energía limpia y el temor ante una menor disponibilidad del petróleo en el futuro han renovado el interés en la producción de energía de fuentes renovables y, por tanto, también de la eólica.

Este tipo de energía, a diferencia de otras energías renovables, exige inversiones menores y utiliza un recurso natural disponible habitualmente en todas partes y especialmente

aprovechable en las zonas templadas, donde se encuentran la mayoría de las naciones desarrolladas industrialmente.

Durante la última década del siglo XX se construyeron y probaron diferentes modelos de aerogeneradores: con rotor de eje vertical y horizontal, con número variable de palas, con el de rotor situado a barlovento o a sotavento de la torre, etc.

Una turbina de eje horizontal con rotor de tres palas a barlovento ha demostrado ser la tipología en general más adecuada y, en consecuencia, ha tenido un notable desarrollo caracterizado tanto por un rápido aumento de sus dimensiones y potencia como por una amplia difusión.

En el primer capítulo se analizó los diversos factores que requiere de nuestro conocimiento tanto como el comportamiento y formas de mediciones del viento, estas influyen en la selección del equipo.

En el segundo capítulo se verificó la necesidad de implementar el equipo, utilizando métodos científicos como las encuestas para la aseveración del mismo.

En el tercer capítulo es la selección del equipo basado en las velocidades de viento que se las tomo durante doce meses, también se realizó el cálculo de la potencia del viento, la capacidad al momento instalada en el sistema de iluminación del Auditorio Ecológico, y su análisis de rentabilidad.

CAPITULO I

Al iniciar el presente trabajo de investigación es fundamental profundizar los conocimientos teóricos del tema a ser investigado, para el presente caso es necesario tener conocimientos en algunos temas teóricos tales como: El viento y sus características, Recurso eólico en el Ecuador, Características del clima en Ecuador, aerogeneradores y sus tipos, clasificación de los sistemas eólicos, ventajas y desventajas de los aerogeneradores.

El tener un conocimiento sobre estos aspectos servirá para el desarrollo del presente tema, en dar solución a uno de los problemas que se tiene en el auditorio ecológico del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del Cantón Salcedo para no depender de la energía eléctrica convencional.

Esta propuesta será a través de una máquina que funcione con el gran potencial de viento de la zona, cuyo recurso natural puede llegar a ser una alternativa atrayente de solución para los sectores rurales alejados del país.

Es por este motivo que el presente capítulo está dedicado a obtener la mayor información teórica necesaria de diversos autores e investigadores para la elaboración del marco teórico del presente proyecto investigativo.

1.1 El viento y sus características

El viento se define mediante la dirección y la velocidad.

La dirección del viento se designa por el punto cardinal desde donde sopla: por ejemplo, se llamará viento de dirección Oeste o viento del Oeste si proviene de este punto. Esta dirección nos la da la veleta.

La velocidad del viento, es la que se aprovecha para generar energía, está se mide con un instrumento llamado anemómetros, siendo estos instrumentos los más utilizados en prácticamente todas las estaciones meteorológicas del país y el mundo.

Las condiciones de viento en un territorio fundamentalmente se determina por el tipo de circulación que tiene el aire y sus efectos dominantes sobre el territorio, los tipos de circulación de aire son los siguientes:

- Circulación del aire a escala planetaria o macro escala.
- Circulación del aire a escala local o meso escala, y
- Circulación del aire a escala próxima al emplazamiento o micro escala.

La circulación de las masas de aire considerando el conjunto de la atmósfera de la Tierra se denomina “circulación general de la atmósfera”. Esta trabaja como una máquina térmica que tiende a igualar las temperaturas de las distintas partes de la superficie terrestre.

Tiene lugar fundamentalmente en la troposfera, la zona inferior de la atmósfera, que contiene los 4/5 de la masa de ésta y tiene un espesor de aproximadamente 7 km en los polos y 12 km en el ecuador. Las condiciones de la circulación general de la atmósfera vienen alteradas por la distribución de continentes y mares, existiendo unas desviaciones más acusadas en el hemisferio Norte, donde existen mayores masas continentales que en el hemisferio Sur.

El viento también puede sufrir modificaciones debido a su interacción con la superficie terrestre, originadas por diferencias de temperatura entre zonas relativamente próximas entre sí, además de la rugosidad y el relieve del terreno.

Los vientos debidos a diferencias de temperatura más conocidos son las brisas marinas y los vientos de montaña y valle.

- **Brisas marinas:** se originan por las diferencias de temperatura entre el mar y la tierra. Durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que el mar, originándose, a partir del mediodía aproximadamente, una circulación de aire del mar hacia la tierra. Durante la noche, la tierra se enfría más rápidamente que el mar invirtiéndose la corriente. La fuerza del viento resultante depende de la diferencia de temperatura entre ambos elementos, por lo que las brisas se muestran con más claridad en verano.
- **Vientos de montaña y valle:** tienen el mismo origen que las brisas, originándose la diferencia de temperatura entre las zonas altas de los montes y los valles. Dependen de las distribuciones de temperatura existentes y de la orografía de la zona.

Ambos fenómenos se desarrollan cuando los vientos dominantes están muy atenuados. Por otra parte, la rugosidad del terreno tiende a frenar el movimiento del aire de tal forma que la capa más cercana al suelo está en completo reposo: es la capa límite atmosférica. La velocidad varía gradualmente con la altura hasta un valor característico de la velocidad del viento geostrófico, o sea, la del aire sin perturbar (correspondiente al nivel de macro escala). Por último en lo que a escala local se refiere, la orografía del terreno también juega un papel importante. La velocidad del viento sufre una aceleración cuando tiene que remontar colinas, montes o cadenas montañosas, mientras que se atenúa en los valles.

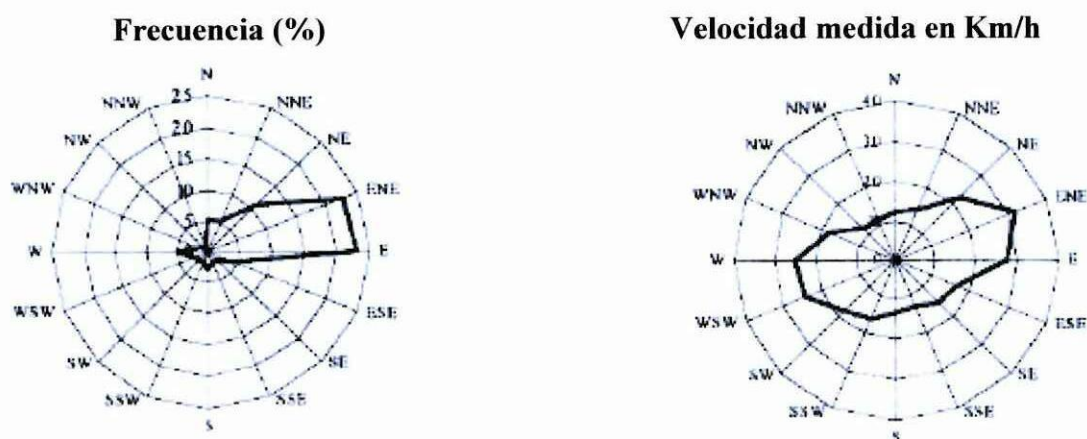
Hay que tener en cuenta también la influencia de los obstáculos como las casas, árboles, vallas, etc., que producen una atenuación de la velocidad del viento y la aparición de turbulencias, y que es lo que conocemos como circulación a micro escala.

El paso previo para la instalación de un aerogenerador o un grupo de ellos consiste en la evaluación de los recursos eólicos de la zona. Determinadas regiones del planeta se ven favorecidas por un flujo de viento constante en velocidad y dirección, lo que las hace especialmente aprovechables desde el punto de vista eólico. Para poder evaluar los recursos eólicos de un área geográfica hay que realizar mediciones continuas de la velocidad y dirección del viento para saber si es apta para la instalación de aerogenerador.

Estas mediciones se llevan a cabo mediante instalaciones meteorológicas que recogen los datos de velocidad media cada cierto tiempo, por lo general cada 10 minutos o 1 hora durante varios años como mínimo, para poder controlar las variaciones del viento de un año a otro, a lo largo de un año, un mes, un día, etc.

Dichos resultados se plasman en unos diagramas que permiten conocer la frecuencia y la velocidad media del viento para distintas direcciones: son el diagrama de frecuencia y el de velocidad o rosa de vientos (gráfico 1) Ambos son complementarios, ya que el primero indica el número de veces que el viento sopla en una dirección determinada, y el segundo da la velocidad media en esa dirección.

Gráfico 1. Frecuencia y velocidad medida del viento



Fuente: Variación de velocidades del viento INAMHI

Elaborado por: Diego Barrera

Los diagramas del gráfico 1 muestran la dirección ENE es la más frecuente. En el diagrama de frecuencias se puede ver que el viento sopla mayoritariamente en las direcciones ENE y E, casi un 25% del tiempo, mientras que en la dirección W sólo sopla un 5%. En la rosa de vientos puede observarse que las mayores velocidades se registran en las direcciones ENE y W.

Una característica importante de la energía eólica es que la potencia obtenida de un aerogenerador es proporcional al cubo de la velocidad del viento. Por ello se requiere una mayor precisión en los datos de la velocidad del viento que para otras aplicaciones.

1.2 Recurso eólico en el Ecuador

El Ecuador por su situación geográfica, cuenta con sitios de especial interés para la aplicación de máquinas eólicas. Más de 150 estaciones registran valores de velocidad de viento, los anuarios meteorológicos presentan datos para las 7, 13, y 19 horas, sin embargo se debe mencionar que la mayoría de los casos corresponden apreciaciones visuales de los encargados de las estaciones, lo que no hace que la información sea totalmente confiable, especialmente para aplicaciones energéticas, en las que se requiere de registros continuos. Comentado por **Ing. Carrasco Franklin**, Energías no Convencionales, ESPE.

En el país dado su relieve se tiene una amplia variedad de microclimas, muchas de ellas con una velocidad de viento alta y constante que permite la aplicación de máquinas eólicas. Se destacan sitios con velocidades de viento superiores a 5 m/s, estos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Localidades con vientos superiores a 5 m/s en el Ecuador

Provincia	Ciudad	Velocidad Viento m/s
Carchi	Ángel	6.5
Pichincha	Olmedo	5.03
Pichincha	Machachi	6.59
Galápagos	Seymur	5-10
Loja	Villonaco	11-12

Fuente: Energías no Convencionales, ESPE – SANGOLQUI

Elaborado por: Diego Barrera

Lo suscrito no significa que no existen otros lugares, en los que sea factible la aplicación de la energía eólica, varias estaciones registran velocidades superiores a los 2.5 m/s. Puesto que el recurso es de carácter puntual pueden haber sitios que no están registrados con excelentes características y precisión, se debe destacar que la costa es una zona bastante buena para las aplicaciones eólicas, durante el día existe una brisa del mar hacia la tierra y durante la noche, puesto que el agua se enfría lentamente, una brisa de la tierra al mar.

Debido a que la dirección y la velocidad del viento tienen un carácter aleatorio se debe realizar un manejo estadístico de los datos con el fin de determinar la factibilidad para que en un lugar se pueda aprovechar la energía eólica en forma económica.

Para el análisis se debe disponer de registros continuos, que permitan una evaluación horaria de la velocidad y dirección del viento: En caso de no disponer de esa información se puede recurrir a los promedios mensuales, estudiar la información de los moradores del lugar y observar la vegetación del lugar, como primera aproximación.

Para aplicaciones energéticas se necesita una velocidad de viento no menor a 5 m/s, con lo que se puede pensar en aplicaciones de generación eléctrica. La cobertura de la generación eléctrica en el Ecuador ha venido en constante crecimiento. A pesar de esto, existen zonas sobre todo en el sector rural que aún no han sido electrificadas, siendo sus razones el alto costo de inversión, la alta dispersión y el poco retorno financiero. Sin embargo, estas comunidades aisladas, se encuentran en sitios con especiales características susceptibles de ser aprovechadas con fines energéticos. Comentado por **Ing. Carrasco Franklin**, Energías no Convencionales, ESPE

1.3 Características generales del clima en el Ecuador.

El Ecuador Continental está situado al Noroeste de América del Sur, entre los 01° 28' de Latitud Norte y 05° 01' de Latitud Sur y desde los 75° 11' en la planicie Amazónica hasta los 81° 01' de longitud Oeste, limitando con el Océano Pacífico. El territorio del Ecuador

está dividido en tres regiones naturales claramente definidas entre sí, ya sea por su topografía, clima, vegetación y población. Estas tres regiones son: Costa, Sierra y Oriente.

A 600 millas de la costa ecuatoriana hacia el Oeste se encuentra el Archipiélago de Colón o Islas Galápagos que como su nombre lo indica están integradas por varias islas siendo la mayor de ellas La Isabela.

La región Litoral se extiende desde el río Mataje al Norte, hasta el río Zarumilla al Sur (conforme al Protocolo de Río de Janeiro), y desde el Océano Pacífico, al Oeste, hasta las estribaciones de la cordillera Occidental de los Andes, al Este. El suelo de la región Litoral es generalmente bajo, con pequeñas elevaciones que no sobrepasan los 800 m de altura sobre el nivel del mar. El principal sistema montañoso de la región lo constituye la cordillera Costera o de Chongón o Colonche que divide a la región en dos subregiones denominadas Costa Externa y Costa Interna.

La región de la Sierra está atravesada por la cordillera de los Andes que la recorre de Norte a Sur. La cordillera se divide en dos sistemas paralelos: Cordillera Oriental y Occidental, separados por una llanura longitudinal que está dividida en varios valles por nudos transversales.

En la Sierra las altitudes varían desde los 1200 hasta los 6000m. La región Oriental se extiende desde las estribaciones Orientales de la cordillera Central de los Andes hasta los límites con el Perú, al Este, y desde los límites con Colombia hasta los límites con Perú, al Sur. En el Oriente existen llanuras virtualmente no exploradas. Sus condiciones naturales son semejantes a todas las regiones tropicales del mundo.

Debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuesta por la cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una gran variedad de climas y cambios considerables a cortas distancias. Nuestro país está ubicado dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas donde se sitúa la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), por esta razón,

ciertas áreas del Ecuador reciben la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad.

Se cuentan con climas tropicales y templados, regiones con características subtropicales, situadas principalmente en las estribaciones de las dos cordilleras; también encontramos zonas desérticas, semi-desérticas, estepas frías y cálidas, etc.

A continuación se muestran las series mensuales de datos meteorológicos en la provincia de Cotopaxi, proporcionados por el **Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología** (INAMHI), en que se detalla la dirección y el viento máximo mensual durante los años de 1982 hasta el 2010 de las zonas., en las siguientes Tablas:

- Rumipamba – Salcedo
- Cotopaxi – Clirsen
- Pílalo
- El Corazón
- San Juan la Maná

Tabla 2. Viento máximo mensual y dirección (m/s)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
UNIDAD ATENCIÓN AL USUARIO

VIENTO MAXIMO MENSUAL Y DIRECCION (m/s)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: COTOPAXI-CLIRSEN CODIGO: M120

PERIODO: 1950 - 2010 LATITUD: 0 37 9 S LONGITUD: 78 34 19 W ELEVACION: 3561

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	19.0 SW	14.0 SW	16.0 SE	14.0 NW	14.0 SE	16.0 S	16.0 N	16.0 SW	16.0 SW	10.0 SE	12.0 NW	14.0 SW	177.0	14.7
1983	16.0 S	16.0 S	12.0 NE	12.0 NW	10.0 NE	16.0 NW	16.0 N	16.0 NE	16.0 NW	15.0 SE	16.0 S	12.0 NE	173.0	14.4
1984	16.0 S	12.0 S	10.0 SE	10.0 NW	16.0 S	14.0 NE	16.0 S	16.0 NE	16.0 S	14.0 SE	16.0 S	16.0 NE		
1985	16.0 SW	16.0 NE	12.0 N	16.0 SE	16.0 SW	16.0 SW	16.0 SW	16.0 S	16.0 SE	16.0 S	16.0 SE	14.0 NE		
1986	16.0 SW	16.0 SW	14.0 N	20.0 S	16.0 NE	20.0 NE	19.0 NE	16.0 NE	16.0 S	16.0 S	16.0 NW	14.0 SE		
1987	14.0 N	16.0 NW	16.0 SE	14.0 SW	12.0 NE	16.0 NE	16.0 SE	16.0 W	16.0 NE	16.0 NE	16.0 SW	18.0 NE		
1988	16.0 N	14.0 SE	18.0 SW	16.0 SW	14.0 N	10.0 NE	16.0 NW	16.0 S	14.0 SE	10.0 S	16.0 S	16.0 S	168.0	14.0
1989	10.0 N	14.0 SW	16.0 SW	16.0 SW	16.0 S	16.0 SW	18.0 N	18.0 S	18.0 SW	18.0 SW	16.0 NE	16.0 SW		
1991	18.0 NE	16.0 SE	18.0 N	16.0 S	14.0 SE	16.0 N	18.0 SW	18.0 SE	18.0 NW	16.0 SE	17.0 N	16.0 S		
1992	16.0 NW	14.0 SW	14.0 SW	12.0 N	14.0 SE	16.0 N	18.0 SW	20.0 S	14.0 S	16.0 S	17.0 N	16.0 S	189.0	15.7
1993	16.0 NE	14.0 SW	14.0 SE	8.0 SE	16.0 NW	19.0 S	18.0 N	20.0 S	14.0 S	8.0 S	12.0 N	12.0 N		
1999					14.0 SW	20.0 S	20.0 S	20.0 S	10.0 SW	10.0 N	12.0 N	12.0 N		
2000					6.0 S				10.0 N					
2001	10.0 S	18.0 W	10.0 S	18.0 W	6.0 S		16.0 S	18.0 S	14.0 SW					
2002					12.0 W		18.0 S							
2003	12.0 S	18.0 W	12.0 S	12.0 E	12.0 S	16.0 SW			18.0 S	16.0 S	10.0 N	12.0 S		
2004										12.0 W	12.0 N	12.0 N		
2006	8.0 N	10.0 S	8.0 NW	20.0 SE										
2007	12.0 N	15.0 W	16.0 S	10.0 S	10.0 N	10.0 N	10.0 S		16.0 N	12.0 S		10.0 S		
2008					12.0 N	12.0 N	12.0 S					10.0 S		
2009	8.0 SW	10.0 N	12.0 SW		10.0 S			10.0 N	10.0 NE			12.0 N		
2010	10.0 N	12.0 NW	8.0 NE	8.0 N	12.0 SW	10.0 N		16.0 NE	8.0 S	10.0 NW	8.0 S	8.0 N		
media	13.5	14.2	13.0	13.0	12.7	14.7	16.3	16.5	14.5	12.6	13.5	13.3	168.3	14.0
mínima	8.0	10.0	8.0	8.0	6.0	10.0	10.0	10.0	8.0	8.0	8.0	8.0		6.0
máxima	19.0	18.0	18.0	20.0	16.0	20.0	20.0	20.0	18.0	16.0	17.0	18.0		20.0

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Diego Barrera

Tabla 3. Viento máximo mensual y dirección (m/s)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
UNIDAD ATENCION AL USUARIO

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: PILALO CODIGO: M122

PERIODO: 1950 - 2010 LATITUD: 0 56 37 S LONGITUD: 78 59 42 W ELEVACION: 2504 MEDIA

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	2504 MEDIA
1982			3.0 NE	5.0 NW	6.0 NE	6.0 N	12.0 NW	8.0 NE		8.0 NW				
1983												1.0 N		
1984		4.0 NW		1.0 NE	1.0 NW									
1985														
1986														
1987														
1990	4.0 NW		4.0 NE											
1991					9.0 N	5.0 NW	4.0 NW	10.0 SE	10.0 NE	5.0 W	8.0 W	4.0 W		
1992				3.0 NE	7.0 S	6.0 N	15.0 W	8.0 E	5.0 SW	6.0 E	5.0 SW	8.0 NW		
1993					4.0 NW	13.0 NW	5.0 N		7.0 E	12.0 N	5.0 W	8.0 NW		
1994														
1995														
1996														
1997														
1998														
1999														
2000														
2001														
2002														
2003														
2004														
2005														
2006														
2007														
2008	3.0 W	3.0 W	3.0 W	3.0 W	12.0 E	3.0 NW	4.0 W	4.0 W	4.0 W	3.0 W	3.0 W	3.0 N		
2009	3.0 SW	3.0 SW	3.0 SW	3.0 SW	3.0 W	3.0 W	3.0 W	3.0 W	6.0 W	6.0 W	4.0 W	4.0 W		
2010	3.0 S	3.0 S	3.0 S	3.0 S	3.0 S	3.0 S	3.0 S	3.0 S	6.0 W	6.0 W	4.0 W	4.0 W		
media	4.5	3.3	3.3	3.0	6.0	5.3	9.0	6.6	7.3	6.8	5.6	6.8	67.7	5.6
minima	4.0	3.0	3.0	1.0	1.0	2.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.0	1.0		1.0
maxima	5.0	4.0	4.0	5.0	12.0	13.0	15.0	10.0	10.0	12.0	8.0	20.0		20.0

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Diego Barrera

Tabla 4. Viento máximo mensual y dirección (m/s)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
UNIDAD ATENCIÓN AL USUARIO

VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (m/s)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: EL CORAZON CODIGO: M123

PERIODO:	1950 - 2010	LATITUD:	1	8	2 5	LONGITUD:	79	4	32 W	ELEVACION:	1471			
ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMIA	MEDIA
1982	9.0 S	4.0 SE	6.0 N	9.0 NW	5.0 E	6.0 W	6.0 W	6.0 W	8.0 NE	8.0 SW	6.0 SW	8.0 N	77.0	6.4
1983	6.0 N	7.0 E	6.0 N	6.0 E	7.0 E	6.0 NE	7.0 SE	7.0 NE	6.0 W	6.0 N	9.0 SE	4.0 SE	82.0	6.8
1984	9.0 NE	6.0 W	6.0 E	9.0 W	6.0 N	6.0 N	9.0 SW	6.0 E	7.0 E	6.0 NW	8.0 E	6.0 W	86.0	7.1
1985	9.0 SW	4.0 W	6.0 SW	9.0 E	6.0 E	6.0 NE	8.0 E	8.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	78.0	6.5
1986	6.0 NE	6.0 N	6.0 E	6.0 N	6.0 E	6.0 E	8.0 NE	7.0 E	7.0 E	6.0 NW	6.0 E	6.0 E	76.0	6.3
1987	6.0 E	6.0 N	6.0 E	6.0 N	6.0 E	6.0 E	8.0 NE	6.0 W	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 N	76.0	6.3
1988	8.0 E	6.0 SE	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	8.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 SW	6.0 E	6.0 N	76.0	6.3
1989	6.0 W	6.0 NW	6.0 W	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	8.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 SW	6.0 N	8.0 E	78.0	6.5
1990	6.0 SE	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 E	6.0 NE	6.0 W		
1991	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	74.0	6.1
1992	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE		
1993	8.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE		
1994	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 W	6.0 NW	6.0 W	6.0 W	6.0 NE	8.0 NE	8.0 E	6.0 N	6.0 NW		
1995	6.0 N	8.0 E	6.0 E	6.0 W	6.0 W	8.0 E	6.0 SW	6.0 E	8.0 NE	8.0 E	6.0 E	6.0 W		
1996	8.0 E	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 SW	6.0 E	6.0 NE	8.0 NE	8.0 E	6.0 NE		
1997	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	8.0 NE	8.0 E	8.0 NE	6.0 N	8.0 E	6.0 NE		
1998	8.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	8.0 E	8.0 E	8.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E		
1999	8.0 E	6.0 N	6.0 N	6.0 N	6.0 SW	8.0 SW	6.0 SW	7.0 SW	6.0 SW	7.0 SW	6.0 SW	6.0 SW		
2000	6.0 SW	6.0 SE	6.0 SE	6.0 SE	6.0 SW	8.0 SW	8.0 SW	7.0 SW	7.0 SW	7.0 SW	7.0 SW	7.0 SW		
2001	6.0 SW	6.0 SW	6.0 SW	6.0 SW	6.0 SW	10.0 SW	8.0 SW	8.0 SW	8.0 SW	7.0 SE	6.0 E	7.0 NE		
2002	8.0 NE	8.0 NE	8.0 NE	8.0 NE	6.0 NE	8.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NW	6.0 SW	6.0 E	7.0 NE		
2003	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	8.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 W	8.0 NE	10.0 NW	6.0 W	6.0 W	7.0 E		
2004	7.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	7.0 NE	6.0 NE	6.0 E	8.0 NE	6.0 W	6.0 W	6.0 SW	6.0 NE		
2005	7.0 NE	7.0 NE	6.0 NE	6.0 NW	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 SW	6.0 NE	6.0 NW	6.0 NE		
2006	10.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	8.0 SE	6.0 NE	6.0 NW	6.0 SW	6.0 E	6.0 W	6.0 NE		
2007	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NW	6.0 NE		
2008	6.0 SW	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	5.0 NW	6.0 SW	6.0 SW	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE		
2009	6.0 NE	6.0 NE	8.0 NE	6.0 NE	6.0 SW	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE		
2010	6.0 NE	6.0 NE	8.0 NW	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE		
media	6.9	6.1	6.6	6.5	6.0	6.7	7.0	6.5	6.5	6.4	6.3	6.1	78.0	6.5
minima	6.0	4.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0		4.0
maxima	10.0	8.0	8.0	9.0	7.0	10.0	9.0	8.0	10.0	8.0	9.0	8.0		10.0

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Diego Barrera

Tabla 5. Viento máximo mensual y dirección (m/s)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
UNIDAD ATENCIÓN AL USUARIO

VIENTO MÁXIMO MENSUAL Y DIRECCIÓN (m/s)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: EL CORAZON CODIGO: M123

PERIODO: 1950 - 2010 LATITUD: 1 8 2 5 LONGITUD: 79 4 32 W ELEVACION: 1471 MEDIA

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	1471
1952	9.0 S	4.0 SE	6.0 N	9.0 NW	5.0 E	6.0 W	6.0 W	6.0 W	8.0 NE	8.0 W	6.0 SW	8.0 N	77.0	6.4
1953	6.0 NE	7.0 E	6.0 N	6.0 E	7.0 E	6.0 NE	7.0 SE	7.0 NE	6.0 W	6.0 N	9.0 SE	4.0 SE	82.0	6.8
1954	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	9.0 W	6.0 N	6.0 N	9.0 SW	6.0 E	7.0 E	6.0 N	6.0 W	6.0 W	86.0	7.1
1955	9.0 SW	4.0 W	6.0 SW	9.0 E	6.0 E	9.0 NE	8.0 SW	8.0 N	6.0 E	6.0 NW	8.0 E	6.0 E	78.0	6.5
1956	6.0 NE	6.0 N	6.0 E	6.0 N	6.0 E	6.0 N	8.0 E	7.0 E	7.0 E	8.0 E	6.0 E	6.0 E	76.0	6.3
1957	6.0 E	6.0 N	8.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	8.0 NE	6.0 W	6.0 NW	6.0 E	6.0 E	6.0 E	76.0	6.3
1958	8.0 E	6.0 SE	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	8.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 SW	6.0 N	6.0 N	78.0	6.5
1959	6.0 W	6.0 NW	6.0 W	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	8.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 N	8.0 E	78.0	6.5
1990	6.0 SE													
1991	6.0 E													
1992	6.0 NE	6.0 E	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 E	8.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 W	74.0	6.1
1993	8.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 E	6.0 NE	6.0 NE	6.0 E	6.0 NE		
1994		6.0 NE	6.0 E	6.0 W	6.0 NW	6.0 W	6.0 W	6.0 E	8.0 NE	8.0 E	6.0 N	6.0 NW		
1995	6.0 N	8.0 E	6.0 E	6.0 W	6.0 W	8.0 E	6.0 SW	6.0 E	8.0 NE	8.0 NE	6.0 E	6.0 W		
1996		8.0 E												
1997		8.0 E												
1998	8.0 E	6.0 E												
1999	8.0 E	6.0 N												
2000	6.0 SW	6.0 SE												
2001		6.0 NE												
2002		8.0 NE												
2003	6.0 NE	6.0 NE												
2004	7.0 E	6.0 NE												
2005	7.0 NE	7.0 NE												
2006	10.0 NE	6.0 NW												
2007	6.0 NE	6.0 NE												
2008	6.0 SW	6.0 NE												
2009	6.0 NE	6.0 SW												
2010	6.0 NE	6.0 NE												
media	6.9	6.1	6.6	6.5	6.0	6.7	7.0	6.5	6.5	6.4	6.3	6.1	78.0	6.5
minima	6.0	4.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0		4.0
maxima	10.0	8.0	8.0	9.0	7.0	10.0	9.0	8.0	10.0	8.0	9.0	8.0		10.0

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Diego Barrera

Tabla 6. Viento máximo mensual y dirección (m/s)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
UNIDAD ATENCIÓN AL USUARIO

VIENTO MAXIMO MENSUAL Y DIRECCION (m/s)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: RUMIPAMBA-SALCEDO

CODIGO: M004

AÑOS	PERIODO: 1950 - 2010 LATITUD:												32 W ELEVACION:				MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	2680			
1982	10.0 NE	10.0 N	8.0 SE	8.0 SE	8.0 S	8.0 S	10.0 SE	10.0 SE	7.0 SE	8.0 SE	8.0 S	8.0 S	103.0		8.5		
1983	8.0 S	9.0 SE	9.0 S	7.0 SE	8.0 S	8.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	10.0 S	11.0 S	9.0 S	103.0	8.9			
1984	8.0 SW	8.0 SE	11.0 SE	10.0 S	9.0 S	10.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 SE	8.0 NW	9.0 SW	8.0 SE	107.0	8.9			
1985	8.0 SE	8.0 S	9.0 SE	9.0 S	12.0 SE	9.0 SE	8.0 SE	8.0 SE	9.0 S	8.0 SE	9.0 SW	7.0 SE	105.0	8.7			
1986	9.0 SE	9.0 S	8.0 SE	8.0 SE	8.0 S	9.0 SE	10.0 SE	12.0 SE	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	10.0 SE	100.0	8.3			
1987	9.0 SE	9.0 S	8.0 SE	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	9.0 SE	9.0 SE	8.0 S	8.0 S	8.0 S	6.0 SW	90.0	7.5			
1988	8.0 SE	7.0 SE	8.0 S	7.0 S	7.0 SE	8.0 SE	8.0 SE	8.0 SE	7.0 SE	8.0 S	10.0 NW	8.0 S	94.0	7.8			
1989	8.0 S	7.0 SE	6.0 N	8.0 E	7.0 SE	8.0 SE	10.0 S	10.0 S	8.0 SE	6.0 S	5.0 SE	5.0 SE	82.0	6.8			
1990	8.0 S	8.0 S	8.0 S	6.0 SE	5.0 S	8.0 S	7.0 SE	10.0 S	8.0 S	8.0 S	10.0 SE	6.0 SE	90.0	7.3			
1991	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	6.0 SE	6.0 SE	8.0 SE	10.0 SE	6.0 SE	103.0	8.5			
1992	6.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	6.0 S	12.0 SE	10.0 S	13.0 S	8.0 S	112.0	9.3			
1993	6.0 SE	5.0 SE	10.0 S	6.0 S	6.0 S	8.0 S	8.0 S	10.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	10.0 S	96.0	8.0			
1994	9.0 W	8.0 SE	8.0 S	8.0 NW	10.0 SE	8.0 S	8.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	8.0 SE	8.0 SE	94.0	7.8			
1995	6.0 NW	8.0 S	10.0 N	6.0 S	6.0 S	7.0 SE	6.0 SE	7.0 S	8.0 S	10.0 S	10.0 SE	10.0 S	91.0	7.5			
1996	8.0 NW	8.0 S	6.0 S	6.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	6.0 S	8.0 NW	8.0 NW	82.0	6.8			
1997	5.0 N	7.0 S	10.0 NW	7.0 SE	8.0 SE	6.0 S	10.0 S	8.0 S	7.0 S	6.0 S	8.0 NW	8.0 NW	78.0	6.5			
1998	6.0 S	8.0 SE	6.0 S	6.0 S	6.0 S	6.0 S	8.0 S	6.0 SE	6.0 SE	7.0 S	8.0 NW	8.0 NW	82.0	6.8			
1999	6.0 N	6.0 S	5.0 NW	6.0 SE	6.0 S	6.0 S	8.0 S	6.0 S	6.0 SE	7.0 S	8.0 NW	8.0 NW	78.0	6.5			
2000	6.0 NW	10.0 S	10.0 S	8.0 S	8.0 S	10.0 SE	8.0 S	9.0 SE	12.0 SE	10.0 S	13.0 N	10.0 SE	113.0	9.4			
2001	9.0 S	9.0 S	9.0 S	8.0 S	8.0 SE	9.0 S	9.0 S	10.0 S	10.0 S	10.0 S	9.0 S	10.0 S	90.0	8.5			
2002	9.0 S	9.0 S	8.0 S	8.0 S	9.0 SE	9.0 S	11.0 S	12.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	10.0 S	103.0	8.5			
2003	10.0 S	9.0 S	8.0 S	10.0 S	12.0 SE	11.0 S	11.0 S	12.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	10.0 S	90.0	8.5			
2004	11.0 S	10.0 S	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	7.0 S	8.0 S	7.0 S	8.0 S	103.0	8.5			
2005	8.0 SE	9.0 S	8.0 S	9.0 SE	8.0 S	9.0 S	9.0 S	10.0 S	10.0 S	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	90.0	8.5			
2006	8.0 S	8.0 SE	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	9.0 S	9.0 S	9.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	90.0	8.5			
2007	9.0 S	9.0 S	8.0 S	9.0 S	9.0 S	10.0 S	9.0 S	9.0 S	9.0 SE	8.0 S	9.0 SE	7.0 S	90.0	8.5			
2008	9.0 S	9.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	8.0 SE	9.0 SE	9.0 SE	90.0	8.5			
2009	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 SE	8.0 S	9.0 SE	8.0 S	8.0 SE	6.0 N	8.0 S	99.5	8.2			
2010	8.0 S	8.0 S	7.0 S	8.0 S	7.0 SE	8.0 S	8.0 S	8.0 S	7.0 S	8.0 S	8.0 S	8.0 S	100.0	16.0			
media	7.8	8.2	8.0	7.6	7.7	8.4	8.6	8.8	8.6	8.1	9.0	8.2	99.5	8.2			
minima	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0			
maxima	11.0	10.0	11.0	10.0	12.0	12.0	11.0	12.0	12.0	10.0	16.0	10.0	16.0	16.0			

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Diego Barrera

1.4 Aerogeneradores

Las maquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Estos se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo.

Además se procura situarlos lejos de obstáculos como son arboles edificaciones etc., estos crean turbulencias en el aire y lugares donde el viento sopla con intensidad parecida durante todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

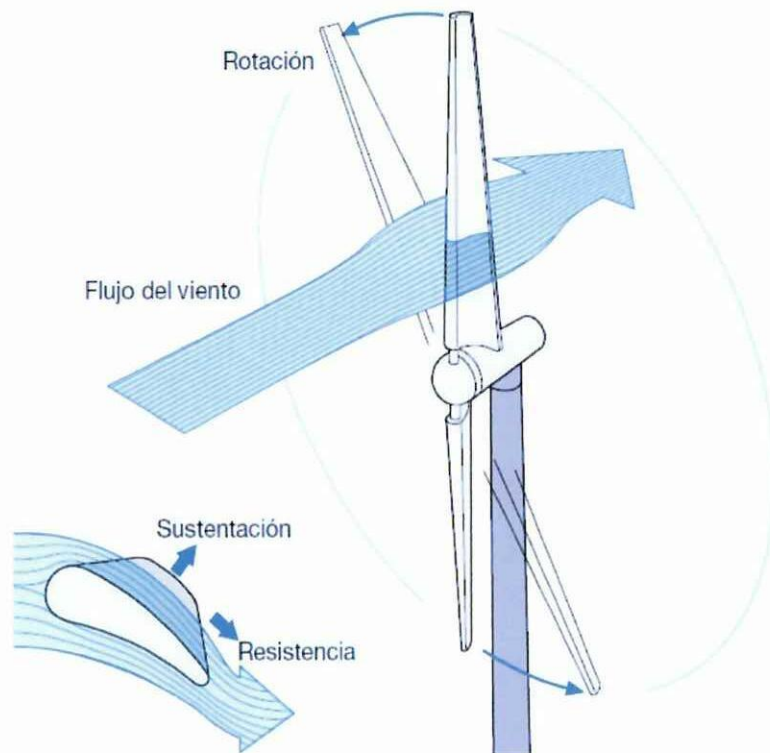
Los aerogeneradores pueden ser de “sustentación” o de “resistencia” en función de cuál de las fuerzas generadas por el viento se use como “fuerza motriz”.

Para entender el principio de funcionamiento de un aerogenerador nos referiremos a las turbinas de uso más extendido en la actualidad, es decir, las de “sustentación”; en ellas, a diferencia de las de “resistencia”, el viento circula por ambas caras de la pala, las cuales tienen perfiles geométricos distintos, creando de esta forma un área de depresión en la cara superior respecto a la presión en la cara inferior. Comentado por Plantas Eólicas Copyright 2012 ABB archivo de pdf. Pag. 2-3.

Esta diferencia de presiones produce una fuerza llamada sustentación aerodinámica sobre la superficie de la pala, de forma parecida a lo que sucede en las alas de los aviones. Gráfico 2.

La sustentación en las alas de un avión es capaz de levantarlo del suelo y mantenerlo volando, mientras que en un aerogenerador, dado que las palas son solidarias con el terreno, provoca su rotación alrededor del eje del buje.

Gráfico 2. Sustentación aerodinámica de un aerogenerador



Fuente: Cuaderno de aplicaciones técnicas proporcionado por la Escuela Politécnica Nacional Quito-Ecuador periodo académico 2012-2013. Prof. Dr. M.Sc Ing. Carlos Gallardo docente de la facultad de Ing. Eléctrica.

Elaborado por: Diego Barrera

Al mismo tiempo se genera una fuerza de resistencia que se opone al movimiento y es perpendicular a la sustentación. En los aerogeneradores diseñados correctamente, la relación sustentación/resistencia es grande dentro del rango normal de operación.

Un aerogenerador necesita una velocidad del viento mínima (velocidad de acoplamiento o cut-in) de 3 - 5 m/s y entrega la potencia nominal a una velocidad de 12 - 14 m/s. Por razones de seguridad, a velocidades elevadas por lo general superiores a 25 m/s (velocidad de desconexión o cut-off), el sistema de frenado para la turbina.

Las principales ventajas de las instalaciones eólicas son, en resumen:

- Generación distribuida;
- Conversión eficiente de la energía eólica en energía eléctrica (rendimiento teórico del 59%);
- Ausencia de emisiones contaminantes;
- Ahorro de combustibles fósiles;
- Reducción de los costes de servicio (no hay costes de abastecimiento de combustible) y de mantenimiento;
- Fácil desmantelamiento de los aerogeneradores al final de su vida útil (20/25 años);
- La capacidad de generación de los aerogeneradores va desde los pocos centenares de W hasta algunos MW, ajustándose a las exigencias tanto de las viviendas aisladas como de las aplicaciones industriales o de la inyección en la red (a través de parques eólicos). Comentado por Prof. Dr. M.Sc Ing. Carlos Gallardo docente de la facultad de Ing. Eléctrica docente de Escuela Politécnica Nacional.

1.4.1 Tipos de aerogeneradores

Los aerogeneradores se clasifican de acuerdo a la orientación de su eje de rotación, es así que durante varios años de investigación se han desarrollado varios tipos de aerogeneradores Tabla 7, estos son aplicables dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre el proyecto.

Tabla 7. Clasificación de los sistemas eólicos según su eje

Tipos	Características
Sistemas de conversión de energía eólica de eje Horizontal.	Estas maquinas están constituidas por una aeroturbina tipo rotor, que acciona un alternador eléctrico. El numero de palas es normalmente de dos o tres, si bien existen también en la actualidad un prototipo de aerogenerador monopala. Gráfico 3. El principio de extracción de energía del viento es tal como sucede con los perfiles en las alas de los aviones.
Sistemas de conversión de energía eólica de eje Vertical. Gráfico 4	Maquina de rotor tipo Savanious, cuya aleta recta tiene forma de S y que la acción fundamental del viento sobre esta es de carácter de resistencia. Esta máquina tiene un rendimiento bajo.
	Maquina de rotor tipo Darrieus integradas por varias palas rectas tienen la forma de un perfil aerodinámico. Las palas están unidas por sus extremos al eje vertical, estando arqueadas en una forma similar a la que tomaría una cuerda girando alrededor de su eje. Su funcionamiento más lioso como ocurre con los rotores tipo hélice. Gráfico 5.

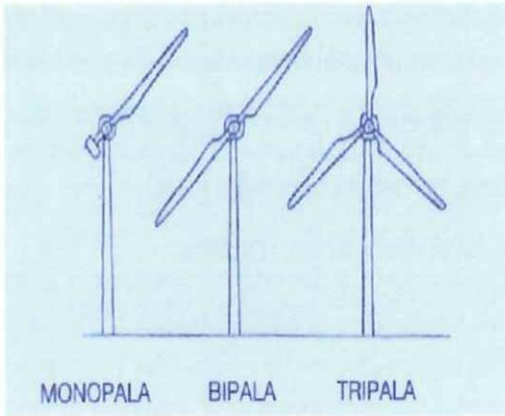
Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

“Durante las dos últimas décadas se dio una gran impulso al desarrollo de los equipos de conversión de energía eólica, siempre con miras en la búsqueda de alternativas al suministro de combustibles fósiles, como fuente de energía” basado en **PINILLA A. 1997.**

Gráfico 3. Aerogeneradores de eje horizontal Aerogeneradores de tipo de giro rápido y lento

Tipo rápido de una, dos y tres palas



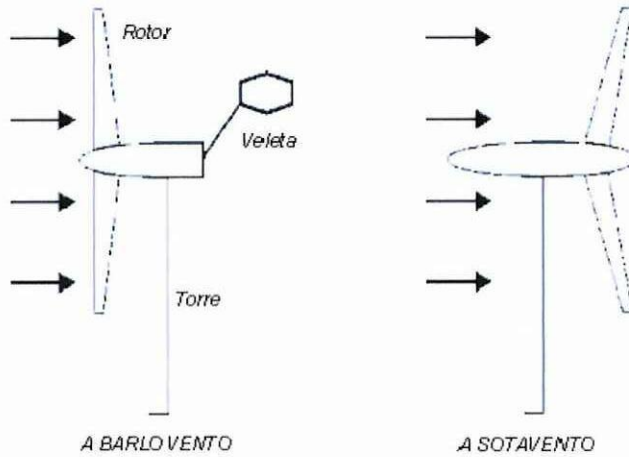
lento multipala americano



Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

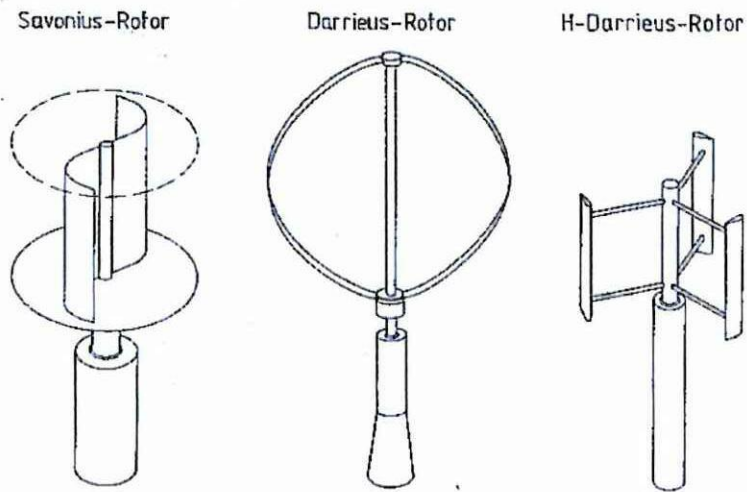
Gráfico 4. Veletas de orientación para ejes horizontales



Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

Gráfico 5. Tipos de rotores para aerogeneradores



Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

Un aerogenerador debe poder soportar durante toda su vida útil la peor tormenta que pueda darse en el emplazamiento donde está instalado. Si el aerogenerador va a utilizarse durante 20 años, se considerará como ráfaga máxima la que se repite de media cada 50 años. La Tabla 8 (IEC EN 61400-1) muestra las distintas clases de aerogeneradores en función de la velocidad V_{ref} (velocidad del viento de referencia) medio durante 10 minutos.

Tabla 8. Parámetros de la velocidad del viento según las clases de aerogeneradores

Clase de aerogenerador	I	II	III	S
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	Valores especificados por el diseñador
A I_{ref} (-)	0.16			
B I_{ref} (-)	0.14			
C I_{ref} (-)	0.16			

Fuente: Plantas Eólicas Copyright 2012 ABB

Elaborado: Diego Barrera

Donde:

V_{ref} es la velocidad media del viento de referencia durante 10 minutos;

A corresponde a la categoría con características de turbulencia superiores;

B corresponde a la categoría con características de turbulencia medias;

C corresponde a la categoría con características de turbulencia inferiores;

I_{ref} es el valor previsto de intensidad de la turbulencia a 15 m/s.

El diseño del aerogenerador también deberá prever su funcionamiento a temperaturas ambiente que van de -10 °C a +40 °C en condiciones normales y de -20 °C a +50 °C en condiciones ambientales extremas (IEC EN 61400-1).

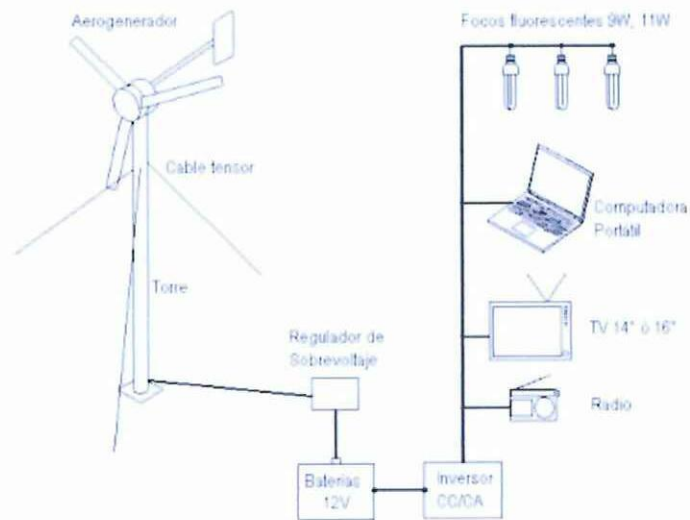
1.5 Clasificación De Los Sistemas Eólicos

A continuación se describen las características de los sistemas eólicos.

1.5.1 *Sistemas de Baja Potencia*

- Son máquinas pequeñas que se utilizan para alimentar cargas que están alejadas de las redes eléctricas, se combinan con bancos de baterías para almacenar la electricidad. Gráfico 6.

Gráfico 6. Esquema de instalación de baja potencia



Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

- Suministran una potencia inferior a los 150 KW.
- Sistema de abastecimiento totalmente autónomo y con una calidad de electricidad muy alta.

1.5.2 Sistemas de Media Potencia

- La potencia media de generación ronda los 150 KW.
- Estos sistemas se aplican a colectividades mayores.
- Su utilización es como fuente complementaria conectada a la red local.

1.5.3 *Sistemas de Alta Potencia*

- Son máquinas de gran tamaño que se conectan a una red eléctrica.
- Los tamaños, en cuanto a producción de potencia se refiere, oscilan entre 300 Kw y 2.500 Kw

1.6 Hélices de un generador eólico

1.6.1 *Acción del viento sobre el perfil: potencia útil y rendimiento*

1.6.1.1 Palas perfiladas.

El elemento básico de una aeroturbina es el rotor, que está formado por una o varias hélices o palas, (su teoría de cálculo elemental es análoga a la de las hélices de avión).

En el rotor están situadas las palas, cuyo número es variable según los casos; cada pala tiene un perfil que tiene forma aerodinámica; éstos perfiles tienen un extremo romo, que es el borde de ataque mientras que el otro extremo, de forma afilada, es el borde de salida.

1.6.1.2 Perfil aerodinámico.

Un perfil aerodinámico, es un cuerpo que tiene un diseño determinado para aprovechar al máximo las fuerzas que se originan por la variación de velocidad y presión cuando este perfil se sitúa en una corriente de aire. Un ala es un ejemplo de diseño avanzado de perfil aerodinámico.

1.6.1.3 Tipos de perfiles aerodinámicos.

La mayor parte del desarrollo de perfiles a sido realizado a partir de 1929 por el Comité Nacional de Aeronáutica (NACA), que fue precursor de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). Las primeras series estudiadas fueron las llamadas “de cuatro dígitos”. El primero de los dígitos daba la curvatura en porcentaje de la cuerda; el segundo daba la posición de la curvatura máxima en décimas de la cuerda y los dos últimos dígitos el espesor máximo en porcentaje de la cuerda.

Los perfiles tienen distintos nombres según su geometría. Se denominan biconvexos si el intradós y el extradós son convexos y plano-convexos si tienen el extradós convexo y el intradós plano, de doble curvatura si el intradós y el extradós son cóncavos.

Gráfico 7. Elementos esenciales de un perfil aerodinámico

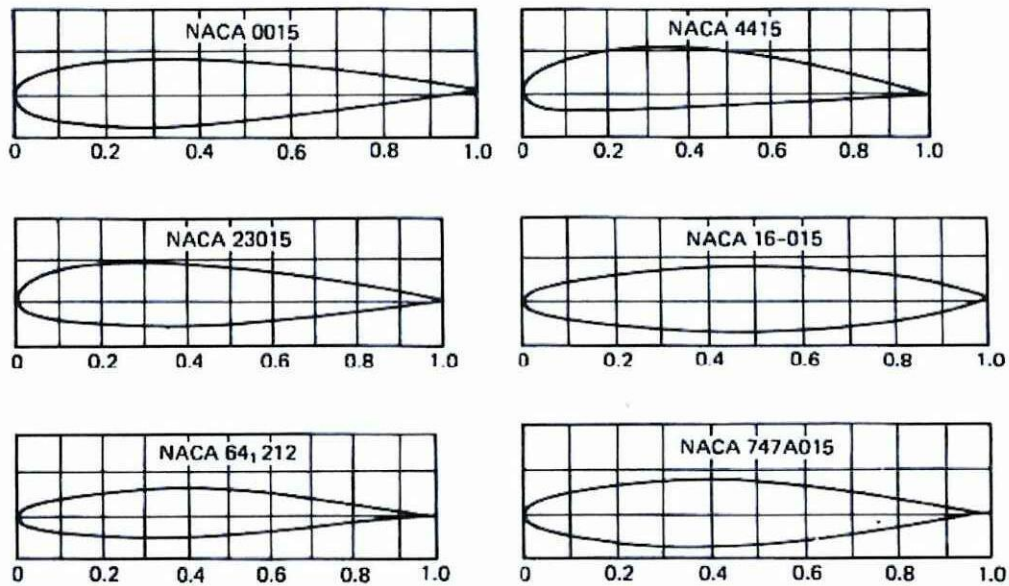


Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

En general, los tipos de perfiles utilizados en las máquinas eólicas rápidas son de la serie NACA (National Advisory Committee of Aeronautics), y vienen determinados por un conjunto de cifras que definen su geometría.

Gráfico 8. Series NACA



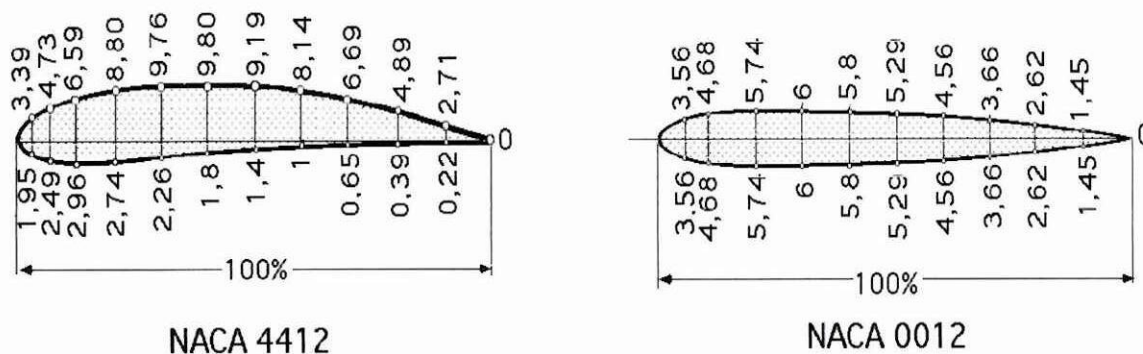
Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

1.6.1.4 Nomenclatura de perfiles naca-4 cifras

- La primera cifra tiene un significado geométrico, e indica la máxima flecha de la línea media de la cuerda en % , proporcionando la máxima curvatura.
- La segunda cifra tiene un significado geométrico, e indica su posición, es decir, la distancia desde el borde de ataque hasta la posición de la máxima flecha de la línea media o máxima curvatura.
- Las dos últimas cifras indican el espesor relativo máximo en % respecto a la cuerda.

Gráfico 9. Series NACA



Fuente: Energías renovables conceptos y aplicaciones

Elaborado: Diego Barrera

El número óptimo de palas para un aerogenerador depende de la faceta que tenga que hacer. Los aerogeneradores que generan electricidad tienen que funcionar a velocidades elevadas, pero no necesitan una gran fuerza para girar. Estas máquinas tienen generalmente tres palas.

1.7 Ventajas de la energía eólica

La energía eólica tiene muchas ventajas que la hacen una fuente de energía atractiva tanto en gran escala como para pequeñas aplicaciones. Las características beneficiosas de la energía eólica incluyen:

- **Energía limpia e inagotable:** La energía del viento no produce ninguna emisión y no se agota en un cierto plazo. Una sola turbina de viento de un megavatio (1 MW) que funciona durante un año puede reemplazar la emisión de más de 1.500 toneladas de dióxido de carbono, 6.5 toneladas de dióxido de sulfuro, 3.2 toneladas de óxidos del nitrógeno, y 60 libras de mercurio.

- **Desarrollo económico local:** Las plantas eólicas pueden proporcionar un flujo constante de ingresos a los terratenientes que arriendan sus campos para la explotación del viento, y un aumento en la recaudación por impuestos territoriales para las comunidades locales.
- **Tecnología modular y escalable:** las aplicaciones eólicas pueden tomar muchas formas, incluyendo grandes granjas de viento, generación distribuida, y sistemas para uso final. Las aplicaciones pueden utilizar estratégicamente los recursos del viento para ayudar a reducir los riesgos por el aumento en la carga o consumo y costos producidos por cortes.
- **Estabilidad del costo de la energía:** La utilización de energía eólica, a través de la diversificación de las fuentes de energía, reduce la dependencia a los combustibles convencionales que están sujetos a variaciones de precio y volatilidad en su disponibilidad.
- **Reducción en la dependencia de combustibles importados:** la energía eólica no está afectada a la compra de combustibles importados, manteniendo los fondos dentro del país, y disminuyendo la dependencia a los gobiernos extranjeros que proveen estos combustibles.

1.8 Desventajas de la Energía Eólica

- La mayor desventaja de la energía eólica es el ruido que los *parques eólicos* crean porque no hay una sola turbina de viento en un campo, sino cientos o incluso miles de turbinas de viento haciendo una gran cantidad de ruido. En realidad, se dice que de turbinas de viento comerciales hacen tanto ruido que a menudo es comparado con el ruido que hace un avión a reacción. Con la energía eólica se puede evitar la contaminación del medio ambiente, pero produce contaminación en lugar - la contaminación acústica.

- Otra de las principales desventajas de la energía eólica es el hecho de que el viento nunca se puede predecir - un día tendrás un montón de ráfagas de viento, y otros días no habrá nada de viento. Por tanto, es difícil saber lo que el tiempo va a hacer y por lo tanto, si la energía eólica es la única fuente del poder del pueblo disponibles se quedará sin energía cuando no hay viento. En teoría, la energía eólica parece una gran idea, pero no está en silencio tan cierto en la práctica.

1.9 Antecedentes de diseño de un aerogenerador

Se han encontrado diferentes monografías tanto como en la Universidad técnica de Cotopaxi como en otras localidades, de las cuales se puede obtener el costo del diseño tanto para la estructura de sustentación de los sistemas eólicos a diferentes alturas.

1.10 Materiales y presupuesto final para la construcción de un aerogenerador

Basado en la tesis de los Señores Endara lema Luis David y Toctaguano Casa Pablo Fernando alumnos graduados en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2011 con el tema de tesis “CONSTRUCCION DE UN GENERADOR EOLICO DE BAJAS REVOLUCIONES POR MINUTO PARA UNA VIVIENDA RURAL, UBICADA EN EL SECTOR DE PANSACHI EL MORRO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA MULA DEL CANTON LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI” y como director de tesis ING. MSC. Segundo Cevallos.

Tabla 9. Presupuesto de Materiales y construcción

PRESUPUESTO TOTAL DE LOS MATERIALES	1.020,00
PRESUPUESTO TOTAL DE LA CONTRUCCION	350,00
TOTAL	1.370,00

Fuente: Tesis de Grado de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Elaborado: Diego Barrera

1.11 Costo de los sistemas prefabricados en el mercado

Tabla 10. Costos, tiempo de entregas y costos de los materiales

Postes y Celosías	Tiempo de Entrega	Costo en Dólares
Poste de hormigón de 11 m. 300kg.	Inmediata	200
Poste de hormigón de 12 m. 300kg.	Inmediata	300
Celosía de 30cm. 1' 11m.	15 días hábiles	250
Celosía de 30cm. 1' 15m.	16 días hábiles	400

Fuente: proformas adquiridas previo a la adquisición del equipo

Elaborado: Diego Barrera

1.11.1 Costo de los sistemas de Aerogeneración en el mercado

Tabla 11. Diferentes proveedores

Proveedor	Características Principales del Equipo	Tiempo de Entrega	Costo en Dólares
Proviento	Aerogenerador híbrido trifásico de 600w de salida, 12 V. tres Palas, cuerpo de hierro fundido.	60 días laborables	1.400,00
G&S	Aerogenerador híbrido trifásico de 600w de salida, 12 V. tres Palas, cuerpo de hierro fundido.	60 días laborables	1.500,00
Ing. Cesar Bastidas	Aerogenerador híbrido trifásico de 600w de salida, 12 V. tres Palas, cuerpo de hierro fundido.	Inmediata	1.000,00

Fuente: proformas adquiridas previo a la adquisición del equipo

Elaborado: Diego Barrera

1.12 Selección del sistema a ser implementado en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del Cantón Salcedo.

Basados en los costos y el tiempo de entrega presentados en los numerales anteriores se decide realizar el diseño del sistema de generación eólico tomando en cuenta las características del viento en el lugar por lo cual en el Cap.III se determinara el desarrollo del mismo.

CAPÍTULO II

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y METODOLOGÍA

2.1 Antecedentes históricos

El relleno sanitario de San Pedro de Jachaguango se creó con el objetivo de reducir el impacto ambiental generado por los desechos sólidos del cantón, dicho relleno empezó a funcionar a partir del año 2009, el mismo que se encuentra ubicado en el cantón Salcedo en la parroquia de San Miguel,

En dicho relleno se utiliza un sistema semimecanizado para la disposición final de los residuos sólidos tanto de las parroquias urbanas como rurales, los desechos son depositados en el suelo y posteriormente compactados y reducidos al menor volumen posible para disminuir el área de ocupación. Una vez colocados todos los desechos sólidos, estos son cubiertos con una capa de tierra y compactados nuevamente, hasta ocupar toda el área disponible, de esta manera se ayuda a reducir el impacto ambiental.

Para la ejecución de las actividades del relleno se toma en cuenta que estos deben ser manejados de manera efectiva para generar un bajo impacto en el medio en que se encuentra y evitando las molestias a la población durante las operaciones

2.2 Análisis de la infraestructura

El relleno sanitario de San Pedro de Jachaguango cuenta con una infraestructura adecuada para el correcto funcionamiento de sus actividades, cabe mencionar que utiliza un sistema semimecanizado, a continuación se describen algunas áreas con las que se cuenta

Dentro de las instalaciones fijas, para el Relleno Sanitario del Cantón Salcedo, existen áreas destinadas para la administración, arborización, servicios complementarios, para reciclaje en Compostaje, para Celda hospitalaria y desechos peligrosos.

Para evitar y controlar el acceso a personas, animales y para delinear los límites y cubrir al Relleno especialmente donde se encuentran los desechos peligrosos existe un cerramiento de malla, así como una cerca viva, a lo largo del lindero que colinda con la vía principal, con especies vegetativas propias de la zona, y una cerca o cerramiento interior de malla.

En toda el área del Relleno Sanitario y especialmente cercano a área de disposición de desechos no peligrosos, hospitalarios, se mantienen canales, cunetas de coronación etc. para la recolección de aguas de lluvias.

Se controla la difusión del gas natural a través de drenes construidos verticalmente en todo el relleno, para una extracción efectiva a través del drenaje pasivo es fundamental realizar una compactación adecuada y haber realizado una cobertura diaria eficiente, con ello se logra extraer entre 40 a 70% del gas natural. Para el drenaje pasivo, se ha definido la construcción de chimeneas verticales, con la utilización de malla de material granular mayor a 5 cm., de un diámetro de 60 cm. y ubicados a 20 m o 15 m.

De acuerdo a la experiencia que se tiene en rellenos sanitarios, el gas metano comienza a producirse a partir del segundo mes de operación, por lo que debe realizarse la combustión del mismo, con el fin de evitar la presencia de olores fuertes, y así mismo disminuir el riesgo de explosiones debido a la presencia de este gas, para ello se ha diseñado que sólo al final del dren vertical, se coloque tubería de hormigón, de diámetro 200 mm y se finalice cubierto al menos de un metro de material importado (tierra), que selle o confine el área del relleno sanitario.¹

Dentro del relleno sanitario se cuenta también con una casa de guardianía la misma que cuenta con todos los servicios básicos, en esta área se cuenta con tanque de tool que los abastece de agua potable.

¹ Informe de Auditoría

2.3 Diseño Metodológico

2.3.1 *Métodos de investigación*

Método analítico.- Este método permitió el estudio de los hechos y fenómenos separando sus elementos constitutivos para determinar su importancia, y la relación entre ellos; razón por la cual es indispensable conocer las necesidades del relleno sanitario en cuanto a energía se refiere

Método propositivo.-El método propone el uso de razones o pruebas lógicas que demuestran el conocimiento, porque aquí se da la solución al problema, el cual es dotar de energía eléctrica al relleno sanitario a través de la construcción de un pico generador de energía eólica.

Método inductivo.-Es el proceso que se basa en el razonamiento de casos particulares a generales, es decir desde la observación de los fenómenos hasta llegar a la realidad. Este método permite analizar las necesidades del relleno sanitario como fue la falta de energía eléctrica.

Método deductivo.-Es el proceso que parte de lo general a lo particular, por lo que se necesita toda clase de información como conceptos, definiciones, principios, objetivos, que permitan la implementación de un sistema de energía eólica adecuado para el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango.

2.3.2 *Modalidad de la investigación*

En el presente trabajo la modalidad de investigación utilizada es campo ya que el estudio de la problemática planteada se llevara a cabo en el lugar en el que se desarrollan los acontecimientos es decir en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango

2.3.3 Tipo de investigación

Los tipos de investigación utilizados fueron:

Descriptiva: Consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

La misma sirvió para evaluar, comprender, describir, e interpretar la situación actual de contar con energía eléctrica en el relleno sanitario, a través de la descripción de las actividades que se suministró la información y se estableció la corrección oportuna para que contribuyan al mejor desarrollo de energías alternativas.

Explicativa: La investigación adquiere una modalidad explicativa ya que aquí se busca establecer una relación causal; no sólo se busca describirse el problema, sino que intenta encontrar las causas que dieron origen al mismo en la presente investigación el problema constituye el no contar con energía eléctrica en el relleno sanitario de San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo.

2.3.4 Técnicas de investigación

Para recolectar información necesaria para el desarrollo del presente trabajo se utilizó como técnica de investigación las encuestas las mismas que fueron aplicadas al personal que labora en el departamento de Gestión Ambiental del GAD del Cantón Salcedo.

Encuestas.- Es un conjunto de preguntas previamente elaboradas que se aplican a la totalidad de la población o a una muestra con el objetivo de recolectar información sobre el objeto o tema de estudio.

En la presente investigación para la aplicación de las encuestas se utilizó un cuestionario estructurado de preguntas cerradas la cual se aplicó al personal que trabaja en

Departamento de Gestión Ambiental del GAD de Salcedo por ser quienes están directamente relacionados con el relleno Sanitario.

2.4 Población y muestra

Población.- Es un conjunto de elementos con características comunes el cual va a ser investigado.

Para la presente investigación se ha tomado como población a los 15 trabajadores del departamento de Gestión Ambiental del GAD del cantón Salcedo, los mismos que por ser una población pequeña no ha sido necesario calcular una muestra y se trabajó con la totalidad de la misma reduciendo el margen de error.

1) ¿En el Auditorio ecológico del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango cuenta con energías renovables?

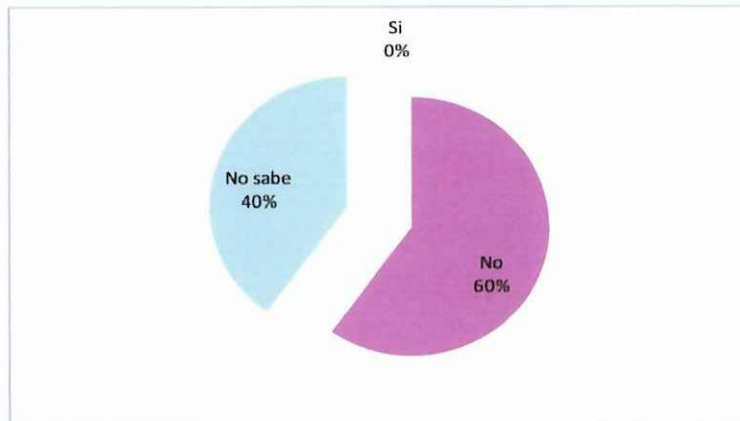
Tabla 12. ¿En el Auditorio ecológico del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango cuenta con energías renovables?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	9	60%
No sabe	6	40%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 10. ¿En el Auditorio ecológico del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango cuenta con energías renovables?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- Una vez realizada la encuesta al personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental se obtuvo la siguiente información: el 60% que equivale a 9 personas expresa que en el relleno sanitario no cuenta con energías renovables, mientras que el 40% restante menciona que desconocen.

Interpretación.- La mayor parte de investigados mencionan que en el relleno sanitario no existe energías renovables, lo cual dificulta la ejecución de las actividades para las personas que trabajan en dicho lugar porque al ser construido con botellas solo se beneficia de la luz solar, por lo tanto es de vital importancia dotar de este servicio para que no existan inconvenientes y se puedan desarrollar las actividades con seguridad y eficacia.

2) ¿Cree usted que es necesario que el Auditorio Ecológico del relleno sanitario cuente con una iluminación dotada por energías renovables?

Tabla 13. ¿Cree usted que es necesario que el Auditorio Ecológico del relleno sanitario cuente una iluminación dotada por de energías renovables?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	100%
No	0	0%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 11. ¿Cree usted que es necesario que el Auditorio Ecológico del relleno sanitario cuente una iluminación dotada por de energías renovables?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- El 100% de los encuestados expresan que es necesario que Auditorio Ecológico del relleno sanitario cuente con una iluminación que sea dotada por energías renovables.

Interpretación.- De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede observar que la totalidad de encuestados consideran como necesario e importante que el relleno sanitario cuente con una iluminación dotada por energías renovables.

3) **¿Considera usted que la implementación de iluminación en el Auditorio Ecológico del relleno sanitario permitirá, que las actividades nocturnas se realice con mayor seguridad y eficacia?**

Tabla 14. ¿Considera usted que la implementación de iluminación en el Auditorio Ecológico del relleno sanitario permitirá, que las actividades nocturnas se realice con mayor seguridad y eficacia?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	12	80%
No	3	20%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 12. ¿Considera usted que la implementación de iluminación en el Auditorio Ecológico del relleno sanitario permitirá, que las actividades nocturnas se realice con mayor seguridad y eficacia?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- El 80% de encuestados que representan a 12 personas expresan que la implementación de iluminación en el relleno sanitario ayudará a que los eventos nocturnos se desarrollen con mayor eficacia, mientras que el 20% que son 3 personas manifiestan que no influye.

Interpretación.- En concordancia con los resultados obtenidos se puede identificar que la mayoría de personas menciona que la iluminación es un factor importante para el mejor desempeño de las actividades nocturnas ya que se dejaría de depender de la energía solar y la energía eléctrica convencional.

4) ¿Considera usted que un sistema eólico puede sustituir la energía eléctrica convencional?

Tabla 15. ¿Considera usted que un sistema eólico puede sustituir la energía eléctrica convencional?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	60%
No	6	40%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 13. ¿Considera usted que un sistema eólico puede sustituir la energía eléctrica convencional?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- Una vez realizada la encuesta se identificó que el 60% correspondiente a 9 de ellos manifiestan que un sistema eólico si remplazaría el sistema eléctrico convencional y apenas un 40% es decir 6 personas expresa lo opuesto.

Interpretación.- El contar con un sistema eólico, ayudaría a aprovechar las fuentes primarias de energía que son renovables y no contaminantes, manejando los procesos de producción y estilos de vida más económicos energéticamente y menos destructivos del medio ambiente.

5) ¿Considera factible dotar de iluminación al relleno sanitario San Pedro de Jachaguango a través de la creación de un pico generador eólico?

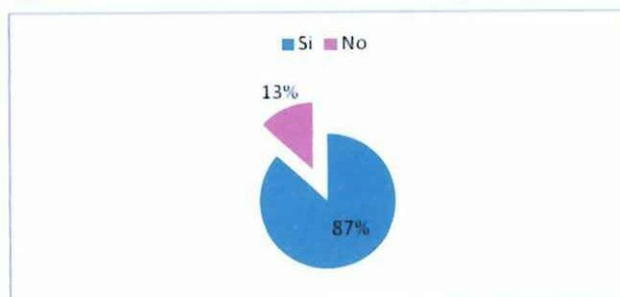
Tabla 16. ¿Considera factible dotar de iluminación al relleno sanitario San Pedro de Jachaguango a través de la creación de un pico generador eólico?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	87%
No	2	13%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 14. ¿Considera factible dotar de iluminación al relleno sanitario San Pedro de Jachaguango a través de la creación de un pico generador eólico?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- El 87% de los encuestados que corresponde a 13 personas consideran factible la implementación de iluminación a través de un pico generador eólico, el 13% que son 2 personas no consideran factible dicha alternativa.

Interpretación.- De acuerdo con el análisis de la pregunta se puede observar que la mayor parte de los encuestados consideran factible la implementación de un pico generador de energía eólica como medio para dotar de iluminación al relleno, ya que se cuenta con uno de los recursos como es el viento que es de vital importancia para el funcionamiento del aerogenerador.

6) ¿Considera usted a través de la construcción de un pico generador eólico en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo se reducirá el impacto ambiental?

Tabla 17. ¿Considera usted a través de la construcción de un pico generador eólico en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo se reducirá el impacto ambiental?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	100%
No	0	0%
Total	15	100%

Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 15. ¿Considera usted a través de la construcción de un pico generador eólico en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo se reducirá el impacto ambiental?



Fuente: Personal que labora en el Departamento de Gestión Ambiental.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Análisis.- El 100% de los encuestados manifiestan que a través de la creación de un pico generador eólico si se podrá reducir el impacto ambiental de la zona, ya que se utilizan recursos naturales para su funcionamiento.

Interpretación.- El contar con un pico generador eólico permitirá dotar de energía al relleno sanitario permitiendo que se desarrollen las actividades con eficiencia, además de ser una alternativa amigable con el medio ambiente ya que se utilizan recursos renovables y no contaminantes para su generación.

2.5 Conclusiones.

- Es importante que el relleno sanitario cuente con todos los servicios necesarios como el alumbrado eléctrico para que se puedan desarrollar las actividades con total normalidad brindando seguridad a los trabajadores y a la vez generando que las operaciones se realicen con eficacia para a que los usuarios estén satisfechos con el servicio.

- En la actualidad se debe buscar alternativas para el uso de recursos renovables que eviten la contaminación del medio ambiente, como por ejemplo sustituir la energía tradicional por energía eólica que es amigable con el ambiente y permite a los diversos sectores tener procesos de producción y estilos de vida más económicos.
- A través de la investigación se pudo identificar que la mayor parte del personal está de acuerdo con dotar de energía al relleno sanitario a través de la creación de un pico generador eólico ya que esto ayudara a reducir el impacto ambiental del sector.

2.6 Recomendaciones

- Es recomendable dotar de los recursos necesarios a los trabajadores del relleno para que de esta manera puedan desarrollar sus actividades con normalidad y con eficacia, generando satisfacción en los usuarios de estos servicios.
- Se recomienda desarrollar un pico generador eólico en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango para dotar de energía al mismo, puesto que es una alternativa amigable con el medio ambiente que utiliza recursos renovables y no que no generan contaminación en el sector en el que se implemente, además de ser un recurso necesario para que los trabajadores puedan desarrollar sus actividades con seguridad.
- Se recomienda que una vez creado el pico generador de eólico se dé un correcto mantenimiento para evitar daños en el mismo y futuros inconvenientes con la energía.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

El proyecto está basado en el diseño y construcción de un pico generador eólico con imanes permanentes, de tres palas, un rotor con un número impar de palas (como mínimo tres), puede ser considerado como un disco a la hora de calcular las propiedades dinámicas de la máquina. Un rotor con un número par de palas puede dar problemas de estabilidad en una máquina que tenga una estructura rígida, la razón es que en el preciso instante en que la pala más alta se flexiona hacia atrás, debido a que obtiene la máxima potencia del viento, la pala más baja pasa por la sombra del viento de frente de la torre.

Para el dimensionamiento del pico generador eólico fue preciso valorar los siguientes parámetros:

- En el lugar donde se implementó el proyecto, fue necesario tener en cuenta la que no existan obstáculos que interfieran y alteren el ecosistema.
- Contar con un estudio real de la velocidad del viento (m/s) en el sector con el fin de obtener promedios relevantes de dicha característica en zona de afectación del proyecto. Para la obtención de este parámetro se tuvo que realizar la toma de datos empleando un anemómetro por el tiempo de un año, plazo necesario para obtener información confiable para el diseño del aerogenerador.

3.1 Justificación de la propuesta.

El aspecto principal para plantear este tema fue la ausencia de una red de distribución de energía eléctrica y la necesidad de buscar fuentes alternativas eco-amigables para la satisfacción de dicha demanda en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo.

Para el dimensionamiento de un generador eólico fue necesario realizar un estudio del potencial eólico para verificar mediante el uso de instrumentos especiales la velocidad, dirección y consistencia del viento.

Durante el año que se empleó para la toma de los datos, la Empresa Eléctrica Cotopaxi “ELEPCO S.A.” por medio de sus proyectos FERUM y bajo la petición del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Salcedo construyó la red de medio voltaje para la dotación de energía eléctrica en el sector donde se encuentra el relleno sanitario debido a la necesidad inmediata del servicio.

Otros aspectos que limitaron la implementación de un sistema de generación eólico fue la importación de equipos de generaciones eólicas, que se encuentra grabada en la partida arancelaria 8502310000-0000, del arancel nacional, donde se encuentran clasificados todos “GRUPOS ELECTRÓGENOS Y CONVERTIDORES ROTATIVOS ELÉCTRICOS DE ENERGÍA EÓLICA”, que para su importación graban arancel cero sin restricción de algún tipo.

El costo de importación de un equipo de generación es más conveniente, comparado con la adquisición de sus partes y piezas, ya que para obtener los mejores precios y calidad de las mencionadas partes es necesario comprarlo en diferentes fábricas e incluso países.

El tiempo de construcción de un pico generador eólico con las técnicas utilizadas en el país sumado al tiempo de importación para partes fundamentales como las hélices y los imanes permanentes, es de aproximadamente de un año incluyendo las correcciones que se realiza durante la fase de pruebas; Mientras que la importación de un equipo armado es aproximadamente treinta días.

Considerando los aspectos mencionados anteriormente las variables planteadas al inicio de la tesis cambiaron debido a que el servicio eléctrico ya fue dotado, pero era necesario que esta investigación cumpla con energía limpia, y así, dotar al Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo, alinearse a la cuarta ética implementada por el Gobierno Nacional en lo referente al medio “AMBIENTE”, el cual dicta que: “las organizaciones

deben cumplir con la legislación ambiental vigente, gestionar acciones conjuntamente con las partes interesadas para minimizar los impactos ambientales manejando adecuadamente los residuos que generan sus acciones, y minimizando el consumo de recursos naturales”.

Por lo tanto, se consideró utilizar de alguna manera la información obtenida durante el año y aprovechar el gran potencial eólico existente en la zona mediante la implementación de un generador eólico para abastecer la demanda de iluminación del Auditorio Ecológico que se encuentra dentro del relleno sanitario.

Es importante mencionar que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Salcedo es uno de los pioneros en el manejo ambiental de rellenos sanitarios y qué mejor manera con la implementación de energías alternativas.

Tomando en consideración los antecedentes presentados se determina que la compra de un equipo de generación eólica es más conveniente y viable que la construcción del mismo, ya que el presente estudio demostró que el potencial eólico puede ser aprovechado con la implementación de más aerogeneradores de mayor potencia o en su defecto incorporándolos a estos en escala.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta es el costo de la implementación de un sistema eólico, para lo cual se realizó una pequeña comparación del costo en Kw instalado tomando en cuenta los datos obtenidos por el constructor de la línea de medio voltaje que alimenta al relleno sanitario y el proyecto eólico vigente.

El costo de implementación de la red eléctrica fue de 35.000,00 dólares americanos con un transformador de 75 KVA y un factor de potencia de 0,8 acorde a las proformas planteadas por el constructor el costo de Kw es de 583,00 [dólares/kw], comparada a la implementación del pico generador eólico que fue de 2.987,54 dólares americanos y con una potencia de 600w y el costo de Kw es de 4979.00 [dólares/kw].

Estos antecedentes demuestran que por la necesidad inmediata del servicio fue más factible la construcción de la red eléctrica, pero es necesario el aprovechamiento del potencial del viento del sector por lo cual se instaló un sistema eólico de 600w de potencia.

3.2 Velocidades del viento tomadas en el Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango.

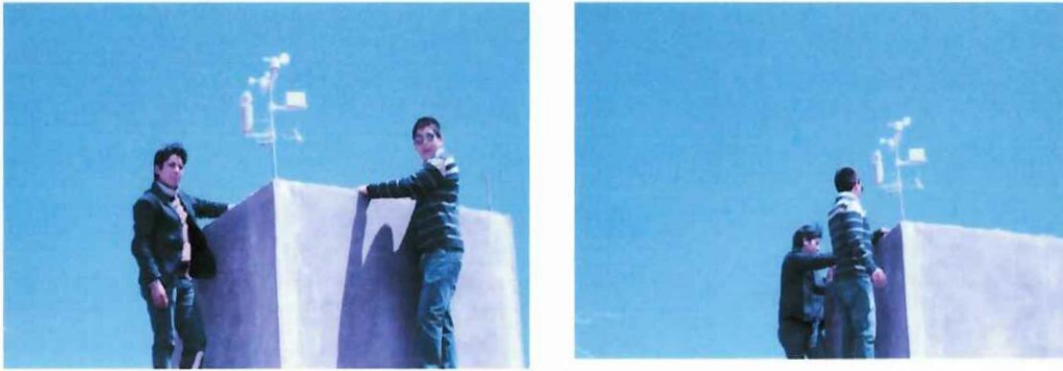
La información que se tomó de la velocidad del viento fue en base a un instrumento de medición llamado anemómetro de marca Earsly, Grafico 13, a una altura de ocho metros, este equipo mide la velocidad y dirección del viento, humedad y densidad del aire.

Los datos fueron recopilados cada catorce días durante los 365 días del año que duró el muestreo, el equipo mencionado tiene un software el cual nos permite descargar dicha información, este toma datos cada 3 minutos o el instante de una precipitación del viento.

En la inspección de campo se observó que no existe obstáculo alguno en el flujo y de acuerdo a la planificación de crecimiento del relleno sanitario no se construirá alguno para la circulación del viento.

Gráfico 16. Instalación del Anemómetro





Elaborado por: DIEGO BARRERA

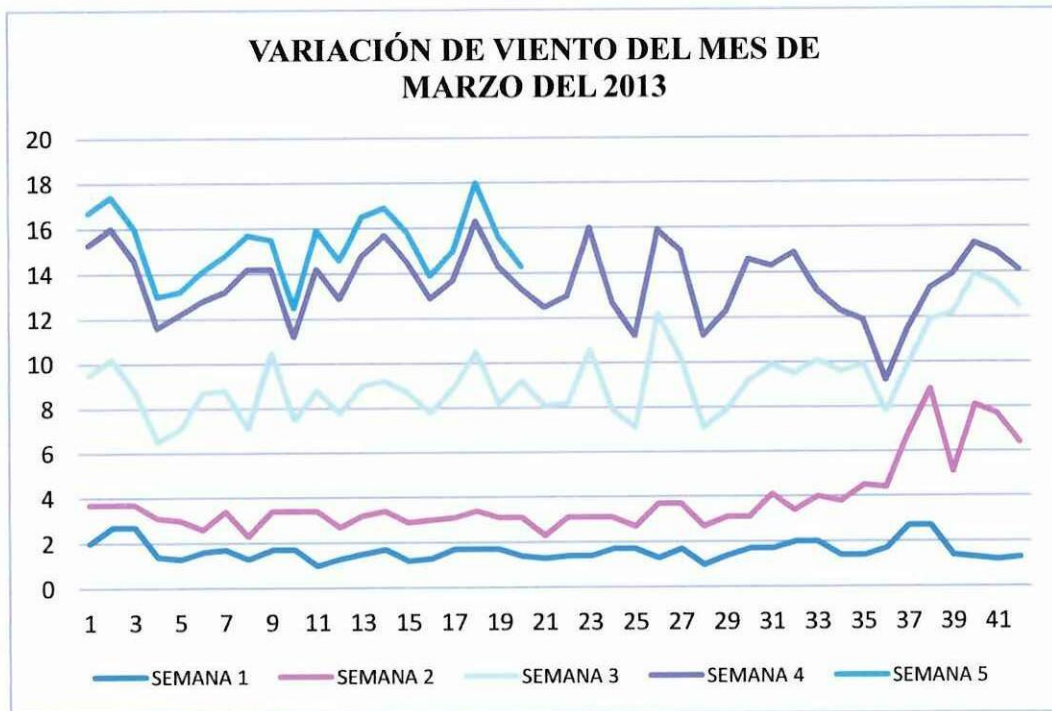
Las mediciones fueron realizadas en forma continua desde junio del 2012 hasta abril del 2013, las 24 horas del día, se puede observar en el mes de marzo y abril del 2013 que la velocidad del viento promedio entre el valor máximo y mínimo son de 7,9 y 7,7 m/s respectivamente, por cuanto en estos meses estamos en época de verano y los vientos son más fuertes, como se observa en la Tabla 18 y Gráfico 17 y la Tabla 19 y Gráfico 18 respectivamente. La valorización de las velocidades de viento obtenidas durante un año se pueden observar en el anexo tabla 1 a 12.

Tabla 18. Velocidad de viento del mes de Marzo del 2013

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,85
Máx.	9,5
Mín.	6,2

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 17. Velocidad de viento del mes de Marzo del 2013



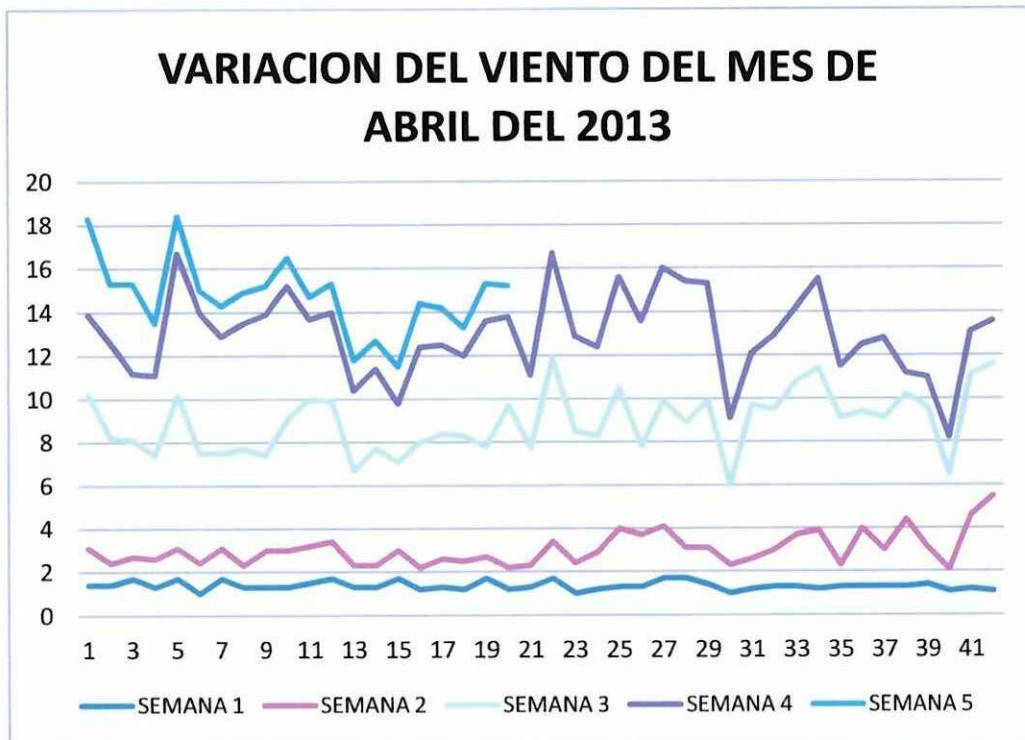
Elaborado por: DIEGO BARRERA

Tabla 19. Velocidad del viento del mes de Abril del 2013

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,7
Máx.	8,5
Mín.	6,9

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 18. Velocidad del viento del mes de Abril del 2013



Elaborado por: DIEGO BARRERA

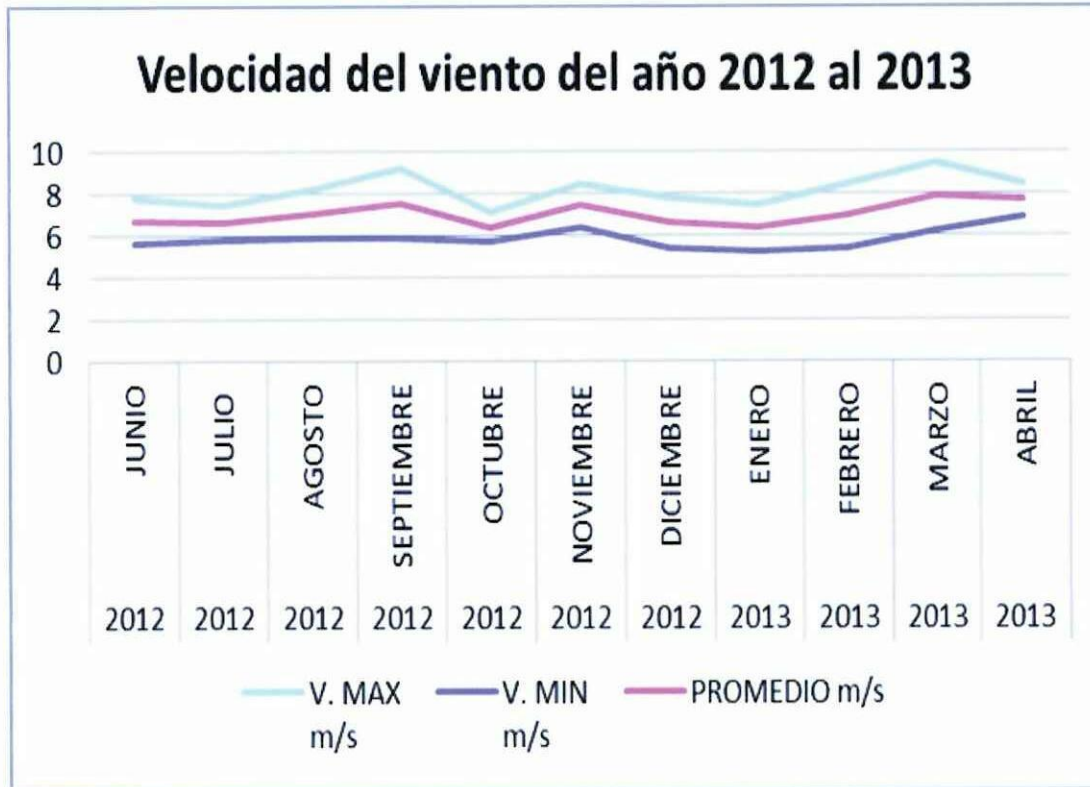
Los valores mínimos, máximos de la velocidad del viento se puede observar en el Tabla 20 y Gráfico 19 en la cual nos indica un promedio de viento que va desde 6,4 a 7,9 todo el año.

Tabla 20. Valores de la velocidad del viento en el año 2012 al 2013

AÑO	MES	V. MAX m/s	V. MIN m/s	PROMEDIO m/s
2012	JUNIO	7,8	5,6	6,7
2012	JULIO	7,5	5,8	6,7
2012	AGOSTO	8,2	5,9	7,1
2012	SEPTIEMBRE	9,2	5,9	7,6
2012	OCTUBRE	7,1	5,7	6,4
2012	NOVIEMBRE	8,5	6,4	7,5
2012	DICIEMBRE	7,8	5,4	6,6
2013	ENERO	7,5	5,2	6,4
2013	FEBRERO	8,5	5,4	7,0
2013	MARZO	9,5	6,2	7,9
2013	ABRIL	8,5	6,9	7,7
PROMEDIO GENERAL				7,0

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 19. Valores de la velocidad del viento en el año 2012 al 2013



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.3 Características de la pala del rotor de un aerogenerador a montar

- Resistencia estructural.- Capaces de soportar cargas máximas permisibles que puedan ocurrir durante la vida útil de la máquina sin causar daños.
- Resistencia a la fatiga.- Capaces de soportar las cargas de fatiga durante el funcionamiento de la máquina.
- Rigidez.- Rigidez mayor que la mínima necesaria para evitar inestabilidades.
- Peso.- Debe ser mínimo para evitar las cargas de tipo inercial y gravitatorio sobre los diversos componentes de la máquina, el valor es de 946.00 kg/m^3 .
- Fabricación.- Facilidad de fabricación que requiere técnicas y materiales adaptado a

la maquinaria y tecnología existente en el medio.

- Resistencia a los medios ambientales.- Resistencia a la corrosión en ambientes húmedos y a la degradación por la radiación solar.
- Minimizar la emisión de ruido acústico.- Diseño encaminado a producir el mínimo impacto acústico para facilitar la instalación de estos sistemas cerca de sitios habitados.

El material empleado para la construcción de las palas de este aerogenerador es de polipropileno, puesto que este material está siendo últimamente utilizado en la construcción de aerogeneradores de pequeño tamaño, ya que posee indudables ventajas como son: su baja densidad, alta disponibilidad en el mercado, buenas características de fatiga, bajo coste y fácil mecanizado. Tabla 21.

Tabla 21. Materiales del aerogenerador

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES	PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	0.91	CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.48
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	300 / –	TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	80 / 120	TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			0 a 100
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	230	TEMP. DE FUSION	°C			160
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE	COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00018
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	600	COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.19

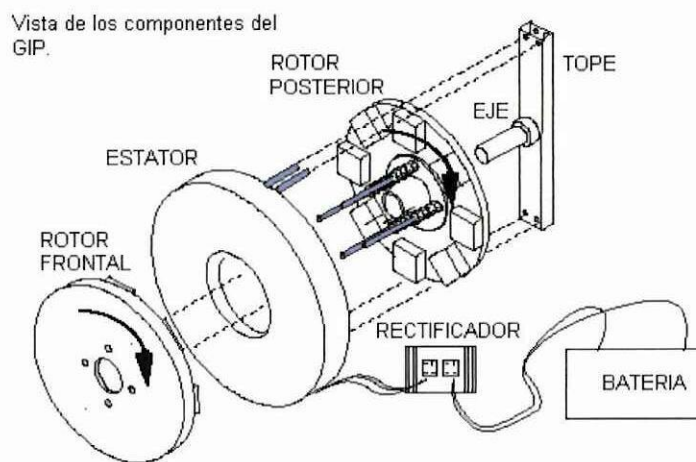
Fuente: Descripción de materiales, catalogo del aerogenerador.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.4 Principio de funcionamiento.

En un generador eólico, el flujo magnético pasa por las bobinas en dirección paralela al eje de la máquina. Se compone de un rotor frontal, un estator y un rotor posterior. Ambos rotores están unidos por un eje longitudinal. La disposición de estas partes del Aerogenerador se puede apreciar en el Gráfico N° 20.

Gráfico 20. Estructura de un Aerogenerador de Imanes Permanentes



Fuente: Diseño de aerogenerador con imanes permanentes para ampliaciones en electrificación rural.

Elaborado por: DIEGO BARRERA

El estator contiene bobinas de alambre de cobre, en las cuales se induce el voltaje producto del flujo variable que produce el campo magnético de los imanes permanentes ubicados en los rotores frontal y posterior. El estator está montado en una base fija, inmóvil.

Los imanes permanentes se ubican de forma tal que el flujo magnético pasa de un rotor a otro, cruzando a través de las bobinas del estator, mientras el eje del rotor gira; se induce así el voltaje sinusoidal en los terminales de las bobinas.

3.4.1 Potencia del aerogenerador

La máxima potencia generada por el viento, ya sea con un molino de viento o un aerogenerador con tecnología de punta, se calcula con la ecuación [Ec. 1], que tiene en cuenta todas las pérdidas aerodinámicas, mecánicas y eléctricas de la máquina.²

[Ec.1]

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

Dónde:

P es la potencia expresada en vatios [W]

D es el diámetro 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 tenemos (a 3m/s):

[Ec.2]

$$P = 0,15 \cdot 3,592 \cdot 3\text{m/s}^3$$

$$P = 52,16(\text{W})$$

$$P = 0,05216(\text{KW})$$

Remplazando tenemos (a 4m/s):

[Ec.3]

$$P = 0,15 \cdot 3,592 \cdot 4\text{m/s}^3$$

$$P = 123,64(\text{W})$$

$$P = 0,12364(\text{KW})$$

² "Formula basada en el libro Autor de "Kleine Windräder"

Remplazando tenemos (a 5m/s):

[Ec. 4]

$$P = 0,15 \cdot 3.592 \cdot 5\text{m/s}^3$$

$$P = 241.5(\text{W})$$

$$P = 0,2415(\text{KW})$$

Remplazando tenemos (a 6m/s):

[Ec.5]

$$P = 0,15 \cdot 3.592 \cdot 6\text{m/s}^3$$

$$P = 417.31(\text{W})$$

$$P = 0,41731(\text{KW})$$

Remplazando tenemos (a 7m/s):

[Ec. 6]

$$P = 0,15 \cdot 3.592 \cdot 7\text{m/s}^3$$

$$P = 662.67(\text{W})$$

$$P = 0,66267(\text{KW})$$

- 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.

3.4.2 Cálculo del diámetro del rotor.

Se obtiene a partir de la ecuación de potencia de la turbina eólica:³

[Ec. 7]

$$d = \sqrt{\frac{8 \times P}{\pi \times p \times v^3 \times C_p \times n_e \times n_t}}$$

Dónde:

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

P: Potencia de diseño del aerogenerador (W)

p: Densidad del aire, (1,23 kg/m³)

V: Velocidad del viento (m/s)

A: Área barrida por la turbina (m²)

C_p: Coeficiente de potencia (dimensional)

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

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

Reemplazando tenemos:

[Ec.8]

$$d = \sqrt{\frac{8 \times 600}{\pi \times 1.23 \text{ kg/m}^3 \times (7.0 \text{ m/s})^3 \times 0.80 \times 0.35}}$$

³ "Formula basada en el libro RICARDO A. BASTIANON EDICION 2008 "

$$d = \sqrt{\frac{4.800}{371.11}}$$

$$d = \sqrt{12.93}$$

$$d = 3.59$$

3.4.3 Número de revoluciones por minuto de una Eólica

La ecuación Ec.21 es la determinada para calcular el número de revoluciones por minuto de una eólica:⁴

[Ec.9]

$$N = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot V_D}{\pi \cdot d} \right)$$

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 7.
- **v** es la velocidad del viento en **metros por segundo [m/s]**.
- **D** es el diámetro de la eólica en **metros [m]**.

⁴ "Formula basada en el libro Autor de "Kleine Windräder"

Remplazando tenemos (a 3m/s):

[Ec. 10]

$$n = \frac{(60 \cdot \lambda \cdot v)}{(\pi \cdot D)}$$

$$n = \frac{(60 \cdot 7 \cdot 3)}{(\pi \cdot 3,59)}$$

$$n = \frac{1260}{11,28}$$

$$n = 111,70 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

Remplazando tenemos (a 4m/s):

[Ec. 11]

$$n = \frac{(60 \cdot \lambda \cdot v)}{(\pi \cdot D)}$$

$$n = \frac{(60 \cdot 7 \cdot 4)}{(\pi \cdot 3,59)}$$

$$n = \frac{1680}{11,28}$$

$$n = 148,94 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

Remplazando tenemos (a 5m/s):

[Ec. 12]

$$n = \frac{(60 \cdot \lambda \cdot v)}{(\pi \cdot D)}$$

$$n = \frac{(60 \cdot 7 \cdot 5)}{(\pi \cdot 3,59)}$$

$$n = \frac{2100}{11,28}$$

$$n = 186,17 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

Remplazando tenemos (a 6m/s):

[Ec. 13]

$$n = \frac{(60 \cdot \lambda \cdot v)}{(\pi \cdot D)}$$

$$n = \frac{(60 \cdot 7 \cdot 6)}{(\pi \cdot 3,59)}$$

$$n = \frac{2520}{11,28}$$

$$n = 223,40 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

Remplazando tenemos (a 7m/s):

[Ec. 14]

$$n = \frac{(60 \cdot \lambda \cdot v)}{(\pi \cdot D)}$$

$$n = \frac{(60 \cdot 7 \cdot 7)}{(\pi \cdot 3,59)}$$

$$n = \frac{2940}{11,28}$$

$$n = 260,64 \text{ rpm (revoluciones por minuto)}$$

- Un mayor número de palas no aumenta necesariamente la velocidad de giro, pero si el rendimiento de la eólica. A más diámetro menor velocidad de giro.

3.4.3.1 Conexión en doble-estrella.

La conexión elegida para el aerogenerador del presente proyecto es:

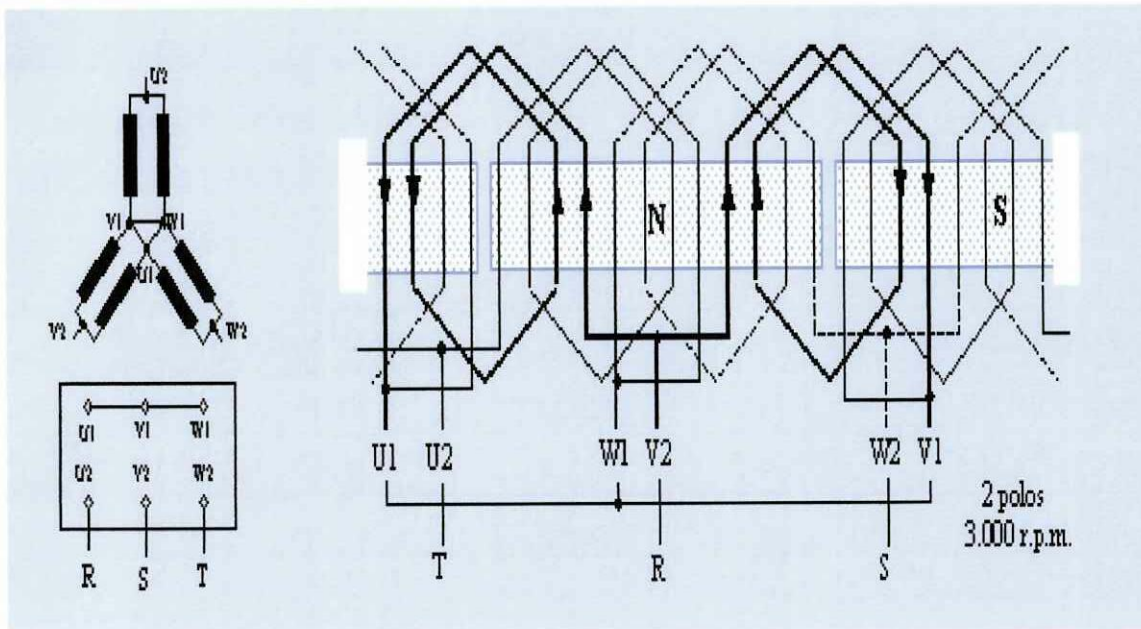
- Conexión Doble-Estrella.



Para la operación en bajo voltaje, éstos se conectan en paralelo; para la operación en alto voltaje, se conectan en serie

Se eligió esta conexión debido a que es la ideal para trabajar y producir electricidad a velocidades bajas. Gráfico 21

Gráfico 21. Conexión doble estrella de las bobinas



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Esta conexión es la más económica para generadores de pequeña potencia. “Si una fase en cualquier bobinado funciona defectuosa, las dos fases restantes pueden funcionar resultando un generador monofásica. La carga que podría suministrar sería del 58% de la potencia normal trifásica”. Basado en el libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos del autor Gilberto Enríquez Harper.

Las 3 fases existentes son:

- Bobinas 1 y 4 en fase, bobinas 2 y 5 en fase, y bobinas 3 y 6 en fase. La explicación es geométrica y se debe a que las bobinas opuestas sufren variaciones de campo magnético iguales en el tiempo.

Así pues en esta conexión se tiene que la bobina 1 está conectada en paralelo con la 4, la 2 en paralelo con la 5, la 3 en paralelo con la 6, y estas tres ramas que se obtienen se conectan en estrella a los 2 rectificadores.

3.4.1 Selección del conductor.

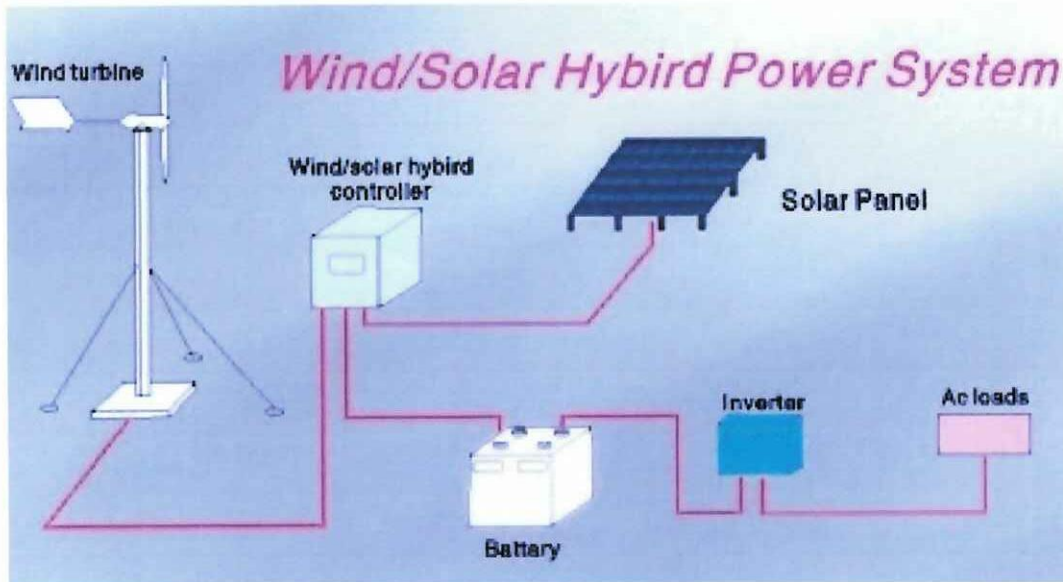
Para este tipo de aplicaciones es necesario usar un conductor cuyas pérdidas sean mínimas, siendo el conductor de cobre multifilar el más recomendable para este tipo de aplicaciones, ya que es suficientemente flexible para la manipulación en áreas inaccesibles, a diferencia del conductor de aluminio que presenta menor resistencia al flujo de la corriente, para este caso se ha elegido utilizar el cable de cobre flexible N° 10AWG.

Se determinó según característica del aerogenerador con potencia máxima de 600w y un voltaje generado variable de 12v a 30v en AC un amperaje máximo de 40 amp., para lo cual, según capacidades de conducción de calibres dado en catálogos y especificaciones de calibres, el más adecuado es el conductor # 10 TW de capacidad 50 amp., A temperatura ambiente.

3.4.2 Sistema de conversión de AC a DC.

Un convertidor es un dispositivo que rectifica y corrige la onda de voltaje alterno para obtener un voltaje continuo. En nuestro caso se utilizó un puente de diodos rectificadores. Su función fue la de transformar la corriente que sale del generador de imanes permanentes de forma alterna-monofásica en corriente continua. Gráfico 22.

Gráfico 22. Esquema del Sistema de Inversión de 12V DC a 110V AC de un Aerogenerador.



Elaborado por: DIEGO BARRERA

A continuación se detalla los pasos a seguir para realizar la conexión del rectificador o diodos.

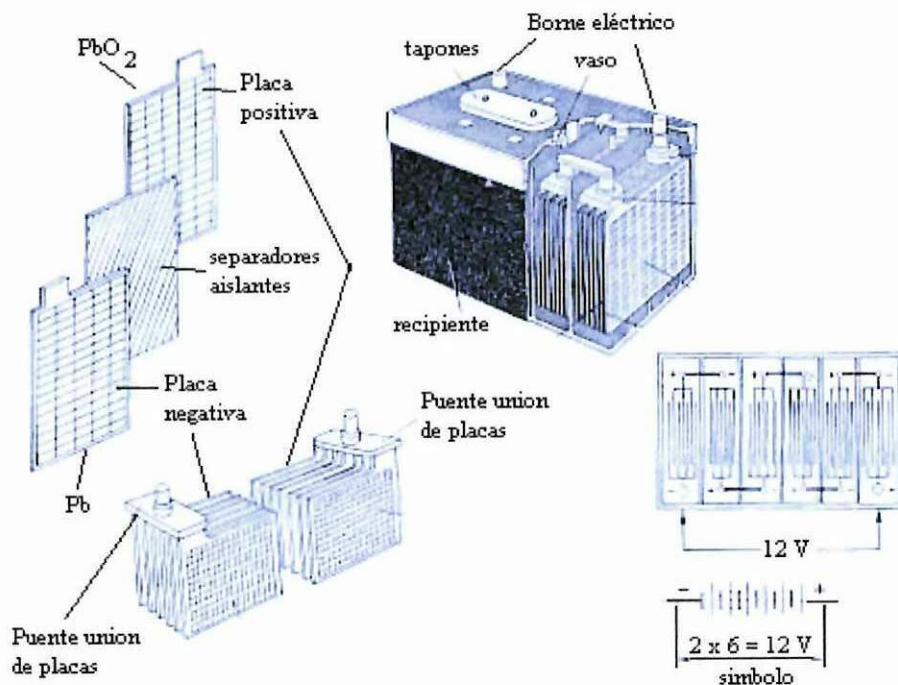
- Hay que conectar cada línea a la bornera que se encuentra dentro de la caja de conexiones, siempre respetando el color o numeración respectiva de los cables.
- Tomando en cuenta que el puente de diodos tiene cuatro terminales dos AC, un positivo y otro negativo, se conecta las dos líneas que vienen del generador a los terminales AC, que se encuentran opuestos entre sí.
- La tercera línea que viene del generador debe ir conectada a un terminal AC del otro diodo.
- Del terminal positivo del puente de diodos debe salir un cable y unirse a la bornera positiva que va a la batería.

- Del terminal negativo del puente de diodos debe salir un cable y unirse a la bornera, negativa que va a la batería.

3.4.3 Sistema de almacenamiento de energía.

La batería es, una pila capaz de cargarse de electricidad cuando es atravesada por una corriente eléctrica continua. Este acumulador consta de bornes eléctricos, tapones, baso, recipiente, puente unión de placas, una placa positiva y otra negativa, separadores aislantes y un puente de unión de placas, como se muestra en el Gráfico 23.

Gráfico 23. Esquema de una Batería



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.4.3.1 Baterías que se utilizó para el almacenamiento de la energía eléctrica.

Para el Pico Generador se usó un banco de dos baterías estacionarias, las cuales están formadas por láminas de plomo, en su interior bañadas con líquido electrolítico que

generan movimientos de los electrones de placa a placa dando una polaridad de los bornes de positivo y negativo, ya que este tipo de acumuladores está elaborado pensando en aplicaciones de electrificación, donde se almacena la energía generada en el momento del funcionamiento del generador eólico. La conexión de las baterías será en paralelo, cada una con un voltaje de 12 V y un voltaje de flotación de 13,4 V. Como se muestra en el Gráfico 24.

Gráfico 24. Batería



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.4.4 Selección del Inversor.

La función del inversor DC/AC es la de transformar la voltaje DC de salida del banco de baterías en voltaje AC. Típicamente, un inversor es un conjunto de interruptores de potencia con cierre coordinado según una estrategia de control.

Hay que mencionar que todos los instrumentos y aparatos eléctricos y electrónicos funcionan al máximo de capacidad a nivel del mar, pero está disminuye un porcentaje dependiendo de la altura.

El inversor seleccionado tiene las siguientes características y especificaciones.

Max. Continuous Power:	500 Watt
Surge Capability (Peak Power):	1000Watt
No load Current Draw:	≥ 11.0 W DC
Wave form:	Modified Sine Wave
Input Voltage :	12.8 W
Output voltage:	Aprox. 115 W AC RMS 60 Hz
Fuse:	Internal/DC Accessory Plug: 10Amps
Thermal Shutdwn:	Automatic

3.4.4.1 Calculo para determinar la potencia del inversor

En este caso se realizada con la siguiente ecuación [Ec.15].⁵

[Ec. 15]

$$P_{cc} = I \times V \times f_c$$

Dónde:

P_{cc} = Potencia de cortocircuito

F_c = Factor de corrección

Remplazando tenemos:

$$P_{cc} = 12,96 \times 120 \times 1,15$$

$$P_{cc} = 408w$$

⁵ Formula extraida del libro electrónica de potencia autor Rashid

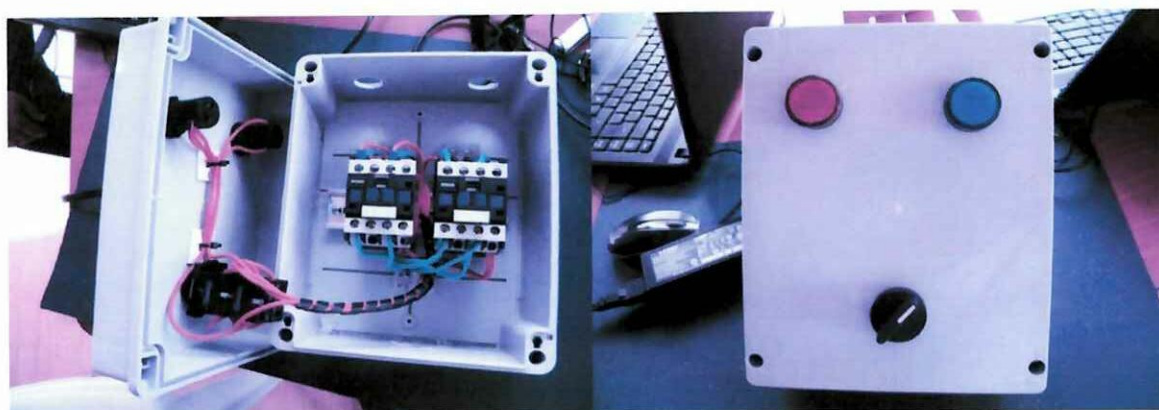
3.4.5 Sistema de Conmutación.

El sistema de conmutación debe ser capaz de alternar entre la energía subintrada por el generador eólico y el sistema de distribución nacional.

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo: cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable: cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

En este caso se usó dos contactores de 9A a 110 V con el fin de realizar una transferencia de energía, el primer contactor está dispuesto para la toma de energía que proporciona la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi "ELEPCO S.A." mientras que el segundo contactor suministrara energía generada por el pico generador eólico, el mando de dicha transferencia se realiza por medio de un selector de tres posiciones y con dos indicadores de luz piloto, el esquema de la instalación se detalla en el anexo gráfico 25, 26 y 27.

Gráfico 25. Contactores



Elaborado por: DIEGO BARRERA

El procedimiento inicial para el cálculo del amperaje que se da para designar un contactor se lo realiza con la siguiente ecuación [Ec.16].⁶

[Ec.16]

$$I = \frac{P(w)}{V \times f_p}$$

Dónde:

I= corriente

P(w)= potencia en vatios

V= voltaje

F_p= factor de potencia

Remplazando tenemos:

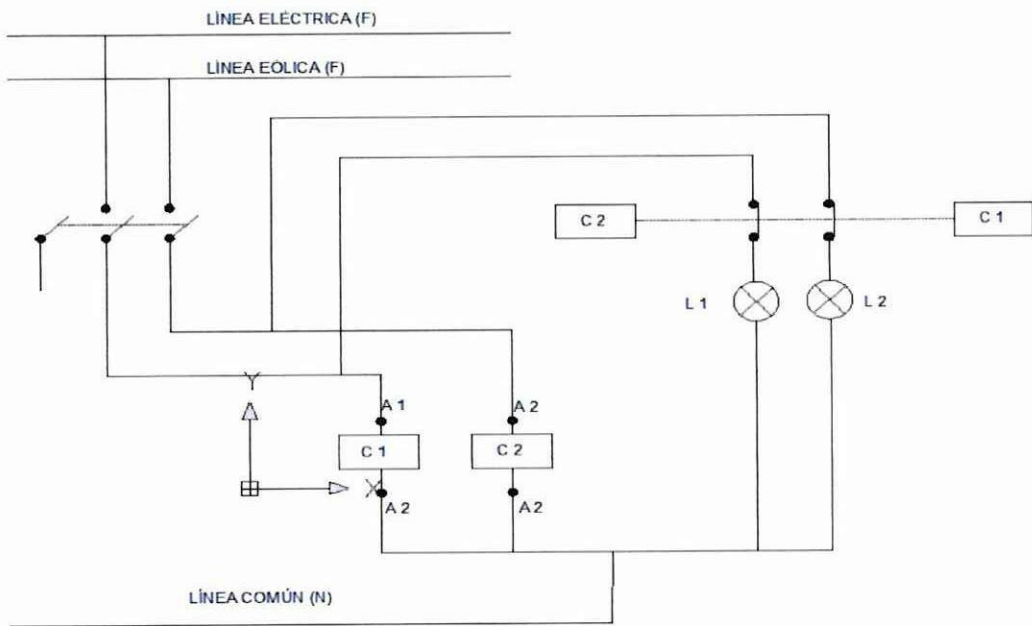
$$I = \frac{600w}{110v(AC) \times 0,8}$$

$$I = 6,81amp$$

- Como contactores de 7 amperios no existe en el mercado se colocara el inmediato superior que es de 9 amperios.

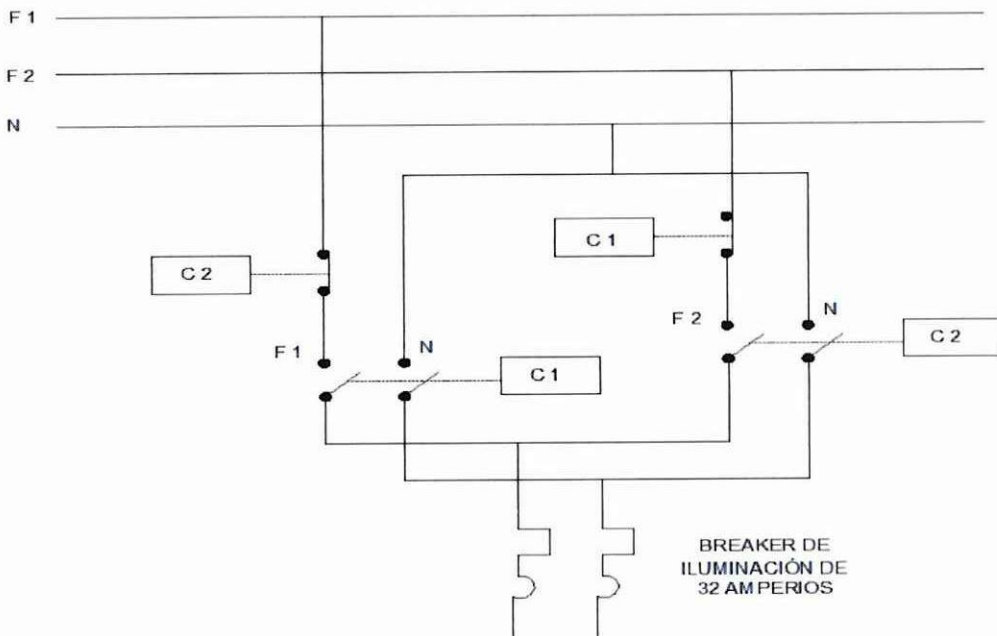
⁶ Fórmula basada en el libro de Mantenimiento industrial- nomotica autor HARDLI BRETYN

Gráfico 26. Esquema de mando de los contactores



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 27. Esquema de potencia de los contactores



Elaborado por: DIEGO BARRERA

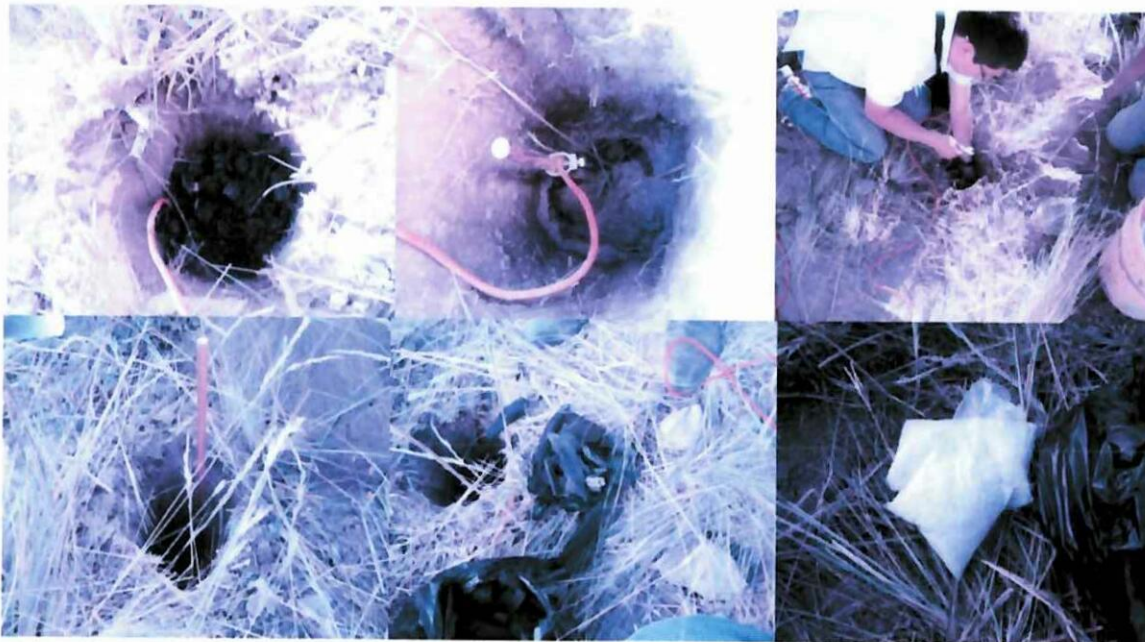
3.4.6 Puesta a tierra

La toma de tierra, permite la desviación de corrientes de falla o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

La puesta a tierra se utiliza una varilla cooperwell de 1.20m, con un diámetro de 5/16 y de 0.8 micras de espesor de cobre esmaltado, un conector 5/16 para la sujeción del cable la varilla a tierra, chocoto o tierra negra.

Con los materiales anteriormente indicados se ubicó a 1m del poste un surco de 5" y de profundidad 1m. Se procedió a enterrar la varilla, luego se procede a unir el conector con el cable y la varilla, luego rellenamos el surco con la tierra negra con el fin de obtener de 0.9 a 1 Ω /m (ohmio/metro) de alisamiento de resistencia de la varilla. Gráfico 28.

Gráfico 28. Conexión Puesta a Tierra



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.4.7 Selección del sistema de izaje para el Pico Generador Eólico.

Su función es mantener el equipo en la altura adecuada. Dicho sistema debe tolerar el peso del aerogenerador las fuerzas producidas por los vientos sin sufrir deformaciones o llegar a su colapso.

Se determinó una altura de 11 metros con el fin de obtener mayor velocidad del viento. Una vez que se determinó la altura, se procedió a seleccionar el material de construcción.

Se tomó como referencia dos opciones para el diseño de la torre del Pico Generador Eólico:

1. Mástil para instalación de equipo con una longitud total de 12 metros de altura, una base de 1.5 metros fabricado en hierro galvanizado y con un diámetro de 4”.
2. Un poste de hormigón de 9 metros de 350Kg más un acople de tubería de acero G40 con un diámetro de 4”de 3.20 metros de altura.

Considerando el valor en dólares se optó por el poste de hormigón de 9 metros de 350Kg más un acople de tubería de acero cedula G40 con un diámetro de 4”de 3,20 metros de altura.

Con el fin de enterrar el poste 1.20 metros según las guías de diseño de la empresa eléctrica provincial Cotopaxi “ELEPCO S.A.”, dejando libre 11 metros necesarios para la instalación del equipo, con la ayuda de una grúa mecánica. Se muestra en el Gráfico 29 el acople con el poste.

Gráfico 29. Poste de hormigón de 9 metros más el acople de acero G40



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Los postes de hormigón utilizados en las instalaciones de redes eléctricas ofrecen dichas características por lo cual se seleccionó este como base del sistema de sujeción como se puede ver en el Gráfico 30.

Gráfico 30. Poste de 9 metros de 350 Kg



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Adicionalmente tenemos una extensión basado en tubería de acero negro cedula 40 (espesor de la pared de 3.68 mm) el cual nos ayudara a alcanzar la altitud deseada para la ubicación del Pico Generador Eólico, esta extensión consta de dos abrazaderas forjadas en acero con pernos de 3".

Para la sujeción del equipo al sistema de izaje se construye un acople de acero negro el cual consta de un sistema de sujeción antideslizantes (prisioneros) que sostendrá al equipo estable. Como se muestra en el Gráfico 31.

Gráfico 31. Acople con tubería G40



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.5 Montaje del equipo en el Relleno Sanitario San Pedro de Jachaguango.

3.5.1 Armado del sistema de izaje y sus componentes.

3.5.1.1 Ensamblaje de Componentes.

Para el acoplamiento de las aspas del Pico Generador eólico hay que elevar un metro de altura el poste, como se muestra en el Gráfico 32.

Gráfico 32. Elevación del poste para el acoplamiento de aspa del generador



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Una vez levantado el poste un metro procedemos a instalar las aspas como se ve en el siguiente Gráfico 33

Gráfico 33. Colocación de las aspas en el equipo



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Seguidamente se procederá a colocar la parte cónica del aerogenerador y con esto se concluye el ensamblaje de los componentes del Aerogenerador, como se ve en el Gráfico 34.

Gráfico 34. Colocación de la parte Cónica del Aerogenerador



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.5.1.2 Instalación del Poste.

El poste tendrá que ser unido al acople de acero mencionado, este tendrá que ser apretado con las abrazaderas, arandelas de presión al poste hasta que llegue a estar rígido y estable, seguidamente a las tres salidas del aerogenerador le acoplaremos 15 metros de cable flexible 10AWG con el fin de salir por el medio de la tubería y poder entrar al poste para que no quede en la intemperie como se muestra en el Grafico 35 y 36.

Gráfico 35. Preparación del equipo para los empalmes del cable flexible N° 10AWG



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Gráfico 36. Deslizamiento del cable flexible por el centro del poste



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Posteriormente colocaremos el equipo con los pernos prisioneros de $3/8 \times 1/2$, como se muestra a continuación Gráfico 37.

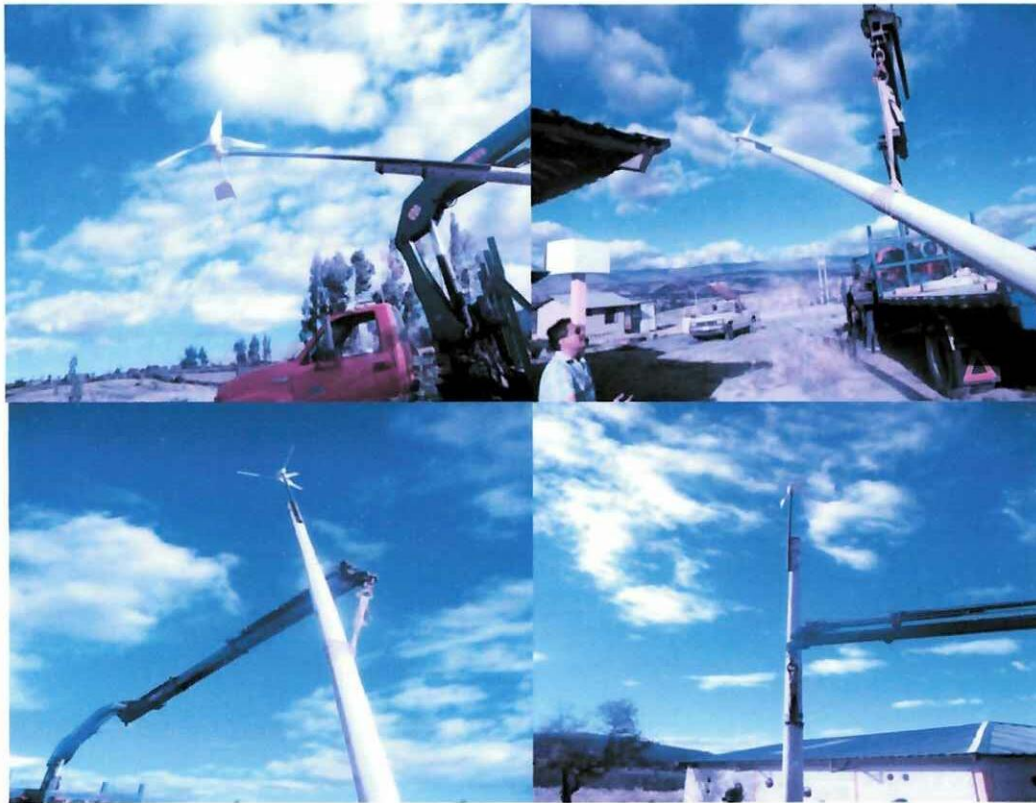
Gráfico 37. Unión de acople con el equipo



Elaborado por: DIEGO BARRERA

Para el izaje del poste se prepara mecanismos de ayuda, y siempre tener en cuenta la seguridad de las personas. En este caso como se va a instalar con una grúa no es necesaria una cantidad de personas para realizar dicho trabajo, como se puede observar en el Gráfico 38.

Gráfico 38. Levantamiento del Poste



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.5.1.3 Conexiones Eléctricas del Equipo.

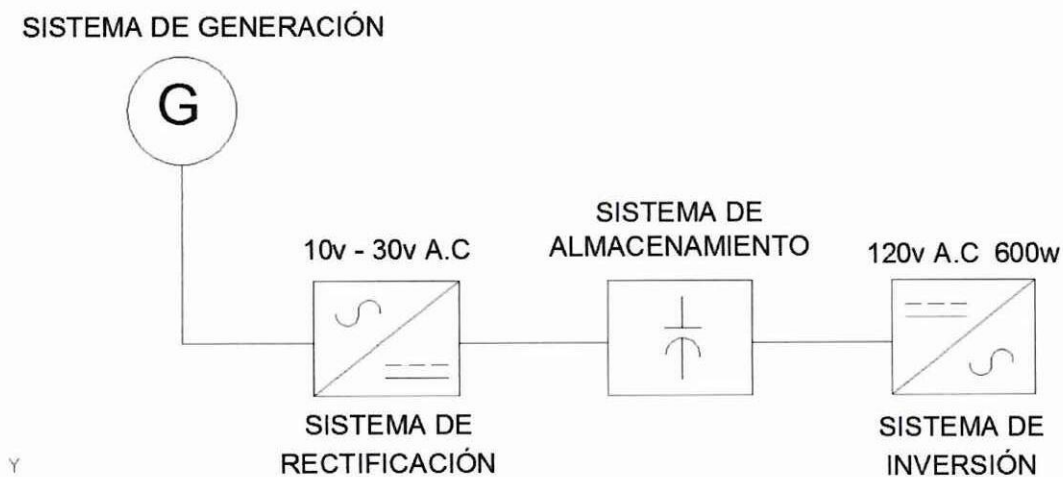
Este sistema está diseñado e implementado para la iluminación del auditorio del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango. Las partes constitutivas son: Sistema de generación, sistema de rectificación, sistema de almacenamiento, sistema de inversión, y el sistema de iluminación.

El Sistema de Generación está conformado de un aerogenerador híbrido de 600W, a 12V, de tres palas de 1,20m de polipropileno, y su estructura es de cuerpo de hierro fundido.

Este sistema de generación alimenta a un sistema de rectificación el cual la corriente alterna proporcionada del aerogenerador la convierte en continua y la almacena en un banco de baterías que conforman el sistema de almacenamiento, estas baterías de acuerdo a las especificaciones técnicas están conectadas en paralelo para elevar la corriente y mantener el voltaje.

Para alimentar el sistema de iluminación es necesario tener un voltaje de 110V en AC (corriente alterna) para el cual se instala un conversor alimentado desde el banco de baterías de 12V a 110V en DC/AC (corriente continua/corriente alterna) posteriormente se instala un tablero de transferencia para suministrar energía eléctrica, entre la red de distribución proporcionada por la empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.) y el sistema autosustentable eólico. Gráfico 39

Gráfico 39. Diagrama de bloque



Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.6 Instalaciones básicas de energía eléctrica existentes en el Auditorio Ecológico del Relleno Sanitario San Pedro De Jachaguango.

El proyecto eólico en ejecución está diseñado para aportar energía eléctrica al sistema de alimentación que provee la empresa eléctrica, por cuanto este proyecto está dado para disminuir el costo de pago en planilla que alimenta el auditorio del relleno sanitario San Pedro de Jachaguango, con la finalidad de suministrar una energía de calidad y limpia con el medio ambiente y de satisfacer en su parte eléctrico y económico en el área.

De acuerdo a los datos adquiridos en la investigación se ha determinado que el consumo en el auditorio es de 0.7 a 1.2 KW., este proyecto va a satisfacer el sistema de iluminación y así disminuyendo el aporte que se recibe de la empresa eléctrica para su funcionamiento.

Para el estudio y la construcción del pico generador eólico se consideró la utilización de elementos y equipos electrónicos con un grado de ahorro de energía, los cuales ayudaran a la optimización del uso del pico generador.

En la siguiente tabla se detalla el uso que tendrá la energía del pico generador eólico para el funcionamiento de la iluminación del auditorio. Tabla 22

Tabla 22. Instalaciones básicas de Energía Eléctrica existentes en el Auditorio Ecológico del Relleno Sanitario San Pedro De Jachaguango.

CARGA	CANT	P (W)	V (V)	total P(W)	Hora/Día	Día/Semana	Total H/S	Total H/Mes
ILUMINACION DE LA SALA PRINCIPAL	5	40	110	200	8	5	40	160
ILUMACION COCINA	1	40	110	40	8	5	40	160
ILUMINACION BAÑO	1	40	110	40	8	5	40	160
ILUMINACION HALL	1	40	110	40	8	5	40	160
TOTAL DE CARGA	8			320				

Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.6.1 *Calculo de potencia de luminarias.*

Las luminarias a instalarse son focos ahorradores de 40w, con una boquilla E-27. Con la siguiente ecuación Ec.17.⁷

[Ec.17]

$$P_c = P_i \times N$$

Dónde:

P_c = Potencia de carga

P_i = Potencia de iluminación

N = número de iluminarias

Reemplazando tenemos:

$$P_c = 40w \times 8$$

$$P_c = 320w$$

[Ec.18]

$$P = I \times V \times fp$$

Dónde:

P = Potencia

I = Corriente

V = Voltaje

fp = factor de potencia (equivalente a 0,98)

⁷ Formula extraida del libro electrónica de potencia autor Rashid

Despejando tenemos:

[Ec.19]

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

$$I = \frac{320}{110 \times 0,98}$$

$$I = \frac{320}{7,8}$$

$$I = 2,96A$$

3.6.2 Potencia consumida mensual.

Tabla 23. Potencia mensual de iluminación consumida por el Auditorio Ecológico Sanitario San Pedro De Jachaguango.

CARGA	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Total Potencia (W)	Hora/Día	Día/Semana	Total Horas/Semana	Total H Mes
ILUMINACION DE LA SALA PRINCIPAL	5	40	110	200	8	5	40	160
ILUMINACION COCINA	1	40	110	40	8	5	40	160
ILUMINACION BAÑO	1	40	110	40	8	5	40	160
ILUMINACION HALL	1	40	110	40	8	5	40	160
TOTAL DE CARGA	8			320				

Elaborado por: DIEGO BARRERA

En la presente tabla se observa toda la cantidad de tablas existentes la potencia de cada una de ella y su voltaje además tenemos el consumo diario y el consumo semanal. Se calcula con la siguiente ecuación [Ec.20].

$$P_{con} = P_{ux} \times N_{xh} / mes$$

Dónde:

Pcon = Potencia consumida

Pu = Potencia unitaria

N = Número de componentes

Remplazando tenemos:

$$P_{con} = 40w \times 8 \times 160 \text{ h/mes}$$

$$P_{con} = 51200w \text{ h/mes} \times 1w/1000Kw$$

$$P_{con} = 51,2 \text{ Kw h/mes}$$

3.6.3 Cálculo del valor de ahorro de energía con el Pico Generador Eólico.

Calcularemos con la siguiente ecuación [Ec.21]

[Ec.21]

$$\text{\$} = P_{con} \times 0,11 \text{ ctvos}$$

Remplazando tenemos:

$$\text{\$} = 51,2 \text{ Kw h/mes} \times 0,11/1Kwh$$

$$\text{\$} = 5,63 \text{ ctvos/mes}$$

3.7 Mantenimiento a realizarse en el Generador Eólico.

Post su instalación.

Transcurrido 1 mes desde la instalación del aerogenerador, se recomienda, reapretar toda la tornillería del aerogenerador.

Permanente

Para asegurar la vida de su aerogenerador, se aconseja que siga los siguientes consejos de mantenimiento:

Cada 6 meses

A ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la cual se deben de revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Las partes principales del aerogenerador a la hora de realizar las inspecciones de mantenimiento son:

Rodamientos

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento. Puede comprobar si giran libremente o por el contrario se observa algún tipo de roce o vibración.

Cableado

Comprobar el estado de las uniones y empalmes, así como regletas de conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente.

Hélices

Las hélices de polipropileno, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo. Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas. En caso de falta total ó parcial de la cinta, acuda a su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil.

Amortiguador

El aerogenerador lleva instalado un amortiguador hidráulico que permite la desorientación respecto al viento rápidamente, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos.

Engrase

El aerogenerador, consta de 2 partes móviles:

- El eje delantero (Hélice-alternador), provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase.
- El eje de orientación (aerogenerador-torre), provisto con rodamientos blindados. No precisan engrase.⁸

3.8 Materiales utilizados para la construcción del pico generador eólico.

⁸ Basado en el manual de mantenimiento de un aerogenerador de 600w empresa BORNAY S.A

Los materiales utilizados para la construcción del aerogenerador de bajas revoluciones, se detalla en la siguiente Tabla 24.

Tabla 24. Materiales utilizados en el montaje del aerogenerador.

Descripción	Cant.
Aerogenerador híbrido de 600 W salida 12 V, tres palas, cuerpo de hierro fundido.	1
Baterías 12 voltios 60 Ah.	2
Poste de hormigón de 9 metros de 350 kg	1
Inversor de corriente de 12voltios a 1120voltios, 500watios	1
Acople poste equipo más tubo de acero 40g	1
100 metros de Cable 10AWG	1
Varilla cooperwell de cobre y conector	1
10 metros de manguera subterránea de ¾	1
Inversor de corriente de 12V a 110V	1
10 metros de manguera corrugada	1
Contactores	2
Caja plástica para contactores con riel	1
Cambiador de tres posiciones	1
Amarras plásticas	12
Abrazaderas de 3/4 con pernos	24
Cintas de embalaje	2
Pernos prisioneros 3/8	2

Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.9 Presupuesto.

El presupuesto se descompone en el valor de materiales utilizados para la construcción del aerogenerador.

En primer lugar se muestra el presupuesto de la adquisición de los materiales:

Tabla 25. Presupuesto de los materiales para el montaje del aerogenerador.

Descripción	Cant.	Precio Unit.	Valor Total
Aerogenerador hibrido de 600 W salida 12 V, tres palas, cuerpo de hierro fundido.	1	1000,00	1000,00
Baterías 12 voltios 60 Ah.	2	87,00	174,00
Poste de hormigón de 9 metros de 350 kg	1	260,00	260,00
Inversor de corriente de 12voltios a 1120voltios, 500wattios	1	120,00	120,00
Acople poste equipo más tubo de acero 40g	1	160,00	160,00
100 metros de Cable 10AWG	1	90,00	90,00
Varilla cooperwell de cobre y conector	1	20,00	20,00
10 metros de manguera subterránea de ¾	1	30,00	30,00
Inversor de corriente de 12V a 110V	1	98,00	98,00
10 metros de manguera corrugada	1	6,00	6,00
Contactores	2	12,00	24,00
Caja plástica para contactores con riel	1	23,00	23,00
Cambiador de tres posiciones	1	4,00	4,00
Amarras plásticas	12	0,10	1,20
Abrazaderas de 3/4 con pernos	24	0,07	1,68
Cintas de embalaje	2	1,00	2,00
Pernos prisioneros 3/8	2	0,50	1,00
		Sub Total	2.014,88
		12% IVA	271,88
		TOTAL	2.271,88

Elaborado por: DIEGO BARRERA

Tabla 26. Presupuesto de la Construcción del Aerogenerador.

CONCEPTO	VALOR
MANO DE OBRA	300,00
TRANSPORTE	100,00
TOTAL	400,00

Elaborado por: DIEGO BARRERA

De la construcción del aerogenerador y la elaboración del presente proyecto se obtiene el presupuesto final.

Tabla 27. Presupuesto Final de la Tesis.

CONCEPTO	VALOR
PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES.	2.271,88
PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN	400,00
ELABORACIÓN ESCRITA DE LA TESIS	300,00
TOTAL	2.900.88

Elaborado por: DIEGO BARRERA

3.10 Análisis de rentabilidad del proyecto

DATOS

Inversión Inicial: \$2987,54

Ingreso anual aproximado: \$67,58

Gasto mantenimiento anual: \$10,00

Gasto cambio de baterías cada 2 años: \$160,00

Flujo de Caja

Representa el movimiento en efectivo de las actividades operacionales y no operacionales del proyecto, no se incluye los costos y gastos contables como depreciaciones y amortizaciones; comprende los siguientes elementos:

- La inversión inicial o los egresos necesarios para iniciar las actividades.

- Los ingresos y egresos generados durante el funcionamiento del proyecto, tanto operacionales, cuanto no operacionales.

FLUJO DE CAJA

	PREOPERATIVO	1	2	3	4	5
INGRESOS						
INGRESOS OPERACIONALES	2.987,54	67,58	67,58	67,58	67,58	67,58
GASTOS						
GASTOS OPERACIONALES		10,00	160,00	10,00	160,00	10,00
FLUJO OPERACIONAL		57,58	- 92,42	57,58	- 92,42	57,58
SALDO INICIAL DE CAJA	2.987,54	2.987,54	3.045,12	2.952,71	3.010,29	2.917,88
SALDO FINAL DE CAJA	2.987,54	3.045,12	2.952,71	3.010,29	2.917,88	2.975,46

Retorno de la inversión

Los índices de rentabilidad son coyunturales, se refieren a los resultados generados en cada período, valores que pueden modificarse de uno a otro sin que se pueda determinar en forma apropiada un promedio de la fase operacional del proyecto. Los índices de retorno permiten visualizar el desempeño global del proyecto durante su vida útil.

Valor actual neto

Una variable importante que afecta al valor del dinero es el tiempo. No se puede comparar dos flujos de recursos si estos se encuentran en diferentes períodos, es necesario introducir el concepto de valor actual, que permite “descontar” los flujos generados a una tasa que reconozca el costo de oportunidad del dinero, de tal forma que se genera una equivalencia de los flujos futuros a valor presente, que luego pueden compararse con el monto de la inversión inicial, la que se efectuó al inicio de las operaciones del proyecto.

Mientras más lejano en términos temporales un flujo, menor es su valor actual, para lo cual se utiliza la fórmula inversa al interés compuesto, que compara la inversión inicial

requerida para estructurar el proyecto (plan de inversiones) con signo negativo y el flujo operacional ajustado en términos positivos.

Para calcular el VAN debemos:

- a) Determinar el monto de las inversiones.
- b) Determinar el flujo operacional en base al procedimiento mencionado en la estructuración de un flujo de caja.
- c) Determinar la tasa de descuento en base al costo del dinero o del capital y de las perspectivas de riesgo-rentabilidad propuestas para el proyecto en particular.
- d) Determinar el valor de salvamento en base al número de años de vida útil de las inversiones y su respectiva depreciación.
- e) Aplicar la siguiente fórmula:

[Ec.22]

$$VAN = -I + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F1}{(1+i)^2} + \frac{F1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Dónde:

Io= inversión inicial

F1= flujo del primer período

F2= flujo del segundo período

F_n= flujo del último período

V_S= valor de salvamento de los activos.

i= tasa de descuento

Para calcular la tasa de descuento se utiliza la siguiente fórmula:

[Ec.23]

$$\text{TASA DE DESCUENTO} = (TPR * EMBI) + (\%TPR * \%EMBI)$$

$$\text{TASA DE DESCUENTO} = (0,0453 * 0,636) + (4,53 * 6,36)$$

$$\text{TASA DE DESCUENTO} = 10,92$$

Aplicando la fórmula del VAN obtenemos el siguiente resultado:

[Ec.24]

$$\text{VAN} = -II + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F1}{(1+i)^2} + \frac{F1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

$$\text{VAN} = -2987,54 + \frac{3045,12}{(1+0,1092)^1} + \frac{2952,71}{(1+0,1092)^2} + \frac{3010,29}{(1+0,1092)^3} + \frac{2917,88}{(1+0,1092)^4} + \frac{2975,46}{(1+0,1092)^5}$$

$$\text{VAN} = 8063,42$$

El resultado que dio al aplicar la fórmula es mayor a cero, lo que significa que se acepta el proyecto, ya que los flujos descontados son superiores al monto de la inversión realizada.

Tasa interna de retorno financiera (TIRF)

La TIR representa el RETORNO porcentual con respecto a la inversión que el proyecto arroja sobre la base conceptual de valor actual de los flujos operacionales, en definitiva, porcentualmente cuánto el proyecto entrega a sus partícipes (inversionistas y financistas) con respecto a la inversión realizada.

Aplicando la fórmula del TIR obtenemos el siguiente resultado:

[Ec.25]

$$TIR = \frac{I}{\frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F1}{(1+i)^2} + \frac{F1}{(1+i)^3} + \frac{F1}{(1+i)^4} + \frac{F1}{(1+i)^5}}$$

$$TIR = \frac{2987,54}{\frac{3045,12}{(1+0,1092)^1} + \frac{2952,71}{(1+0,1092)^2} + \frac{3010,29}{(1+0,1092)^3} + \frac{2917,88}{(1+0,1092)^4} + \frac{2975,46}{(1+0,1092)^5}}$$

$$TIR = 37\%$$

$$TIR = 0,37$$

El parámetro de comparación de la tasa interna de retorno es la Tasa de Descuento que se aplica para el cálculo del Valor Actual Neto, en cuyo caso:

- Si la TIR es mayor a la tasa de descuento, el VAN es positivo, el proyecto se acepta.
- Si la TIR es menor que la tasa de descuento, el VAN es negativo, por lo que el proyecto no debería ser aceptado

CONCLUSIONES

Energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica.

En el estudio realizado de la velocidad del viento con una velocidad promedio de 7 m/s a una altura de 11m., en el relleno sanitario de San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo se define que tiene un gran potencial de viento y en un futuro se podrían implementar varios equipos para así desconectarse de la red nacional y ser autosustentables.

El diseño del Pico Generador eólico es una máquina para la generación de energía eléctrica que da como alternativa al aporte y disminución de costos que se le paga a la empresa eléctrica.

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 limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es más acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

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 el tiempo de vida útil será alto y el costo de la generación nulo.

El 37% que da como resultado la TIR significa el valor porcentual que se va a recuperar al 5to año de la inversión, el mismo que es mayor que la tasa de descuento esto quiere decir que el proyecto es rentable; de igual forma el resultado del VAN que su resultado fue positivo lo que significa que se acepta el proyecto de inversión.

La energía renovable en especial la energía eólica puede ser aplicada en lugares inaccesibles para las redes de distribución convencional, ayudando así al desarrollo de los pueblos y progreso del país.

La falta de materia prima y mano de obra calificada para la construcción de equipos de generación eólica supone un incremento de costos final del aerogenerador, que gracias a la producción en masa y pese a los costos de importación representa ahorro para el cliente.

RECOMENDACIONES

Se debe tener especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "pasillos" a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

La densidad y la velocidad del viento en el relleno sanitario San Pedro de Jachaguango son óptimas para la implementación de un aerogenerador de mayor capacidad. Pudiendo estos llegar a satisfacer la demanda total de las instalaciones del relleno.

Se recomienda cambiar la iluminación actual (focos ahorradores) a equipos led para disminuir a la mitad el consumo energético, pudiendo así abastecer un sistema más grande con la misma capacidad del eólico instalada (600w).

Al utilizar un sistema de iluminación basado en focos led alimentados a 12 VDC se obviaría la etapa "Diseño e Implementación del Sistema de Inversión" influenciando directamente en el costo final del proyecto y rapidez en la implementación.

Complementar el proyecto con paneles solares, podrá aumentar la capacidad del sistema de generación en un 30%, pudiendo así incrementar la carga que se le aplique al sistema de generación.

BIBLIOGRAFIA

CITADA

- Diez pregunta y diez respuestas sobre energía eólica 3.pdf, Pág. 12, www.publispain.com/revista/energia-eolica.htm
- Energía Eólica, publicado por: José A. López, 2011, Pág. 1 www.venezuelaverde.org.ve/articulos-de-interes/ecologia/energia-eolica/
- Energía Eólica, producción y obtención, Pág. 1-2, www.193.146.36.56/lortiz/trabajos0708/Energia%20Eolica%20-%20Cristina%20Vences%20Lopez%20-%20energia%20eolica97.pdf
- Gipe P.: “Wind Power Renewable Energy for Home, Farm, and Business”, Colombia, 2003, Pág. 45-48
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA – INAMH, Modelo de cambios climáticos en el Ecuador, Pág. 12 -15. ww.inamh.gov.ec/Enrique%20Palacios.pdf.
- Asociación de productores de Energías Renovable APPA
- BURGOS PERES ANA, Energía Eólica, Valladolid. Pag. 8-9
- CUENCA GARRIDO PATRICIA, Diseño e integración de instalación de un sistema de producción de Energía Eólica Domestica, Madrid 2009. Pág. 68-72.
- CHUMIROQUE QUEZADA ROBERTO CARLOS, Construcción de un aerogenerador, Perú. Pag. 5-12.
- DELGADO MARIN JOSE PABLO, La energía eólica en la comunidad autónoma de la región de Murcia, de la agencia de Gestión de Energía de España. Pág. 5-17
- FERNANDEZ DIEZ PEDRO, ENERGÍA EÓLICA. 2000. Pág. 4-12
- HULSHORTS WALTER, manual práctico de evaluación de instalación de energía eólica a pequeña escala, Madrid. Pag 6-7
- MONTERRUBIO MONTESCO JUAN ANTONIO E IBAÑEZ NAXTO DE MARCO, Especificaciones técnicas para la réplica en la UPC de un aerogenerador de baja potencia, España. Pag 33-69

- MORA HIDROVO EDUARDO WILIAN, Utilización de energía eólica para la extracción de agua. Pag 62-65
- PINILLA S. ALVARO, Manual de aplicación de la energía eólica, 1997. Pag 6-15
- POWER EXPRESS, Owner's Manual 500 watt Power Invertir.
- RODRIGUEZ BARRIGA BRENDA, Determinación del patrón de viento en una región pública mexicana, 2003. Pag-90-93
- SANCHEZ CAMPOS TEODORO, Algunos elementos de la energía eólica. Presentación del II seminario de energías renovables. Bolivia 1997. Pag 2-3
- SANCHEZ MIÑO SANTIAGO J., Conceptos y aplicaciones de las Energías Renovables. Pag 75-76

CONSULTADA

- Wind Energy Explained, Theory, Design and Application, J.F. Manwell J.G. McGowan A.L. Rogers, pág. 5.
- J.F. Manwell et al, Wind Energy Explained, Theory, Design and Application, pág. 84-89.
- Anchaluisa Mosquera Marcelo Gregorio, Evaluación de una Central Experimental
- Andrés Matas Martínez, Energía Eólica. Capítulo 4
- Baillarie Rosenman Paul, Diseño de Aerogeneradores con Imanes Permanentes para Aplicaciones en Electrificación Rural, Chile 2007
- Burgos Pérez Ana, Energía Eólica, Valladolid.
- Cuenca Garrido Patricia, Diseño e Integración De Instalación De Un Sistema De Producción De Energía Eólica Domestica, Madrid 2009
- Chumiroque Quezada Roberto Carlos, Construcción de un Aerogenerador ,Perú
- Chiroque José, Dávila Celso, Micro generadores de 100 y 500 W Modelos ITP 100 Y SP 500. Lima Soluciones Prácticas ITDG 2008.
- Delgado Marín José Pablo, La Energía Eólica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, de la Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia.
- Fernández Diez Pedro, Energía Eólica. 2000. Pags.4-12
- Hulshorst Walter, Manual Práctico de Evaluación de una Instalación de Energía Eólica a Pequeña Escala, Madrid.
- Monterubio Montesco Juan Antonio e Ibáñez Naxto de Marco, Especificación Técnica para la Réplica en la UPC de un Aerogenerador de Baja Potencia, España
- Mora Hidrovo Eduardo William, Utilización de Energía Eólica para Extracción de Agua, 1983.
- Moragues Jaime A. y Rapallini Alfredo T., Aspectos Ambientales de la Energía Eólica.
- Pinilla S. Álvaro, Manual de Aplicación de la Energía Eólica, 1997.
- Plan Participativo de Desarrollo Provincial de Cotopaxi.
- Rodríguez Barriga Brenda, Determinación del Patrón de Viento en una Región de la República Mexicana 2003.

- Sánchez Campos Teodoro, Algunos Elementos Sobre la Energía Eólica., Presentado en el II Seminario Internacional sobre Energías Renovables, Bolivia. 1997.
- Sánchez Campos Teodoro, Ramírez Atahui Saúl, Desarrollo Tecnológico de Micro generadores Eólicos, Presentado en el Conimera, Octubre 2001.
- Sánchez Mino Santiago J., Energía Renovables Conceptos y Aplicaciones, 2003.
- Solon Pino Giraldo, Sistema de Conversión de Energía Eólica, Medellín 2008
- Soluciones Prácticas ITDG Micro Aerogeneradores It- Pe 100 Para Electrificación Rural., Lima.

ENLACES DE INTERNET

<http://www.textoscientificos.com/energia/centrales-electricas/eolicas>

ANEXOS

ANEXO 1

GLOSARIO

Acceso a la Red Eléctrica. Derecho a emplear la red de transporte o de distribución de toda persona física o jurídica que suministre electricidad a esa red o reciba suministro de ella.

Acero. Material con gran resistencia mecánica e inalterabilidad a temperaturas elevadas.

Acumulador. Dispositivo que almacena como energía química la energía eléctrica que le ha sido previamente entregada para restituirla cuando se considere necesaria. Es un componente fundamental en los pequeños sistemas distribuidos de energía para poder hacer frente a la demanda.

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

Almacenamiento de Energía. Acumulación de energía o transformación para su posterior empleo.

Anclaje. Sistema por el cual se fija un equipo mediante el tendido de sus anclas y el tensado de sus cadenas o cables.

Anemómetro.- El anemómetro se utiliza para medir la velocidad del viento. Sus señales son empleadas por el controlador electrónico para conectar el aerogenerador cuando el viento alcance la velocidad de arranque. Si la velocidad es superior a la de corte, el ordenador parará el aerogenerador para evitar desperfectos en el mismo.

Área Del Rotor. En los aerogeneradores de eje horizontal el área se mide verticalmente. El área del disco cubierto por el rotor y las velocidades del viento determinan cuanta energía podemos recoger en un año. Si se dobla el diámetro del rotor se obtiene un área de barrido cuatro veces superior. Esto significa que la potencia disponible también será cuatro veces mayor.

Bobina. Conjunto constituido por una o más secciones de bobina rodeadas generalmente por un aislante común.

Bridas.- Las secciones de la torre de un aerogenerador son atornilladas utilizando bridas de acero laminado en caliente, soldada a los extremos de cada sección de la torre.

Buje.- Centro del rotor donde se encastran las palas.

Campo Magnético. Magnitud física que expresa el campo imanador que produce una corriente. Se expresa por la diferencia entre los vectores inducción magnética y polarización magnética en un medio, dividida por la permeabilidad magnética del vacío: $H = (B - J) / \mu_0$. Unidad en el sistema internacional: amperio por metro. Simb. H.

Celeridad. Es la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla. Su magnitud se designa como v.

Cizallamiento.- Se llama Cizallamiento al hecho de que la velocidad del viento disminuya según se acerca a la base de la torre. Si está en su posición más alta las fuerzas que actúan sobre los alabes del rotor son muy superiores a cuando está en su posición más baja.

Coefficiente 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.

Conexión directa a red.- En la conexión directa a red el generador está directamente conectado a la red de corriente alterna, generalmente trifásica.

Conexión estrella.- Se conecta uno de los extremos de cada una de las tres bobinas de electroimán a su propia fase, y el otro extremo a una conexión común a las tres fases

Conexión indirecta a red.- La conexión indirecta a red significa que la corriente que viene de la turbina pasa a través de una serie de dispositivos eléctricos que ajustan la corriente para igualarla a la de la red.

Conexión. Cierre de un interruptor automático, manualmente o por la acción de dispositivos de control o de protección.

Controlador electrónico. Posee un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción, automáticamente detiene el aerogenerador y avisa al ordenador del operario encargado de la turbina.

Corona de orientación. Corona dentada fija a la torre sobre la que se asienta la góndola y que dirige el giro de la misma siguiendo la dirección del viento incidente.

Corriente Alterna. Corriente eléctrica que invierte periódicamente su sentido.

Corriente Continua. Corriente eléctrica que, independientemente del valor de su intensidad, tiene siempre el mismo sentido.

Curva de potencia. La curva de potencia de un aerogenerador se lee mediante un gráfico que indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento. Las curvas de potencia se obtienen a partir de medidas de campo.

Densidad de potencia. La densidad de potencia calcula la distribución de energía eólica a diferentes velocidades del viento. Se obtiene multiplicando la potencia de cada velocidad del viento por la probabilidad del viento de la gráfica de Weibull.

Densidad del Aire. La energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por densidad 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.

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

Energía Eólica. Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

Energía mecánica. Es parte de la física que estudia el equilibrio y el movimiento de los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas.

Estructura Tubular. Armazón que soporta el aerogenerador formado por una cubierta cilíndrica.

Generador Sincrónico. También denominado generador sincrónico bipolar de imán permanente. Es sincrónico por que el imán del centro girara a una velocidad constante síncrona (girando exactamente como el ciclo) con la rotación del campo magnético y bipolar porque tiene un polo norte y un polo sur. Se llama motor de imán permanente debido a que la aguja de la brújula del centro es un imán permanente, y no un electroimán.

Góndola. Dentro de la góndola se encuentran el multiplicador y el generador eléctrico, dos de los componentes claves del aerogenerador. Para acceder al interior de la góndola ha de hacerse desde la torre de la turbina. El rotor del aerogenerador, formado por las palas y el buje, está situado a la izquierda de la góndola.

Latitud y longitud. Sistema de coordenadas geométricas, también llamadas coordenadas geográficas, que se utiliza para definir la localización de lugares en la superficie terrestre.

Latitud. Líneas imaginarias paralelas que circundan el globo tanto al norte como al sur del Ecuador. Los polos están ubicados a 90 grados de latitud Norte y Sur y el Ecuador a cero grados (0) de latitud.

Longitud de rugosidad. Parámetro de longitud que caracteriza el efecto de la rugosidad de la superficie en un flujo totalmente turbulento. La longitud de rugosidad z_0 se define por la ecuación $u/u^* = (1/k)\ln(z/z_0)$, en donde u es la velocidad del viento promediada en el tiempo a la altura z , u^* es la velocidad de fricción y k es la constante de von Kármán.

Mapa eólico. Mapa en donde se consignan diversos datos de tipo eólico, tales como velocidades medias de viento, direcciones predominantes, regularidad.

Maquina con rotor a barlovento. Las turbinas eólicas a barlovento son las que poseen el rotor o hélice enfrentando al viento, es decir delante de la torre.

Maquina con rotor a Sotavento. En esta configuración el rotor o hélice se encuentra aguas debajo de la torre, detrás de ésta respecto a la dirección del viento.

Mecanismo de Orientación. El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina en contra del viento, de forma que pase a través del rotor la mayor proporción posible de energía eólica.

Multipalas. Tipo de aerogenerador de baja velocidad caracterizado por un gran número de palas así como por la disposición del eje de giro perpendicular a la velocidad del viento y que presenta una forma adecuada para su uso aerodinámico.

Multiplicador. Sistema mecánico inverso al reductor de velocidad que mediante un conjunto de engranajes comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o de entrada.

Obstáculos. Los obstáculos del viento tales como edificios, árboles, formaciones rocosas, etc. pueden disminuir la velocidad del viento de forma significativa y a menudo crean turbulencias en torno a ellos

Pala. Elemento del aerogenerador que por aprovechamiento aerodinámico transforma la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del aerogenerador.

Par (Fuerza de giro). Medida del efecto de rotación causado por una fuerza. Es igual a la magnitud de la fuerza multiplicada por la distancia al eje de rotación, medida perpendicularmente a la dirección de la fuerza

Parque eólico. Instalación eólica que comprende varios aerogeneradores y su infraestructura eléctrica, de medición y control correspondiente.

Perdida de sustentación. La pérdida siempre se produce por un excesivo ángulo de ataque, independientemente de la velocidad que lleve el avión. El ángulo de ataque en que se produce la pérdida lo denominamos ángulo de ataque crítico

Perfil de Pala. Sección de la pala perpendicular a la misma y que presenta una forma adecuada para su uso aerodinámico.

Polos del generador. Cada uno de los bornes de un generador eléctrico que sirven para conectar el mismo con los conductores exteriores.

Potencia. La potencia eléctrica suele medirse en vatios (W), kilovatios (kW), megavatios (MW), etc. La potencia es transferencia de energía por unidad de tiempo. La potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo, p.ej. un segundo, una hora o un año

Presión atmosférica. Es la presión o el peso que ejerce la atmósfera en un punto determinado. La medición puede expresarse en varias unidades de medidas: hectopascales, en milibares, pulgadas o milímetros de mercurio (Hg). También se conoce como presión barométrica.

Radiación. Proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio; el término también se emplea para las propias ondas o partículas

Ráfaga. Es un aumento repentino y significativo en las fluctuaciones de la velocidad del viento. La velocidad punta del viento debe alcanzar por lo menos 16 nudos (30 km/h) y la variación entre los picos y la calma es de por lo menos 10 nudos (18 km/h). Generalmente la duración es menor de 20 segundos.

Ralentización. Imprimir lentitud [a alguna operación o proceso]

Rosa de vientos. Gráfico que representa la frecuencia con la que se produce la velocidad de viento en las distintas direcciones.

Rotor. Parte giratoria de una máquina electromagnética o de una turbina.

Sistema hidráulico. El sistema hidráulico restaura los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

Sustentación. Cuando el aire fluye sobre la superficie superior del ala del, necesita tomar una forma curva. Para hacer esto, la presión del aire justo arriba del ala necesita estar a una presión ligeramente menor que el aire que está arriba, y el aire entonces es empujado a fluir alrededor de las alas. El aire en la superficie superior está a una presión menor que el aire que está por debajo lo que nosotros llamamos sustentación

Torre. Soporta el generador y el rotor. Es mejor cuanto más alta ya que a mayor altura mayores velocidades de viento. Las torres pueden ser tubulares (más seguras) o, de celosía (más baratas).

Veleta. La veleta es utilizada para medir la dirección del viento, envía sus señales al

Velocidad de Arranque. Velocidad mínima de viento por encima de la cual el rotor comienza a girar.

Velocidad de corte. Velocidad máxima de viento por encima de la cual rotor deja de suministrar potencia al eje motor.

Velocidad de Diseño. Velocidad mínima de viento incidente para la cual se obtiene la potencia máxima.

Velocidad Media Anual del Viento. Valor medio del módulo de la velocidad del viento en un emplazamiento y altura dados a lo largo de un año.

Viento. Es el aire que fluye en relación a la superficie de la tierra, generalmente de manera horizontal. Hay cuatro aspectos del viento que se miden: dirección, velocidad, tipo (ráfagas y rachas) y cambios. Los cambios superficiales se miden con veletas y anemómetros mientras que los de gran altitud se detectan con globos piloto, radio viento o reportes de la aeronáutica civil.

ANEXO 2 ABREVIATURAS

A (Amperio)

AWG (American Wire Gauge)

Ci (Coeficiente de Sustentación)

E (Fuerza Electromotriz Inducida)

Hz (Hertz)

Kg/M3 (Kilogramo/Metro)

Km (Kilómetros)

Kw (Kilovatios)

Kw/h (Kilovatio/Hora)

m/s (Metro/Segundo)

M² (Metro Cuadrado)

Mb (Numero de Bobinas por Fase)

mm (Milímetro)

MW (Megavatios)

Nc (Numero de Espiras por Fase)

R.P.M (Revoluciones por Minuto)

V (Voltios)

W (Watt)

Wb (Webber)

ANEXO 3

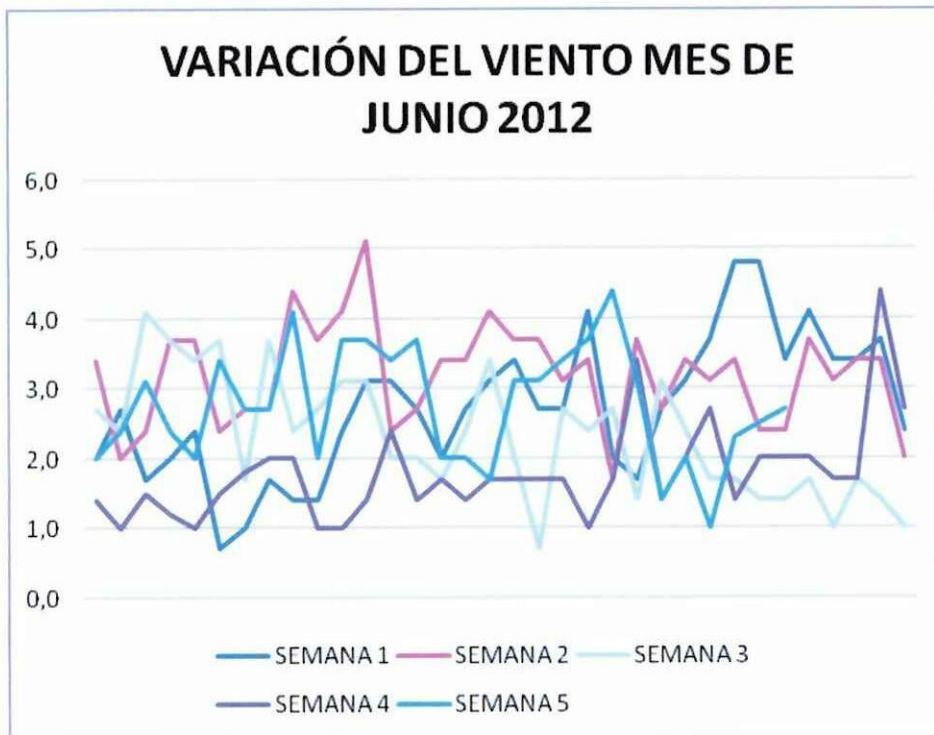
TABLA N° 3.1 CAP.III

VELOCIDADES DEL VIENTO DEL AÑO 2012 AL 2013

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE JUNIO DEL 2012

SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
2	3,4	2,7	1,4	2
2,7	2	2,4	1	2,4
1,7	2,4	4,1	1,5	3,1
2	3,7	3,7	1,2	2,4
2,4	3,7	3,4	1	2
0,7	2,4	3,7	1,5	3,4
1	2,7	1,7	1,8	2,7
1,7	2,7	3,7	2	2,7
1,4	4,4	2,4	2	4,1
1,4	3,7	2,7	1	2
2,4	4,1	3,1	1	3,7
3,1	5,1	3,1	1,4	3,7
3,1	2,4	2	2,4	3,4
2,7	2,7	2	1,4	3,7
2	3,4	1,7	1,7	2
2,7	3,4	2,4	1,4	2
3,1	4,1	3,4	1,7	1,7
3,4	3,7	2	1,7	3,1
2,7	3,7	0,7	1,7	3,1
2,7	3,1	2,7	1,7	3,4
4,1	3,4	2,4	1	3,7
2	1,7	2,7	1,7	4,4
1,7	3,7	1,4	3,4	3,1
2,7	2,7	3,1	1,4	1,4
3,1	3,4	2,4	2	2
3,7	3,1	1,7	2,7	1
4,8	3,4	1,7	1,4	2,3
4,8	2,4	1,4	2	2,5
3,4	2,4	1,4	2	2,7
4,1	3,7	1,7	2	
3,4	3,1	1	1,7	
3,4	3,4	1,7	1,7	
3,7	3,4	1,4	4,4	
2,4	2	1	2,7	

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,7
Máx.	7,8
Mín.	5,6



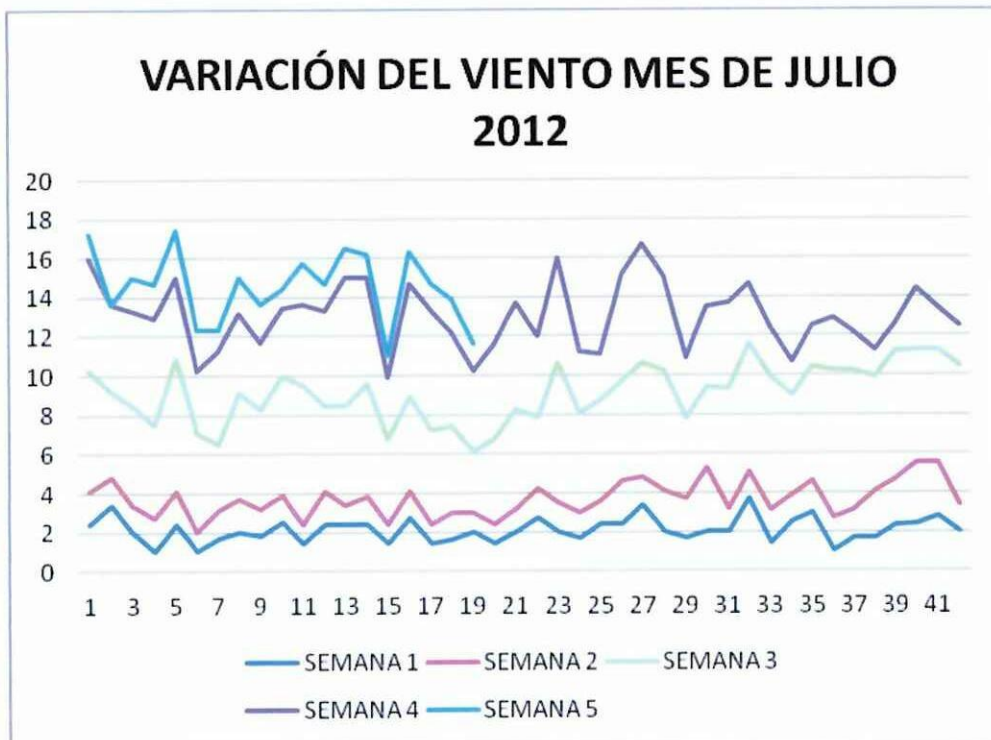
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.2 CAP.III

**VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE JULIO DEL
2012**

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
2,4	1,7	1,7	3,4	6,1	5,8	5,8	2	1,2
3,4	1,7	1,4	1,7	4,4	6,5	4,4	3,4	1,4
2	1,4	1,4	2,7	5,1	6,5	4,8	4,4	1,7
1	1,4	1,7	1,7	4,8	7,1	5,4	1,7	1,8
2,4	1,3	1,7	2,4	6,8	5,4	4,1	1,7	2,4
1	1,3	1	2	5,1	6,1	3,1	1,4	2,1
1,7	1,7	1,4	3,4	3,4	5,4	4,8	1,4	1
2	1,7	1,7	3,1	5,4	5,8	4,1	2,4	1,8
1,8	1,7	1,4	2	5,1	6,5	3,4	3,4	1,9
2,5	1,9	1,4	3,4	6,1	5,4	3,4	4,1	1
1,4	2	1	2,7	7,1	7,1	4,1	3,4	2,1
2,4	1,7	1,7	2,4	4,4	7,1	4,8	2	1,4
2,4	2,3	1	1,7	5,1	6,8	6,5	2	1,5
2,4	1,4	1,4	2	5,8	4,8	5,4	2,7	1,2
1,4	1,4	1	2	4,4	4,1	3,1	1,4	1,1
2,7	1,7	1,4	2,7	4,8	5,4	5,8	2,3	1,6
1,4	1,7	1	2,7	4,8	4,4	6,1	1,4	1,4
1,6	1,5	1,4	3,1	4,4	4,8	4,8	1,4	1,7
2	1,4	1	3,1	3,1	3,4	4,1	1,2	1,4
1,4	1,4	1	3,4	4,4	3,7	4,8	2,1	
2	1,4	1,2	3,7	5,1	3,4	5,4	1,7	
2,7	1,7	1,5	4,1	3,7	6,5	4,1	2	
2	2,4	1,5	3,4	7,1	3,7	5,4	1,3	
1,7	1,6	1,3	4,1	5,1	3,7	3,1	1,6	
2,4	1,4	1,2	4,1	5,1	4,1	2,4	1,1	
2,4		2,2		5,1		5,4		
3,4		1,4		5,8		6,1		
2		2,1		6,1		4,8		
1,7		2		4,1		3,1		
2		3,3		4,1		4,1		
2		1,2		6,1		4,4		
3,7		1,4		6,5		3,1		
1,4		1,7		6,8		2,5		
2,5		1,4		5,1		1,7		
3		1,6		5,8		2,1		
1		1,7		7,5		2,7		
1,7		1,4		7,1		2		
1,7		2,4		5,8		1,4		
2,3		2,4		6,5		1,4		
2,4		3,1		5,8		3,1		
2,8		2,7		5,8		2,1		
2		1,4		7,1		2		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,63
Máx.	7,5
Mín.	5,75



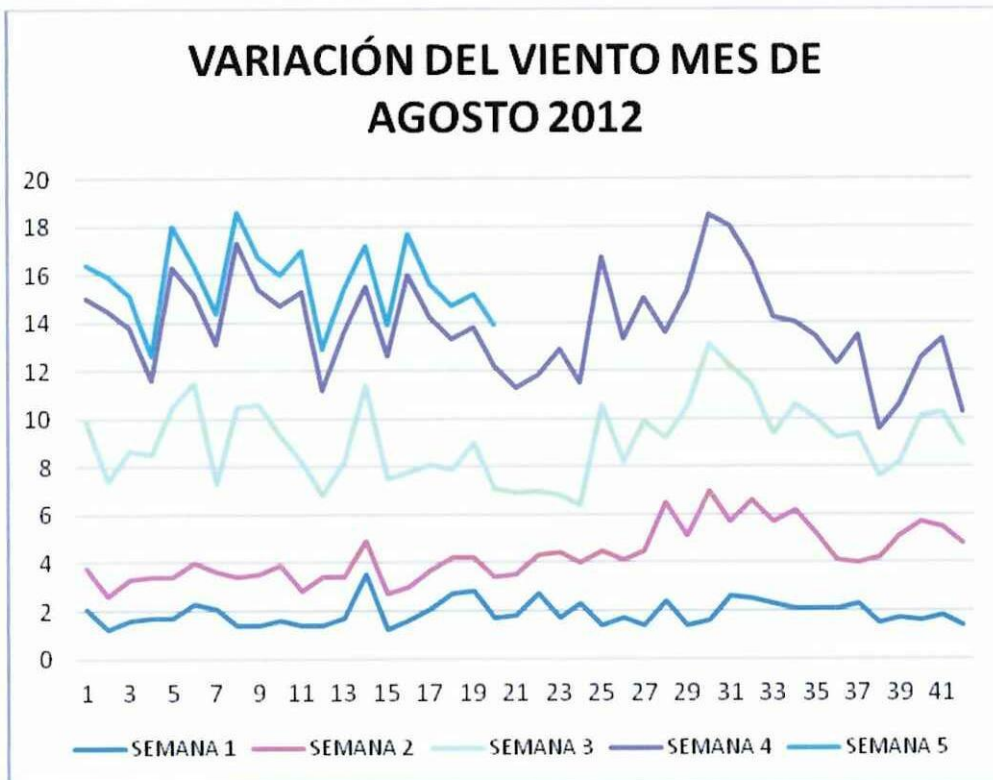
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.3 CAP. III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE AGOSTO DEL
2012

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
2,1	1,4	1,7	2	6,1	5,1	5,1	1,7	1,4
1,2	1,1	1,4	2	4,8	4,8	7,1	1,7	1,4
1,6	1,5	1,7	3,1	5,4	4,4	5,1	1,7	1,3
1,7	1,7	1,7	3,4	5,1	5,8	3,1	1,6	1
1,7	1,2	1,7	3,4	7,1	7,1	5,8	1,7	1,7
2,3	1,7	1,7	2,4	7,5	6,8	3,7	1,4	1,2
2,1	1,8	1,5	5,1	3,7	6,1	5,8	1,7	1,3
1,4	1,7	2	6,5	7,1	6,1	6,8	1,7	1,3
1,4	1,1	2,1	4,4	7,1	6,1	4,8	1,3	1,3
1,6	1,2	2,3	3,7	5,4	7,1	5,4	1,2	1,3
1,4	1,9	1,4	5,4	5,4	5,1	7,1	1,5	1,7
1,4	1,2	2	4,8	3,4	3,4	4,4	1,6	1,7
1,7	1,7	1,7	6,5	4,8	5,8	5,4	1,7	1,8
3,5	1,4	1,4	4,1	6,5	5,1	4,1	1,3	1,7
1,2	1,3	1,5	5,8	4,8	4,8	5,1	1,7	1,3
1,6	1,2	1,4	6,1	4,8	6,1	8,2	1,7	1,7
2,1	1,1	1,6	5,8	4,4	4,4	6,1	1,4	1,4
2,7	1,2	1,5	5,4	3,7	4,1	5,4	1,4	1,4
2,8	1,8	1,4	5,8	4,8	4,4	4,8	1,7	1,4
1,7	1,6	1,7	4,1	3,7	6,8	5,1	1,4	1,7
1,8	1,4	1,7	6,8	3,4	6,8	4,4	1,3	
2,7	1,5	1,6	3,1	2,7	5,8	4,8	1,3	
1,7	1,3	2,7	6,8	2,4	6,1	6,1	1,6	
2,3	1,6	1,7	6,5	2,4	5,1	5,1	1,7	
1,4	1,4	3,1	5,4	6,1	3,1	6,1	1,4	
1,7		2,4		4,1		5,1		
1,4		3,1		5,4		5,1		
2,4		4,1		2,7		4,4		
1,4		3,7		5,4		4,8		
1,6		5,4		6,1		5,4		
2,6		3,1		6,5		5,8		
2,5		4,1		4,8		5,1		
2,3		3,4		3,7		4,8		
2,1		4,1		4,4		3,4		
2,1		3,1		4,8		3,4		
2,1		2		5,1		3,1		
2,3		1,7		5,4		4,1		
1,5		2,7		3,4		2		
1,7		3,4		3,1		2,4		
1,6		4,1		4,4		2,4		
1,8		3,7		4,8		3		
1,4		3,4		4,1		1,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,05
Máx.	8,2
Mín.	5,9



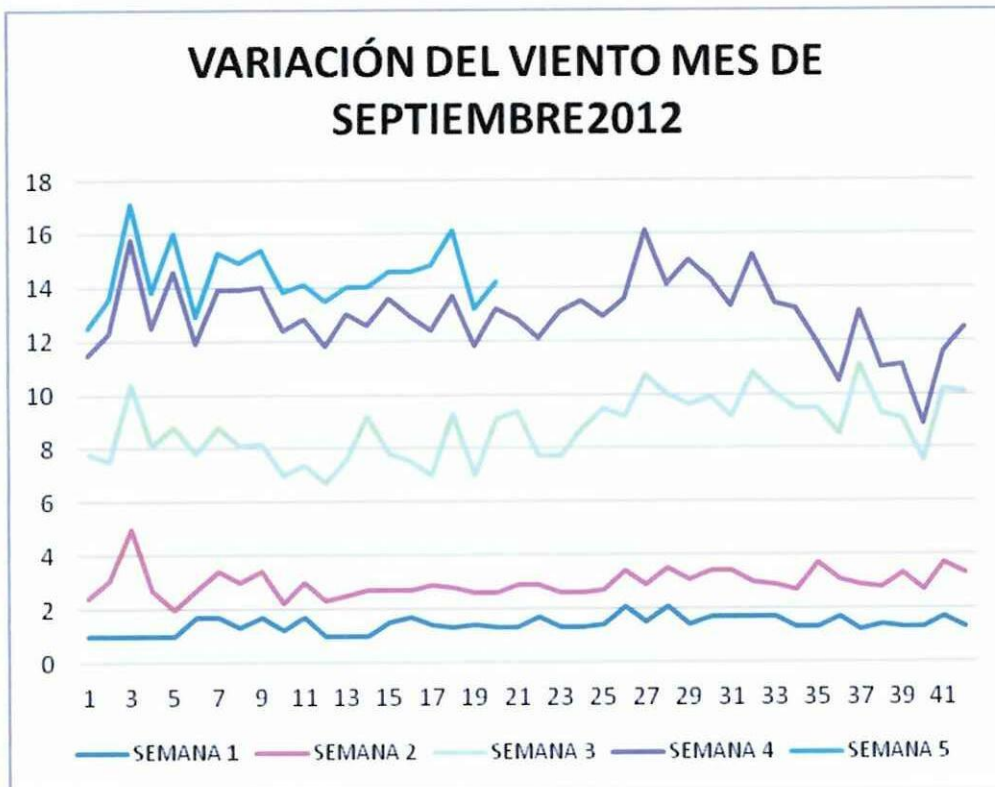
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.4 CAP.III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2012

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1	1,4	1,4	2,7	5,4	5,8	3,7	1,7	1
1	1,4	2,1	3,1	4,4	6,5	4,8	1,4	1,3
1	1,2	4	1,4	5,4	4,1	5,4	1,4	1,3
1	1,7	1,7	3,7	5,4	5,8	4,4	1,7	1,3
1	1,3	1	4,1	6,8	5,8	5,8	1,4	1,4
1,7	1,4	1	1,7	5,1	4,8	4,1	1,3	1
1,7	1,7	1,7	2,7	5,4	5,1	5,1	2	1,4
1,3	1,7	1,7	2,4	5,1	4,1	5,8	1,3	1
1,7	1,4	1,7	1,7	4,8	5,8	5,8	1,4	1,4
1,2	1,7	1	4,4	4,8	5,4	5,4	1,2	1,4
1,7	1,7	1,3	6,8	4,4	3,7	5,4	1	1,3
1	2	1,3	5,8	4,4	3,7	5,1	1	1,7
1	2,4	1,5	8,5	5,1	3,7	5,4	1,7	1
1	2,7	1,7	4,8	6,5	5,8	3,4	1,7	1,4
1,5	3,1	1,2	7,5	5,1	4,4	5,8	1,7	1
1,7	2	1	6,8	4,8	6,5	5,4	1,3	1,7
1,4	1,7	1,5	8,8	4,1	3,7	5,4	1,5	2,4
1,3	1,7	1,5	7,1	6,5	5,1	4,4	1,3	2,4
1,4	1	1,2	6,5	4,4	4,4	4,8	1,7	1,4
1,3	1	1,3	7,5	6,5	4,8	4,1	1,7	1
1,3	1,7	1,6	2	6,5	5,4	3,4	1,7	1,7
1,7	1,2	1,2	9,2	4,8	4,4	4,4	1,4	2,4
1,3	1,5	1,3	7,5	5,1	5,1	5,4	1,4	2,4
1,3	1,3	1,3	6,1	6,1	4,1	4,8	1,3	1,4
1,4	1,7	1,3	5,8	6,8	4,4	3,4	1,7	1
2,1		1,3		5,8		4,4		
1,5		1,4		7,8		5,4		
2,1		1,4		6,5		4,1		
1,4		1,7		6,5		5,4		
1,7		1,7		6,5		4,4		
1,7		1,7		5,8		4,1		
1,7		1,3		7,8		4,4		
1,7		1,2		7,1		3,4		
1,3		1,4		6,8		3,7		
1,3		2,4		5,8		2,4		
1,7		1,4		5,4		2		
1,2		1,7		8,2		2		
1,4		1,4		6,5		1,7		
1,3		2		5,8		2		
1,3		1,4		4,8		1,4		
1,7		2		6,5		1,4		
1,3		2		6,8		2,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,53
Máx.	9,2
Mín.	5,85



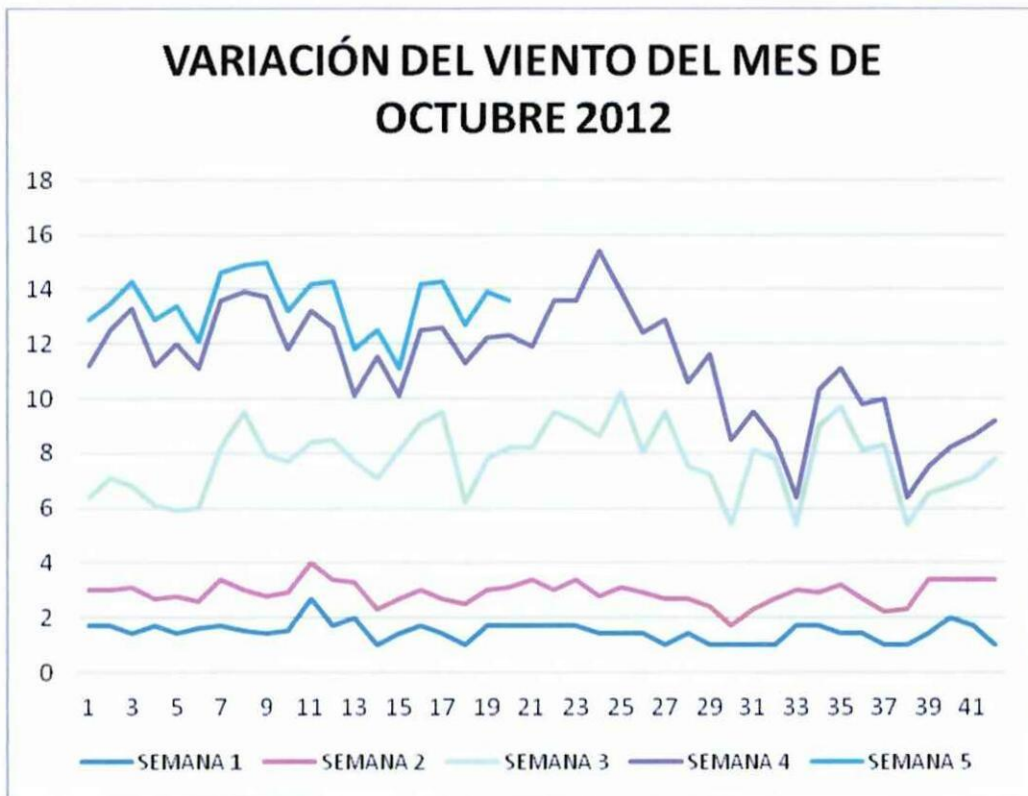
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.5 CAP III

**VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE OCTUBRE DEL
2012**

SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5
1,7	2	1,3	1,7	3,4	4,8	4,8	2,4	1,7
1,7	2	1,3	1,7	4,1	5,1	5,4	2	1
1,4	1,7	1,7	2,4	3,7	3,7	6,5	1,4	1
1,7	1	1	3,1	3,4	1	5,1	2	1,7
1,4	1,7	1,4	1,4	3,1	2,4	6,1	1,7	1,4
1,6	1	1	2	3,4	2,7	5,1	1	1
1,7	1,7	1,7	2	4,8	3,7	5,4	1	1
1,5	2	1,5	1,6	6,5	6,1	4,4	1	1
1,4	1,4	1,4	1,3	5,1	4,8	5,8	1,4	1,3
1,5	1,4	1,4	1,3	4,8	5,4	4,1	1,7	1,4
2,7	1,4	1,3	1	4,4	5,1	4,8	1	1
1,7	1,5	1,7	1,7	5,1	5,4	4,1	1,3	1,7
2	1,4	1,3	3,1	4,4	4,1	2,4	1,4	1,7
1	1,4	1,3	3,4	4,8	4,1	4,4	1,7	1
1,4	1,3	1,3	3,4	5,4	3,7	2	1,7	1
1,7	1,3	1,3	3,1	6,1	5,1	3,4	1,7	1,7
1,4	1,5	1,3	5,8	6,8	3,4	3,1	1	1,7
1	1	1,5	5,1	3,7	1,7	5,1	1,4	1,4
1,7	1,7	1,3	4,8	4,8	3,7	4,4	1	1,7
1,7	1,7	1,4	4,8	5,1	4,1	4,1	1,7	1,7
1,7	1,5	1,7	5,4	4,8	3,1	3,7	1	1,3
1,7	1,7	1,3	4,8	6,5	2,7	4,1	1	
1,7	1,4	1,7	5,8	5,8	5,4	4,4	1,7	
1,4	1,3	1,4	4,4	5,8	5,4	6,8	1	
1,4	1,7	1,7	5,8	7,1	5,1	3,7	1	
1,4		1,5		5,1		4,4		
1		1,7		6,8		3,4		
1,4		1,3		4,8		3,1		
1		1,4		4,8		4,4		
1		0,7		3,7		3,1		
1		1,3		5,8		1,4		
1		1,7		5,1		0,7		
1,7		1,3		2,4		1		
1,7		1,2		6,1		1,3		
1,4		1,8		6,5		1,4		
1,4		1,3		5,4		1,7		
1		1,2		6,1		1,7		
1		1,3		3,1		1		
1,4		2		3,1		1		
2		1,4		3,4		1,4		
1,7		1,7		3,7		1,5		
1		2,4		4,4		1,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,4
Máx.	7,1
Mín.	5,7



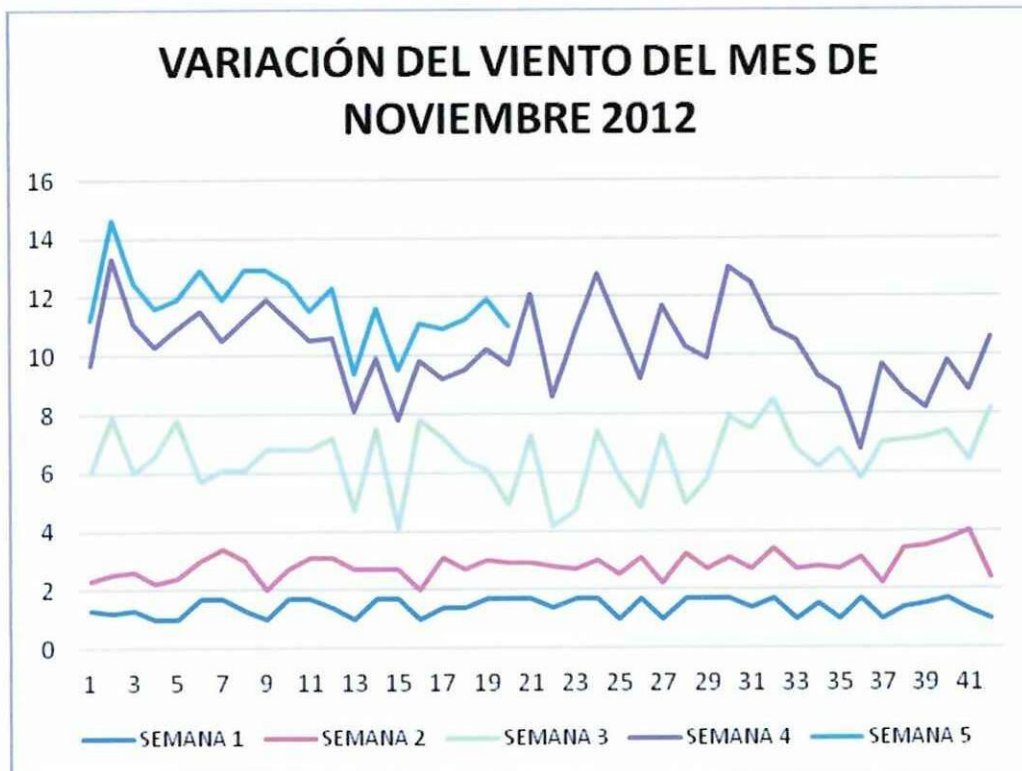
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.6 CAP III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE NOVIEMBRE DEL
2012

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,3	1,3	1	1,7	3,7	3,7	3,7	3,4	1,5
1,2	1,3	1,3	2,7	5,4	3,4	5,4	2,7	1,3
1,3	1,3	1,3	1,4	3,4	3,7	5,1	2,4	1,4
1	1	1,2	2,4	4,4	6,5	3,7	2	1,3
1	1	1,4	2,4	5,4	4,4	3,1	1,7	1
1,7	1,7	1,3	2	2,7	4,8	5,8	1,3	1,4
1,7	1,3	1,7	2,4	2,7	3,4	4,4	1	1,4
1,3	1,2	1,7	2	3,1	4,8	5,1	1,4	1,7
1	1,3	1	1,7	4,8	5,1	5,1	1,4	1
1,7	1,3	1	3,1	4,1	5,4	4,4	1	1,3
1,7	1,4	1,4	3,1	3,7	5,4	3,7	1,4	1
1,4	1,7	1,7	4,4	4,1	2,4	3,4	1,7	1,7
1	1,7	1,7	4,4	2	6,8	3,4	1	1,3
1,7	1,7	1	2,4	4,8	5,8	2,4	1	1,7
1,7	1,5	1	3,1	1,4	6,1	3,7	1,4	1,7
1	1,3	1	2,7	5,8	2,4	2	2	1,3
1,4	1,3	1,7	2,7	4,1	4,1	2	1,7	1,7
1,4	1,4	1,3	3,7	3,7	6,8	3,1	1	1,7
1,7	1,3	1,3	3,4	3,1	5,4	4,1	1,4	1,7
1,7	1,3	1,2	3,4	2	7,5	4,8	1	1,3
1,7	1,3	1,2	2,4	4,4	7,1	4,8	1,7	
1,4	1,7	1,4	4,1	1,4	6,8	4,4	1,3	
1,7	1,3	1	3,7	2	6,8	6,1	2	
1,7	1,3	1,3	2,4	4,4	6,5	5,4	1	
1	1,7	1,5	4,8	3,4	4,8	5,1	1,4	
1,7		1,4		1,7		4,4		
1		1,2		5,1		4,4		
1,7		1,5		1,7		5,4		
1,7		1		3,1		4,1		
1,7		1,4		4,8		5,1		
1,4		1,3		4,8		5		
1,7		1,7		5,1		2,4		
1		1,7		4,1		3,7		
1,5		1,3		3,4		3,1		
1		1,7		4,1		2		
1,7		1,4		2,7		1		
1		1,2		4,8		2,7		
1,4		2		3,7		1,7		
1,5		2		3,7		1		
1,7		2		3,7		2,4		
1,3		2,7		2,4		2,4		
1		1,4		5,8		2,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,45
Máx.	8,5
Mín.	6,4



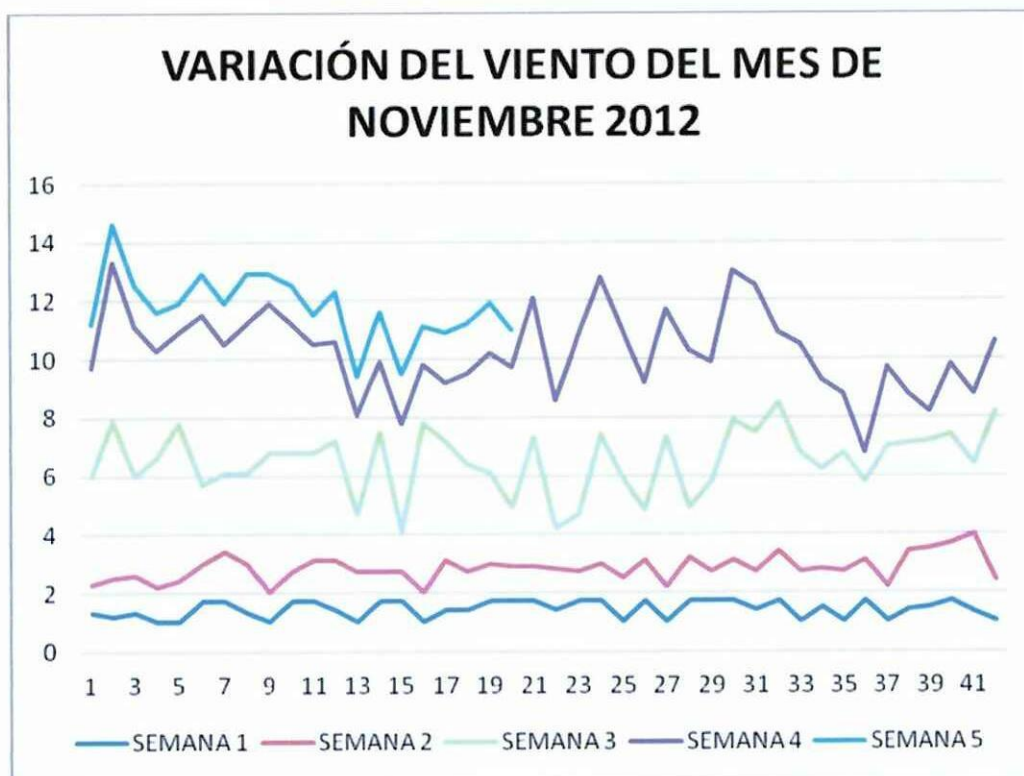
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.7 CAP. III

**VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE NOVIEMBRE
DEL 2012**

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,3	1,3	1	1,7	3,7	3,7	3,7	3,4	1,5
1,2	1,3	1,3	2,7	5,4	3,4	5,4	2,7	1,3
1,3	1,3	1,3	1,4	3,4	3,7	5,1	2,4	1,4
1	1	1,2	2,4	4,4	6,5	3,7	2	1,3
1	1	1,4	2,4	5,4	4,4	3,1	1,7	1
1,7	1,7	1,3	2	2,7	4,8	5,8	1,3	1,4
1,7	1,3	1,7	2,4	2,7	3,4	4,4	1	1,4
1,3	1,2	1,7	2	3,1	4,8	5,1	1,4	1,7
1	1,3	1	1,7	4,8	5,1	5,1	1,4	1
1,7	1,3	1	3,1	4,1	5,4	4,4	1	1,3
1,7	1,4	1,4	3,1	3,7	5,4	3,7	1,4	1
1,4	1,7	1,7	4,4	4,1	2,4	3,4	1,7	1,7
1	1,7	1,7	4,4	2	6,8	3,4	1	1,3
1,7	1,7	1	2,4	4,8	5,8	2,4	1	1,7
1,7	1,5	1	3,1	1,4	6,1	3,7	1,4	1,7
1	1,3	1	2,7	5,8	2,4	2	2	1,3
1,4	1,3	1,7	2,7	4,1	4,1	2	1,7	1,7
1,4	1,4	1,3	3,7	3,7	6,8	3,1	1	1,7
1,7	1,3	1,3	3,4	3,1	5,4	4,1	1,4	1,7
1,7	1,3	1,2	3,4	2	7,5	4,8	1	1,3
1,7	1,3	1,2	2,4	4,4	7,1	4,8	1,7	1,7
1,4	1,7	1,4	4,1	1,4	6,8	4,4	1,3	1,7
1,7	1,3	1	3,7	2	6,8	6,1	2	1,7
1,7	1,3	1,3	2,4	4,4	6,5	5,4	1	1,7
1	1,7	1,5	4,8	3,4	4,8	5,1	1,4	1,3
1,7		1,4		1,7		4,4		
1		1,2		5,1		4,4		
1,7		1,5		1,7		5,4		
1,7		1		3,1		4,1		
1,7		1,4		4,8		5,1		
1,4		1,3		4,8		5		
1,7		1,7		5,1		2,4		
1		1,7		4,1		3,7		
1,5		1,3		3,4		3,1		
1		1,7		4,1		2		
1,7		1,4		2,7		1		
1		1,2		4,8		2,7		
1,4		2		3,7		1,7		
1,5		2		3,7		1		
1,7		2		3,7		2,4		
1,3		2,7		2,4		2,4		
1		1,4		5,8		2,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,45
Máx.	8,5
Mín.	6,4



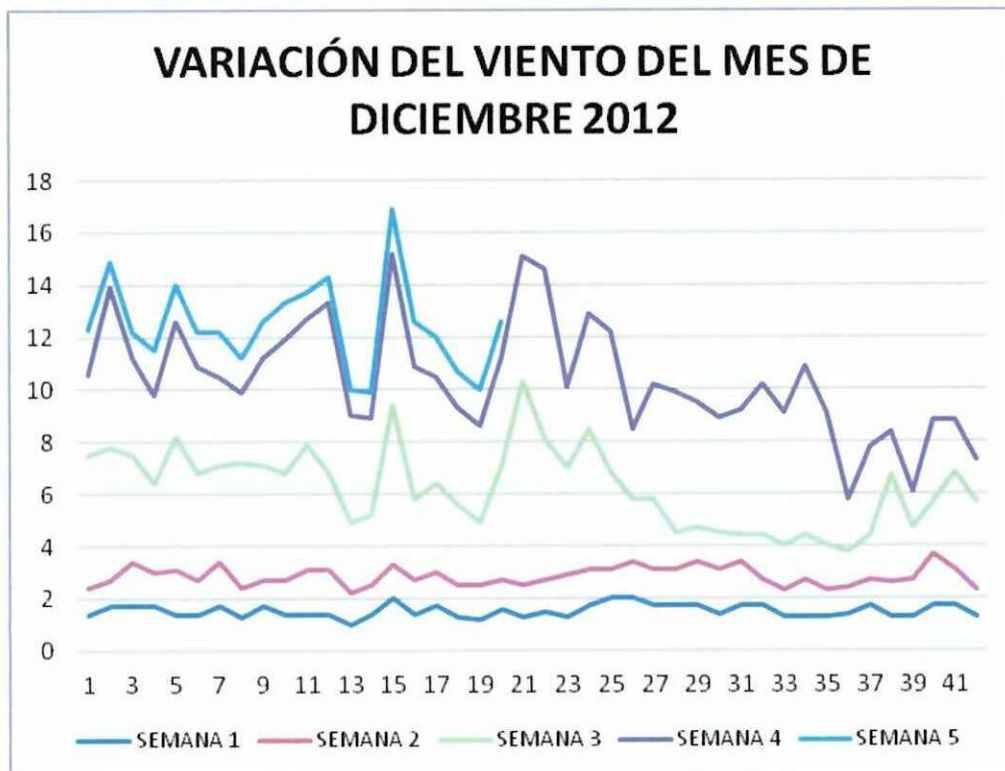
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.8 CAP III

**VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE DICIEMBRE DEL
2012**

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,4	1,3	1	1,7	5,1	4,8	3,1	3,1	1,7
1,7	1,3	1	2,4	5,1	3,1	6,1	3,7	1
1,7	1,3	1,7	3,1	4,1	3,7	3,7	2,4	1
1,7	1,3	1,3	2,4	3,4	4,1	3,4	2,7	1,7
1,4	1,7	1,7	2	5,1	3,7	4,4	1	1,4
1,4	1,5	1,3	2,7	4,1	1,7	4,1	1,7	1,3
1,7	1,7	1,7	2,7	3,7	2,4	3,4	1,7	1,7
1,3	1,4	1,1	4,8	4,8	3,4	2,7	2,7	1,3
1,7	1,7	1	3,4	4,4	1,7	4,1	1,4	1,4
1,4	1,4	1,3	4,1	4,1	3,7	5,1	2,7	1,4
1,4	1,3	1,7	3,1	4,8	5,1	4,8	2,7	1
1,4	1,6	1,7	3,4	3,7	5,1	6,5	1,7	1
1	1,7	1,2	3,4	2,7	4,8	4,1	1,4	1
1,4	1,7	1,1	4,1	2,7	6,1	3,7	1	1
2	1,1	1,3	3,1	6,1	4,8	5,8	1	1,7
1,4	1,2	1,3	2,4	3,1	3,1	5,1	1	1,7
1,7	1	1,3	3,1	3,4	2,7	4,1	1,3	1,5
1,3	1	1,2	4,8	3,1	2	3,7	1,7	1,4
1,2	1,3	1,3	6,5	2,4	2	3,7	1,7	1,4
1,6	1,3	1,1	5,8	4,4	1,4	4,1	1,7	1,4
1,3	1,3	1,2	5,8	7,8	1,4	4,8	1	
1,5	1,2	1,2	6,5	5,4	2	6,5	1,6	
1,3	1,7	1,6	4,8	4,1	2	3,1	1,4	
1,7	1,3	1,4	5,8	5,4	3,4	4,4	1,4	
2	1,1	1,1	6,5	3,7	2,7	5,4	1	
2		1,4		2,4		2,7		
1,7		1,4		2,7		4,4		
1,7		1,4		1,4		5,4		
1,7		1,7		1,3		4,8		
1,4		1,7		1,4		4,4		
1,7		1,7		1		4,8		
1,7		1		1,7		5,8		
1,3		1		1,7		5,1		
1,3		1,4		1,7		6,5		
1,3		1		1,7		5,1		
1,4		1		1,4		2		
1,7		1		1,7		3,4		
1,3		1,3		4,1		1,7		
1,3		1,4		2		1,4		
1,7		2		2		3,1		
1,7		1,4		3,7		2		
1,3		1		3,4		1,6		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,59
Máx.	7,8
Mín.	5,37



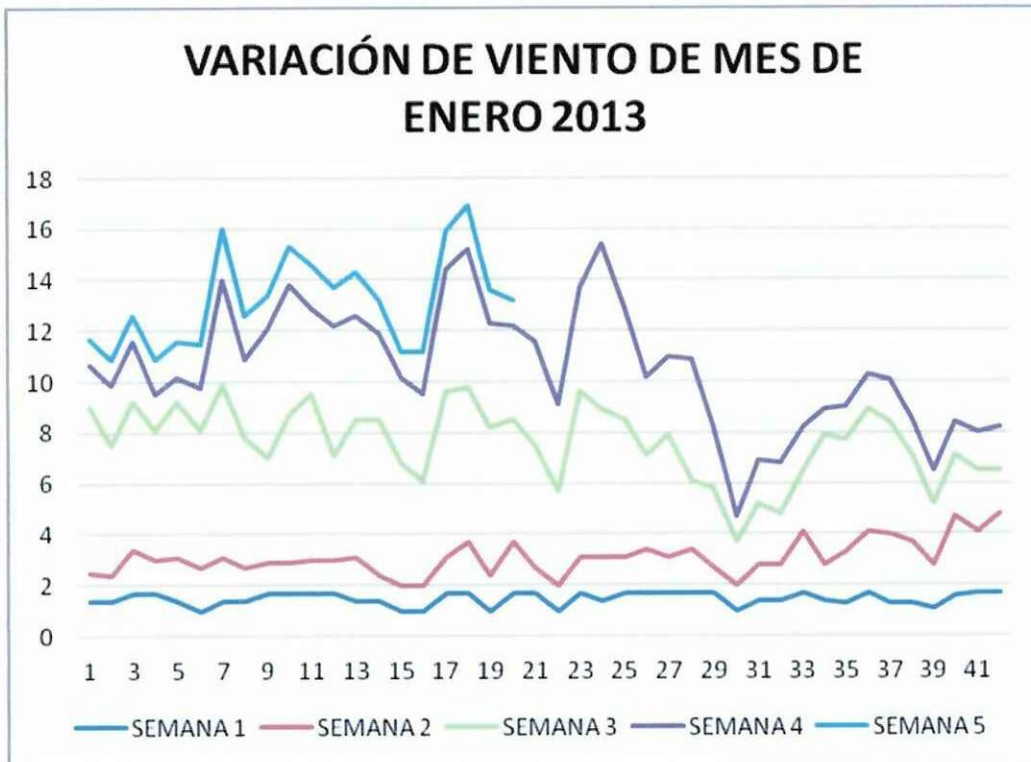
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.9 CAP.III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE ENERO DEL 2013

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,4	1,3	1,1	2	6,5	2	1,7	2	1
1,4	1,3	1	3,1	5,1	3,1	2,4	2,4	1
1,7	1,3	1,7	2,4	5,8	2	2,4	1,5	1
1,7	1,7	1,3	2,4	5,1	2,7	1,4	1,7	1,4
1,4	1,3	1,7	2,7	6,1	2	1	1,4	1,4
1	1,1	1,7	2,4	5,4	1,7	1,7	1	1,7
1,4	1,7	1,7	3,4	6,8	3,1	4,1	1,4	2
1,4	1,7	1,3	5,1	5,1	5,4	3,1	1,7	1,7
1,7	1,7	1,2	5,1	4,1	4,4	5,1	1,5	1,3
1,7	1	1,2	2,4	5,8	4,1	5,1	1,3	1,5
1,7	1,7	1,3	4,4	6,5	3,7	3,4	1,3	1,7
1,7	1	1,3	4,1	4,1	5,8	5,1	1	1,5
1,4	1,7	1,7	5,4	5,4	5,8	4,1	1,7	1,7
1,4	1	1	5,1	6,1	3,4	3,4	2,4	1,3
1	1	1	5,8	4,8	4,1	3,4	1,4	1
1	1,7	1	5,1	4,1	3,7	3,4	1,3	1,7
1,7	1,7	1,4	4,1	6,5	4,8	4,8	1,7	1,5
1,7	1,3	2	5,1	6,1	6,1	5,4	1,5	1,7
1	1,3	1,4	4,1	5,8	5,4	4,1	1,4	1,3
1,7	1,3	2	5,1	4,8	6,1	3,7	1,7	1
1,7	1,3	1	3,7	4,8	4,1	4,1	1,5	
1	1,3	1	5,1	3,7	1,4	3,4	2,4	
1,7	1,4	1,4	5,8	6,5	1	4,1	1,7	
1,4	1,7	1,7	5,8	5,8	2,4	6,5	1	
1,7	1,3	1,4	5,4	5,4	2,7	4,4	1,7	
1,7		1,7		3,7		3,1		
1,7		1,4		4,8		3,1		
1,7		1,7		2,7		4,8		
1,7		1		3,1		2,4		
1		1		1,7		1		
1,4		1,4		2,4		1,7		
1,4		1,4		2		2		
1,7		2,4		2,4		1,7		
1,4		1,4		5,1		1		
1,3		2		4,4		1,3		
1,7		2,4		4,8		1,4		
1,3		2,7		4,4		1,7		
1,3		2,4		3,4		1,4		
1,1		1,7		2,4		1,3		
1,6		3,1		2,4		1,3		
1,7		2,4		2,4		1,5		
1,7		3,1		1,7		1,7		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,36
Máx.	7,5
Mín.	5,22



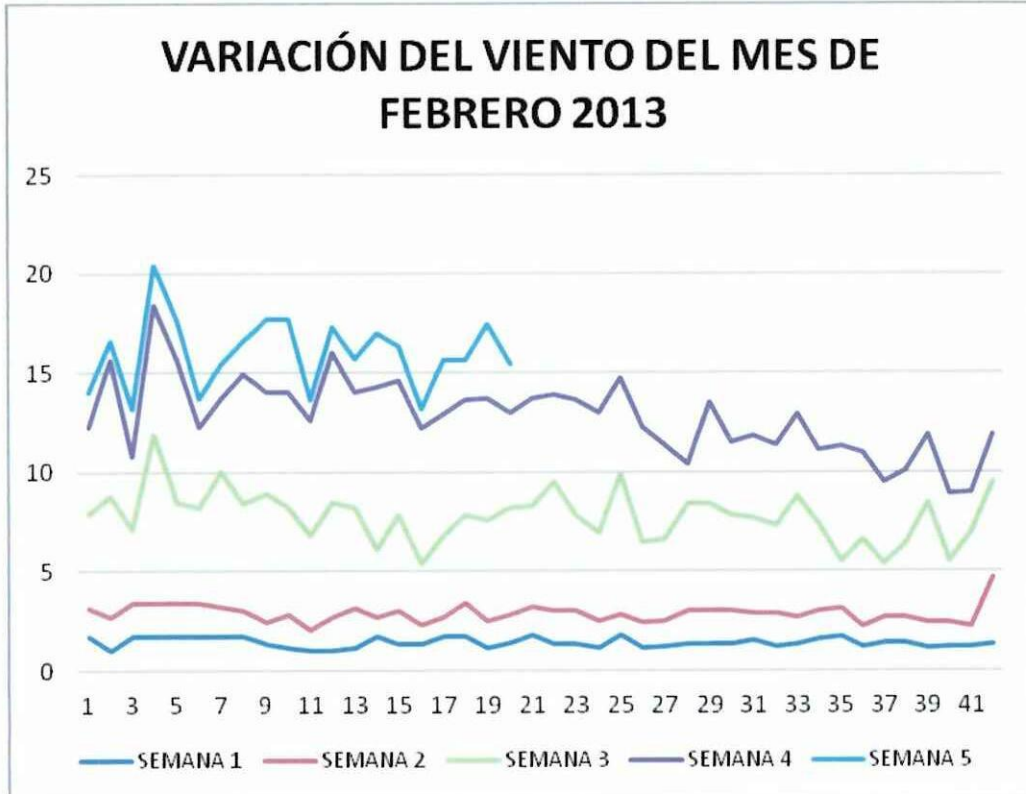
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.10 CAP III

**VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE FEBRERO DEL
2013**

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,7	1,1	1,4	2,7	4,8	8,2	4,4	1,7	1,7
1	1,2	1,7	2	6,1	6,5	6,8	3,1	1
1,7	1,7	1,7	1,7	3,7	5,4	3,7	1	2,4
1,7	1,3	1,7	1	8,5	4,8	6,5	2	2
1,7	1,4	1,7	3,1	5,1	5,4	7,1	1,7	2
1,7	1,3	1,7	2,7	4,8	7,5	4,1	1,4	1,4
1,7	1,7	1,5	2,4	6,8	5,4	3,7	1,3	1,7
1,7	1,7	1,3	4,1	5,4	6,5	6,5	2,4	1,7
1,3	1,3	1,1	2,7	6,5	5,4	5,1	1,4	3,7
1,1	1,3	1,7	5,4	5,4	7,8	5,8	2	3,7
1	1,7	1	3,7	4,8	5,8	5,8	1,7	1
1	1,4	1,7	4,8	5,8	5,1	7,5	1	1,3
1,1	1,7	2	6,1	5,1	4,1	5,8	1,7	1,7
1,7	1,7	1	5,8	3,4	5,4	8,2	1	2,7
1,3	2	1,7	6,5	4,8	6,1	6,8	3,7	1,7
1,3	1	1	6,1	3,1	6,5	6,8	2	1
1,7	1	1	7,1	4,1	4,8	6,1	1,7	2,7
1,7	1,4	1,7	6,8	4,4	4,8	5,8	1,7	2
1,1	1,7	1,4	6,8	5,1	4,8	6,1	1,4	3,7
1,4	1,7	1,4	4,8	5,4	5,8	4,8	1,7	2,4
1,8	1,4	1,4	6,1	5,1	5,8	5,4	2,4	
1,3	1,4	1,7	4,5	6,5	5,1	4,4	1,7	
1,3	1	1,7	5,8	4,8	5,1	5,8	1,3	
1,1	1	1,4	6,1	4,4	4,4	6,1	1,7	
1,8	1,7	1	6,8	7,1	5,8	4,8	1,3	
1,1		1,3		4,1		5,8		
1,2		1,3		4,1		4,8		
1,3		1,7		5,4		2		
1,3		1,7		5,4		5,1		
1,3		1,7		4,8		3,7		
1,5		1,4		4,8		4,1		
1,2		1,7		4,4		4,1		
1,3		1,4		6,1		4,1		
1,6		1,4		4,4		3,7		
1,7		1,4		2,4		5,8		
1,2		1		4,4		4,4		
1,4		1,3		2,7		4,1		
1,4		1,3		3,7		3,7		
1,1		1,3		6,1		3,4		
1,2		1,2		3,1		3,4		
1,2		1		4,8		2		
1,3		3,4		4,8		2,4		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	6,95
Máx.	8,5
Mín.	5,4



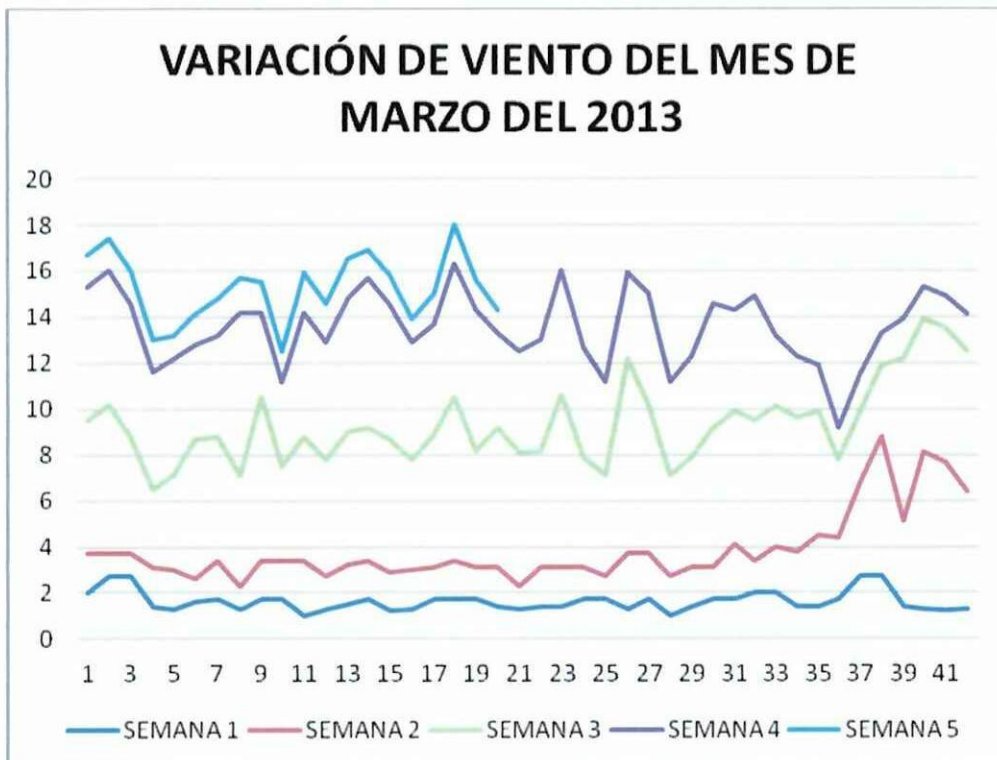
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.11 CAP. III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE MARZO 2013

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
2	1,4	1,7	5,8	5,8	5,4	5,8	1,3	1,4
2,7	1	1	5,8	6,5	6,5	5,8	1,3	1,4
2,7	2	1	4,4	5,1	8,2	5,8	1,4	1,4
1,4	2	1,7	6,1	3,4	7,5	5,1	1,7	1,4
1,3	1,7	1,7	7,1	4,1	5,1	5,1	1,7	1
1,6	1,4	1	5,8	6,1	5,4	4,1	1,3	1,3
1,7	1	1,7	5,4	5,4	5,4	4,4	1,3	1,6
1,3	1	1	5,8	4,8	5,4	7,1	1,6	1,5
1,7	1	1,7	6,8	7,1	4,8	3,7	1,4	1,3
1,7	1,3	1,7	6,1	4,1	5,1	3,7	1	1,3
1	1,7	2,4	6,1	5,4	6,8	5,4	1,7	1,7
1,3	1,7	1,4	6,8	5,1	5,8	5,1	1,7	1,7
1,5	1,3	1,7	4,4	5,8	4,8	5,8	1	1,7
1,7	1,7	1,7	8,2	5,8	5,4	6,5	1	1,2
1,2	1,7	1,7	5,4	5,8	6,1	5,8	1,2	1,3
1,3	1,3	1,7	7,1	4,8	6,8	5,1	1	1
1,7	1,7	1,4	5,1	5,8	6,1	4,8	1,7	1,3
1,7	1,6	1,7	7,1	7,1	5,4	5,8	2	1,7
1,7	1	1,4	4,1	5,1	3,7	6,1	2	1,3
1,4	1	1,7	5,4	6,1	6,8	4,1	1,7	1
1,3	1,3	1	7,1	5,8	5,8	4,4	1,4	
1,4	1	1,7	7,1	5,1	5,1	4,8	1,4	
1,4	1,7	1,7	7,8	7,5	5,1	5,4	1,4	
1,7	1,4	1,4	6,5	4,8	5,1	4,8	1	
1,7	1	1	4,8	4,4	7,1	4,1	1,8	
1,3		2,4		8,5		3,7		
1,7		2		6,5		4,8		
1		1,7		4,4		4,1		
1,4		1,7		4,8		4,4		
1,7		1,4		6,1		5,4		
1,7		2,4		5,8		4,4		
2		1,4		6,1		5,4		
2		2		6,1		3,1		
1,4		2,4		5,8		2,7		
1,4		3,1		5,4		2		
1,7		2,7		3,4		1,4		
2,7		4,1		3,1		1,6		
2,7		6,1		3,1		1,4		
1,4		3,7		7,1		1,7		
1,3		6,8		5,8		1,4		
1,2		6,5		5,8		1,4		
1,3		5,1		6,1		1,6		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,85
Máx.	9,5
Mín.	6,2



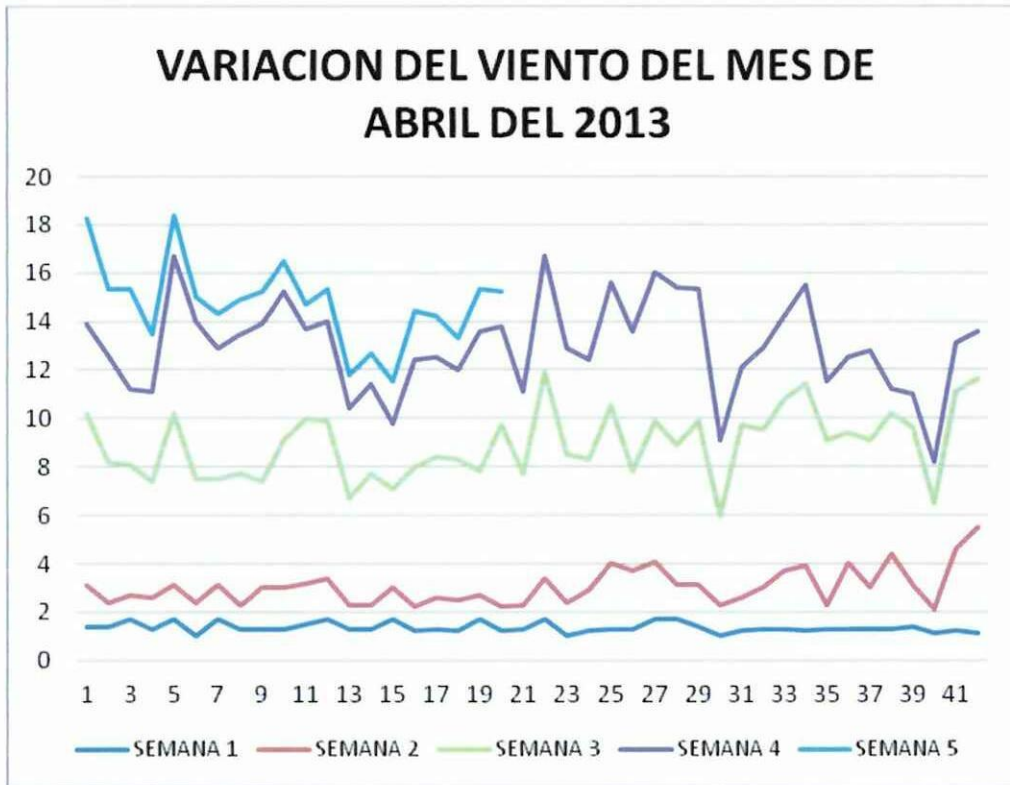
Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA N° 3.12 CAP III

VELOCIDAD DEL VENTO EN m/s TOMADAS EN EL MES DE ABRIL DEL 2013

SEMANA 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 5
1,4	1,2	1,7	3,4	7,1	4,4	3,7	1,7	4,4
1,4	1,3	1	5,1	5,8	5,1	4,4	1,7	2,7
1,7	1,7	1	5,1	5,4	2,7	3,1	4,1	4,1
1,3	1,3	1,3	5,8	4,8	5,4	3,7	1,7	2,4
1,7	1,3	1,4	4,1	7,1	4,1	6,5	3,7	1,7
1	1,1	1,4	4,4	5,1	2,7	6,5	1,7	1
1,7	1,3	1,4	4,8	4,4	5,8	5,4	3,4	1,4
1,3	1,3	1	5,8	5,4	4,4	5,8	2,4	1,4
1,3	1,4	1,7	5,4	4,4	3,7	6,5	0,3	1,3
1,3	1	1,7	4,1	6,1	5,4	6,1	3,1	1,3
1,5	1,3	1,7	5,4	6,8	4,1	3,7	1,4	1
1,7	1,2	1,7	5,1	6,5	6,8	4,1	1,3	1,3
1,3	1,7	1	4,8	4,4	6,5	3,7	1	1,4
1,3	1,7	1	6,8	5,4	6,8	3,7	1,4	1,3
1,7	1,3	1,3	5,8	4,1	3,7	2,7	1,3	1,7
1,2	1,3	1	5,4	5,8	7,5	4,4	1,7	2
1,3	1	1,3	4,1	5,8	6,8	4,1	2	1,7
1,2	1	1,3	4,1	5,8	6,1	3,7	1	1,3
1,7	1,7	1	4,8	5,1	5,1	5,8	2,4	1,7
1,2	1,7	1	3,1	7,5	5,8	4,1	1,4	1,4
1,3	1,3	1	5,8	5,4	5,8	3,4	3,1	
1,7	1,7	1,7	5,4	8,5	6,8	4,8	2	
1	1	1,4	6,8	6,1	8,2	4,4	2,4	
1,2	1,3	1,7	5,1	5,4	4,1	4,1	3,7	
1,3	1,7	2,7	5,8	6,5	4,1	5,1	2,4	
1,3		2,4		4,1		5,8		
1,7		2,4		5,8		6,1		
1,7		1,4		5,8		6,5		
1,4		1,7		6,8		5,4		
1		1,3		3,7		3,1		
1,2		1,4		7,1		2,4		
1,3		1,7		6,5		3,4		
1,3		2,4		7,1		3,4		
1,2		2,7		7,5		4,1		
1,3		1		6,8		2,4		
1,3		2,7		5,4		3,1		
1,3		1,7		6,1		3,7		
1,3		3,1		5,8		1		
1,4		1,7		6,5		1,4		
1,1		1		4,4		1,7		
1,2		3,4		6,5		2		
1,1		4,4		6,1		2		

ITEM	Velocidad en m/s
Promedio	7,7
Máx.	8,5
Mín.	6,9



Elaborado por: DIEGO BARRERA

ANEXO TABLA 21 CAP III

Datos técnicos del polipropileno usado para la construcción de las paletas del aerogenerador.

POLIPROPILENO HOMOPOLIMERO				PP - H
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	0.91
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	300 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	80 / 120
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	230
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	600
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	11500
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	71 - 74
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.30 a 0.45
RES. AL DESGASTE POR ROCE				REGULAR
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.48
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			0 a 100
TEMP. DE FUSION	°C			160
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00018
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.19
PROPIEDADES ELECTRICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	2,25
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 KHZ		D-150	53483	2,4
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	2,4
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	< 0.01
RESISTENCIA SUPERFICIAL	Ohm	D-257	53482	10 a la 16
RESISTENCIA VOLUMETRICA	Ohms-cm	D-257	53482	10 a la 15
RIGIDEZ DIELECTRICA	Kv/mm	D-149		50
PROPIEDADES QUIMICAS			OBSERVACIONES	
RESISTENCIA A HIDROCARBUROS			REGULAR	
RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES A TEMP. AMBIENTE			MUY BUENA	
RESISTENCIA A ALCALIS DEBILES A TEMP. AMBIENTE			MUY BUENA	
RESISTENCIA A PROD. QUIMICOS DEFINIDOS			CONSULTAR	

EFFECTO DE LOS RAYOS SOLARES	LO AFECTAN
APROBADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS	SI
COMPORTAMIENTO A LA COMBUSTION	ARDE FACILMENTE
PROPAGACION DE LLAMA	MANTIENE LA LLAMA
COMPORTAMIENTO AL QUEMARLO	FUNDE Y GOTEA
COLOR DE LA LLAMA	AZUL PUNTA AMARILLA
OLOR AL QUEMARLO	PARAFINA

Fuente: Descripción de materiales, catalogo del aerogenerador.

Elaborado por: DIEGO BARRERA