



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE  
SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS,  
ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA.**

**Guido Hernán Reyes Montenegro**

Asesorado por Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez

**Guatemala, octubre de 2011**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE  
SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS,  
ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GUIDO HERNÁN REYES MONTENEGRO**

ASESORADO POR EL ING. NATANAEL JONATHAN REQUENA GÓMEZ  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

GUATEMALA OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL I	ING. ALFREDO ENRIQUE BEBER ACEITUNO
VOCAL II	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO
VOCAL III	ING. MIGUEL ÁNGEL DÁVILA
VOCAL IV	BR. LUIS PEDRO ORTÍZ DE LEÓN
VOCAL V	P.A. JOSÉ ALFREDO ORTÍZ HERINCX
SECRETARIO	ING. HUGO HUMBERTO RIVERA PÉREZ

**TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

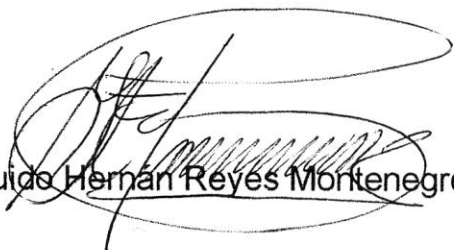
DECANO	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
EXAMINADOR	ING. HUGO RAMIREZ
EXAMINADOR	ING. ROMEO LÓPEZ
EXAMINADOR	ING. ARMANDO GALVEZ
SECRETARIA	ING. MARCIA IVONNE VELIZ VARGAS

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ÉOLICO DE BAJA POTENCIA PARA  
EL BOMBEO DE SUMINISTROS DE AGUA, PARA UN LAVADERO  
COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES,  
MATAQUESCUINTLA, JALAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Eléctrica, con fecha 4 de octubre de 2010.



Guido Hernán Reyes Montenegro



Guatemala, 04 de abril de 2011.

Ref.EPS.DOC.546.04.11.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

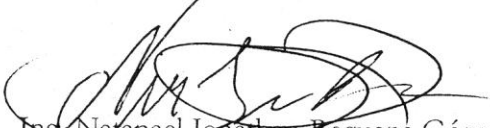
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Guido Hernán Reyes Montenegro** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con carné No. **200313068**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLOGICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA"**.

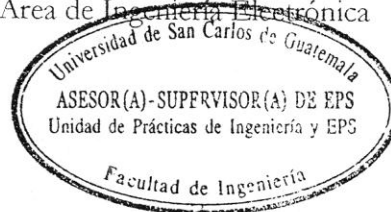
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Natanael Jonathán Requena Gómez  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Electrónica



c.c. Archivo  
NJRG/ra



Guatemala, 04 de abril de 2011.

Ref.EPS.D.288.04.11.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

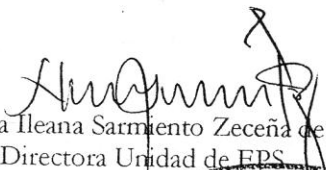
Por este medio atentamente le envié el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado "**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLOGICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Guido Hernán Reyes Montenegro**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Ref. EIME 34. 2011

Guatemala, 27 de MAYO 2011.


Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLOGICO DE BAJA POTENCIA  
PARA EL BOMBEO DE SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO  
COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES,  
MATAQUESCUINTLA, JALAPA"**, del estudiante **Guido Hernán Reyes  
Montenegro**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
DID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Romeo Nestal Lopez Orozco  
Coordinador de Electrotécnica

RNLO/sro





REF. EIME 45. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; GUIDO HERNAN REYES MONTENEGRO titulado: "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE SUMINISTRO DE AGUA PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 18 DE JULIO 2011.

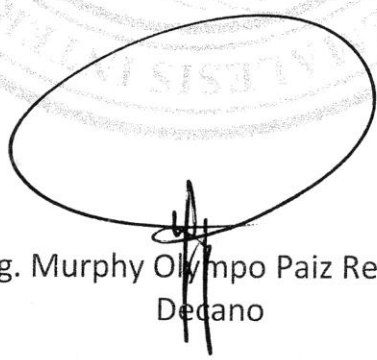




DTG. 374.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO DE BAJA POTENCIA PARA EL BOMBEO DE SUMINISTROS DE AGUA, PARA UN LAVADERO COMUNAL EN EL CASERÍO LOS CEDROS, ALDEA LOS MAGUEYES, MATAQUESCUINTLA, JALAPA,** presentado por el estudiante universitario **Guido Hernán Reyes Montenegro,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 3 de octubre de 2011.

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **A DIOS**

Por las bendiciones recibidas en mi vida.

### **A MIS PADRES**

Guido Onofre Reyes Aguilar  
Sara Odilia Montenegro de Reyes  
Por su apoyo incondicional

### **A MIS HERMANOS**

Osbin Alexis Reyes Montenegro  
Joselinne Rocio Reyes Montenegro  
Marilyn Odilia Reyes Montenegro  
Kevin Onofre Reyes Montenegro  
Por su cariño y ayuda que me han  
brindado

### **A MIS AMIGOS**

Por su valiosa amistad y ayuda que me  
brindaron durante toda mi carrera

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACION	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MUNICIPIO	1
1.1 Marco general	1
1.1.1 Antecedentes históricos	1
1.1.2 Localización	2
1.1.3 Clima	3
1.1.4 Orografía y fisiografía	3
1.2 Recursos naturales	4
1.2.1 Suelo	4
1.2.2 Bosques	5
1.2.3 Hidrografía	6
2. ENÉRGIA EÓLICA	7
2.1 Procedencia de la energía eólica	7
2.2 Fundamentos aerodinámicos	10
3. ARQUITECTURA DE LOS AEROGENERADORES	13
3.1 Por su utilización	13
3.2 Por su potencia suministrada	13
3.3 Aerogeneradores para el bombeo de agua	13

3.4	Por su eje	13
4.	DISEÑO DE LOS ORGANOS DEL AEROGENERADOR	15
4.1	Transmisión de la potencia	17
4.1.1	Buje	18
4.1.2	Rodamientos	20
4.1.3	Eje horizontal	21
4.2	Sistema de Frenado	24
4.2.1	Frenos electromagnéticos	24
4.2.2	Freno aerodinámico por palas	24
4.2.3	Freno aerodinámico mediante torres abatibles	24
4.3	Rotor	25
4.3.1	Cargas que actúan sobre el rotor	26
4.3.1.1	Fuerza centrífuga	26
4.3.1.2	Cargas dinámicas	26
4.4	Palas	27
4.4.1	Aerogeneradores de paso fijo	27
4.4.2	Aerogeneradores de paso variable	27
4.5	Torres	29
4.6	Funcionamiento del aerogenerador	31
4.7	Sistema de orientación	33
4.7.1	Dirección del viento	33
4.7.2	Regulación de la velocidad	34
5.	BOMBEO DE AGUA	35
6.	COSTOS DEL PROYECTO	37
6.1	Presupuesto del proyecto	37

7.	CÁLCULOS Y MANTENIMIENTO	39
7.1	Calculo eólico	39
7.2	Energía mensual producida por la turbina	42
7.3	Producción de potencia de la turbina	43
7.4	Mantenimiento	44
8.	PLAN DE CONTINGENCIA	45
8.1	Desastres naturales	45
8.2	Derrumbes de tierra y flujo de escombros	46
8.2.1	Pasos a seguir en caso de un derrumbe de tierra o flujo de escombros	47
8.2.2	Pasos a seguir durante la mayor amenaza de Derrumbe de tierra o flujo de escombros	49
8.2.3	Pasos a seguir durante un derrumbe de tierra o flujo de escombros	50
8.2.4	Pasos a seguir después de un derrumbe de tierra o flujo de escombros	51
8.3	Inundaciones	52
8.3.1	Pasos a seguir antes de una inundación	53
8.3.2	Pasos a seguir durante una inundación	55
8.3.3	Pasos a seguir después de una inundación	56
8.4	Terremotos	58
8.4.1	Pasos a seguir antes de un terremoto	58
8.4.2	Pasos a seguir durante un terremoto	61
8.4.3	Pasos a seguir después de un terremoto	64
8.5	Antecedentes	66
8.5.1	Tormenta tropical Agatha	66
8.6	Instituciones que coordinan, desarrollan, planifican y ejecutan planes para reducir desastres	68

8.7	Plan de contingencias	73
8.7.1	Alcalde Municipal	74
8.7.2	Cocodes	75
8.7.3	Juzgado de Asuntos Municipales	75
8.7.4	Secretario Municipal	76
8.7.5	Oficina Municipal de administración	76
9.	FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	77
9.1	Temas a desarrollar	77
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	85
	APÉNDICE	87
	ANEXOS	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Caserío Los Cedros, Aldea Los Magueyes, Mataquescuintla, Jalapa	6
2.	Mapa de potencial cólico en Guatemala	9
3.	Vista sección lateral del conjunto de un aerogenerador	16
4.	Detalle unión buje- palas	19
5.	Detalle del sistema de fijación de rodamientos A y B	21
6.	Detalle de unión torre-góndola	23
7.	Aerogenerador de 3 palas	30
8.	Tipos de torres para aerogeneradores de baja potencia	30
9.	Aerogenerador con rotor a barlovento	33
10.	Aerogenerador con rotor a sotavento	34
11.	Instalación del sistema eólico	36
12.	Energía mensual producida por la turbina	42
13.	Producción de la turbina en watts	43
14.	Desastre ocurrido en la zona de Mataquescuintla, Jalapa	68
15.	Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa	72
16.	Diagrama de función del comité para reducción de desastres De la Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa	74
17.	Exposición de temas 1	79
18.	Exposición de temas 2	79

## TABLAS

I.	Presupuesto del proyecto	38
II.	Velocidades del viento	40
III.	Nivel de rugosidad del terreno	40



## GLOSARIO

<b>Alabes</b>	Paleta curva de una maquina roto dinámica.
<b>Amperio-hora</b>	Una unidad de la cantidad de electricidad obtenida por la integración del flujo de corriente, en horas para su flujo; usada como una medida de capacidad de las baterías.
<b>Área de barrido de una turbina eólica</b>	El área que cubre al girar el rotor de la turbina eólica, calculada con la fórmula $A = \pi R^2$ , donde R es el radio del rotor.
<b>Coefficiente de potencia de una turbina eólica</b>	La razón de la potencia extraída del viento por una turbina eólica y la potencia disponible en la corriente de viento.
<b>Chaveta</b>	Pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre si para evitar que ocurran deslizamientos de una pieza sobre la otra.
<b>Densidad</b>	La cantidad de masa contenida en una unidad de volumen.
<b>Diámetro del rotor</b>	El diámetro del círculo barrido por el rotor

<b>Frenos</b>	Varios sistemas usados para frenar la rotación del rotor.
<b>Inversor</b>	Dispositivo que convierte la corriente directa a corriente alterna.
<b>kW</b>	KiloWatts, una medida de potencia eléctrica (1,000 watts).
<b>kWh</b>	KiloWatts-hora, medida de energía, igual al uso de un kilowatt durante una hora.
<b>Palas</b>	Superficie aerodinámica del rotor que atrapa el viento.
<b>Rotor</b>	El componente rotativo de una turbina eólica, incluyendo ya sea a los alabes y su ensamble, o la porción rotatoria del generador.
<b>Velocidad del Rotor</b>	El número de revoluciones por minuto con que gira el rotor de la turbina eólica.
<b>Viento corriente abajo, sotavento</b>	Lado opuesto de la dirección desde la cual está soplando.
<b>Viento corriente arriba, barlovento</b>	Mismo lado de la dirección de donde el viento esta soplando.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación se enfoca en el uso de aerogeneradores en el caserío Los Cedros, Aldea los Magueyes, Municipio de Mataquescuintla, Jalapa, con el fin de generar energía eléctrica por medio de la energía cinética del aire. El principal objetivo de este proyecto es describir las facilidades que brinda el uso de estos dispositivos como un medio alternativo de generar energía eléctrica.

El capítulo uno presenta una breve reseña histórica del municipio de Mataquescuintla y el recurso natural que este posee para el proyecto de energía renovable por medio de aerogeneradores de baja potencia.

En el capítulo dos se describe la procedencia de la energía eólica y los fundamentos aerodinámicos sobre el cual se rige el aerogenerador.

En el capítulo tres se determina la arquitectura de los aerogeneradores y se explica en que tipo se dividen y clasifican según su uso.

En el capítulo cuatro se describen los componentes de una turbina eólica y el funcionamiento de las mismas; así como las aplicaciones que utilizan este tipo de energía.

En el capítulo cinco se establecerán las generalidades sobre el sistema de bombeo a utilizar en el proyecto.

En el capítulo seis se mostrara el presupuesto del proyecto para verificar si es un proyecto rentable para comunidades aisladas y de bajos recursos.

En el capítulo siete se cuenta con un análisis de la velocidad del viento del municipio, y así determinar por medio de los cálculos requeridos cual aerogenerador de baja potencia se debe de utilizar en el proyecto así mismo se determinara el mantenimiento del aerogenerador y producción de potencia mensual de la turbina.

En el capítulo ocho se presentara un plan de contingencia contra desastres para la municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa.

Por ultimo en el capítulo nueve se mostraran los temas expuestos durante la fase de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes de la universidad de San Carlos de Guatemala.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el proyecto de generación de energía eléctrica para el bombeo de agua por medio de aerogeneradores verticales en el caserío Los Cedros, Aldea los Magueyes, Mataquescuintla, Jalapa.

### **Específico**

1. Determinar la fuerza y la dirección del viento para la generación de energía eléctrica.
2. Determinar el funcionamiento y operación de un generador eólico de baja potencia.
3. Dar a conocer las ventajas y desventajas de generación con aerogeneradores verticales.
4. Determinar el funcionamiento y el mantenimiento de los componentes de los aerogeneradores verticales para la extracción de agua.
5. Desarrollar un plan de contingencia para la municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa.



## INTRODUCCIÓN

Uno de los sistemas alternativos de generación eléctrica que tiene un bajo impacto ambiental es el que utiliza aerogeneradores; al utilizar este método tenemos un sistema de generación cuya fuente de energía renovable es la producida por el viento cuando hace girar los alabes del aerogenerador el cual produce energía eléctrica; de una forma limpia y segura para el medio ambiente ya que no provoca contaminación por medio de gases tóxicos como en el caso de la energía producida por motores de combustión interna.

El uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica son una opción para el desarrollo de comunidades que se encuentran sin energía eléctrica ya que estas se encuentran en lugares muy apartados, además las aplicaciones que se le pueden dar a la energía producida por un aerogenerador puede ser como la extracción de agua, iluminación etc.

En Guatemala se han iniciado estudios sobre la factibilidad para generar energía eléctrica por medio de aerogeneradores. El presente proyecto muestra la probabilidades de generar electricidad y darle una aplicación práctica como es la extracción de agua ya sea de un pozo, río o cualquier fuente de agua que se encuentre en las cercanías de la misma en el caserío Los cedros, Aldea Los Magueyes, Mataquesuintla, Jalapa pues las condiciones climáticas son favorables para la generación de electricidad por medio de aerogeneradores.





## GLOSARIO

<b>Alabes</b>	Paleta curva de una maquina roto dinámica.
<b>Ampere-Hora</b>	Una unidad de la cantidad de electricidad obtenida por la integración del flujo de corriente en el tiempo en horas para su flujo; usada como una medida de capacidad de las baterías.
<b>Área de barrido de una turbina eólica</b>	El área que cubre al girar el rotor de la turbina eólica, calculada con la fórmula $A = \pi R^2$ , donde R es el radio del rotor.
<b>Chaveta</b>	Pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre si para evitar que ocurran deslizamientos de una pieza sobre la otra.
<b>Coefficiente de potencia de una turbina eólica</b>	La razón de la potencia extraída del viento por una turbina eólica y la potencia disponible en la corriente de viento.

<b>Densidad</b>	La cantidad de masa contenida en una unidad de volumen.
<b>Diámetro del rotor</b>	El diámetro del círculo barrido por el rotor.
<b>Frenos</b>	Varios sistemas usados para frenar la rotación del rotor.
<b>Inversor</b>	Dispositivo que convierte la corriente directa a corriente alterna.
<b>KW</b>	Kilowatts, una medida de potencia eléctrica (1,000 watts).
<b>KWH</b>	Kilowatts-hora, medida de energía, igual al uso de un kilowatt durante una hora.
<b>Palas</b>	Superficie aerodinámica del rotor que atrapa el viento.
<b>Rotor</b>	El componente rotativo de una turbina eólica, incluyendo ya sea a los alabes y su ensamble, o la porción rotatoria del generador.
<b>Velocidad del rotor</b>	El número de revoluciones por minuto con que gira el rotor de la turbina

eólica.

**Viento corriente abajo, sotavento**

Lado opuesto de la dirección desde la cual está soplando.

**Viento corriente arriba, barlovento**

Mismo lado de la dirección de donde el viento está soplando.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación se enfoca en el uso de aerogeneradores en el caserío Los Cedros, Aldea los Magueyes, Municipio de Mataquescuintla, Jalapa, con el fin de generar energía eléctrica por medio de la energía cinética del aire. El principal objetivo de este proyecto es describir las facilidades que brinda el uso de estos dispositivos como un medio alternativo de generar energía eléctrica.

El capítulo 1 presenta una breve reseña histórica del municipio de Mataquescuintla y el recurso natural que este posee para el proyecto de energía renovable por medio de aerogeneradores de baja potencia.

En el capítulo 2 se describe la procedencia de la energía eólica y los fundamentos aerodinámicos sobre el cual se rige el aerogenerador.

En el capítulo 3 se determina la arquitectura de los aerogeneradores y se explica en que tipo se dividen y clasifican según su uso.

En el capítulo 4 se describen los componentes de una turbina eólica y el funcionamiento de las mismas; así como las aplicaciones que utilizan este tipo de energía.

En el capítulo 5 se establecerán las generalidades sobre el sistema de bombeo a utilizar en el proyecto.

En el capítulo 6 se mostrara el presupuesto del proyecto para verificar si es un proyecto rentable para comunidades aisladas y de bajos recursos.

En el capítulo 7 se cuenta con un análisis de la velocidad del viento del municipio, y así determinar por medio de los cálculos requeridos cual aerogenerador de baja potencia se debe de utilizar en el proyecto así mismo se determinara el mantenimiento del aerogenerador y producción de potencia mensual de la turbina.

En el capítulo 8 se presentara un plan de contingencia contra desastres para la municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa.

Por ultimo en el capítulo 9 se mostraran los temas expuestos durante la fase de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes de la universidad de San Carlos de Guatemala.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el proyecto de generación de energía eléctrica para el bombeo de agua por medio de aerogeneradores verticales en el caserío Los Cedros, Aldea los Magueyes, Mataquescuintla, Jalapa.

### **Específicos**

1. Determinar la fuerza y la dirección del viento para la generación de energía eléctrica.
2. Determinar el funcionamiento y operación de un generador eólico de baja potencia.
3. Dar a conocer las ventajas y desventajas de generación con aerogeneradores verticales.
4. Determinar el funcionamiento y el mantenimiento de los componentes de los aerogeneradores verticales para la extracción de agua.
5. Desarrollar un plan de contingencia para la municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa.





## INTRODUCCIÓN

Uno de los sistemas alternativos de generación eléctrica que tiene un bajo impacto ambiental es el que utiliza aerogeneradores; al utilizar este método tenemos un sistema de generación cuya fuente de energía renovable es la producida por el viento cuando hace girar los alabes del aerogenerador el cual produce energía eléctrica; de una forma limpia y segura para el medio ambiente ya que no provoca contaminación por medio de gases tóxicos como en el caso de la energía producida por motores de combustión interna.

El uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica son una opción para el desarrollo de comunidades que se encuentran sin energía eléctrica ya que estas se encuentran en lugares muy apartados, además las aplicaciones que se le pueden dar a la energía producida por un aerogenerador puede ser como la extracción de agua, iluminación etc.

En Guatemala se han iniciado estudios sobre la factibilidad para generar energía eléctrica por medio de aerogeneradores. El presente proyecto muestra la probabilidades de generar electricidad y darle una aplicación práctica como es la extracción de agua ya sea de un pozo, río o cualquier fuente de agua que se encuentre en las cercanías de la misma en el caserío Los cedros, Aldea Los Magueyes, Mataquesuintla, Jalapa pues las condiciones climáticas son favorables para la generación de electricidad por medio de aerogeneradores.

# 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MUNICIPIO

El entorno natural y demás factores físicos y materiales hacen del municipio de Mataquescuintla, un lugar propicio, principalmente para las actividades: agrícolas, pecuarias, artesanales y comerciales.

## 1.1. Marco general

En el presente capítulo se abordan las variables sociales y económicas más importantes del municipio de Mataquescuintla, departamento de Jalapa, con el objetivo de conocer la situación actual del mismo.

### 1.1.1. Antecedentes históricos

Los primeros pobladores fueron originarios de la tribu de los Pipiles, de descendencia Nahoa, emigrantes aztecas, que posteriormente se establecieron en territorio salvadoreño. Mataquescuintla formó parte del distrito de Mita y el 25 de febrero de 1848, al ser dividido este en tres, pasó al distrito de Santa Rosa, después fue segregado el tres de septiembre de 1935 y trasladado a la jurisdicción de Jalapa, a donde pertenece en la actualidad. Posteriormente, el 29 de octubre de 1850, fue elevado a la categoría de villa.

No se conoce con certeza el significado de la palabra Mataquescuintla, sin embargo, se cree que se origina de las conjunciones de la voz *Matatl* que significa bolsa, red o matate de pita y del vocablo *Istscuintli*, usado para dominar a cierta clase de perro nativo (Tepezcuintle).

En el lenguaje popular Mataquescuintla es conocida como Colis o San Miguel de Colis, nombre legado por los españoles por haber sido ellos, los que iniciaron la siembra de la coliflor y otras legumbres.

### **1.1.2. Localización**

Mataquescuintla se encuentra situado en la zona oriental de la república de Guatemala, en la jurisdicción del departamento de Jalapa. Colinda al Norte con los municipios de Sanarate y Sansare del departamento del Progreso, Palencia, Guatemala y con la Cabecera Municipal de Jalapa. Al Este con San Carlos Alzatate y San Rafael Las Flores de los departamentos de Jalapa y Santa Rosa respectivamente. Al Oeste con Santa Rosa de Lima, Santa Rosa y San José Pinula, Guatemala. Al Sur con Santa Rosa de Lima, Nueva Santa Rosa, Casillas y San Rafael las Flores, todos del departamento de Santa Rosa.

Geográficamente está comprendido entre los paralelos: 14 grados, 19 minutos y 14 grados, 40 minutos al Norte del Ecuador y de los meridianos: 90 grados, 07 minutos, y 90 grados 17 minutos al Oeste de Greenwich, con altitudes que varían de los 1 070 a los 2 653 metros de altura sobre el nivel del mar.

### **1.1.3. Clima**

Posee un clima frío, su temperatura en promedio es de 18,4 grados centígrados mínima y de 20 la máxima. En los meses de marzo y abril se intensifica el calor, principalmente en las aldeas de Agua Caliente, Sampaquisoy y Morales. En los meses de enero, junio y julio predomina el frío, las aldeas más afectadas son: Soledad Grande, Soledad Colorado, El Aguacate y Pino Dulce.

La humedad relativa anual es del 75% en los meses de marzo y abril y baja a 71%, en el mes de septiembre.

Informe del tiempo según el Aeropuerto la Aurora de Guatemala a 59,4 kilómetros de distancia.

Tiempo:

- Temperatura: 24 °C / 75,2 °F
- Viento: 13,8 km/h del Norte
- Nubes dispersas a una altura de 2 000 ft

#### **1.1.4. Orografía y fisiografía**

Está asentado sobre estribaciones montañosas, que son una extensión de la Sierra Madre, que toma diferentes nombres como: Peña Oscura, Cerros Usheges, Santiago, Sanjomo, El Tenosco, El Refugio, Corralitos, Cerro Alto y Cerro la Canoa; considerados parte del altiplano central. Las estribaciones montañosas en donde se ubica el municipio, favorecen la realización de actividades productivas como la crianza de ganado bovino lechero, cultivos de café, papa y brócoli.

La cabecera municipal está asentada sobre el ensanchamiento de un valle fluvial llamado Cañón del Río El Morito, que se extiende hacia el municipio de San Rafael Las Flores. Así mismo, se encuentra rodeada por formaciones orográficas que le dejan una salida al Sur sobre la aldea Morales y otra angosta por la aldea San Miguel.

El municipio se ubica en la región fisiográfica “Tierras Altas Volcánicas” de acuerdo a la clasificación de la capacidad de uso de la tierra del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

## **1.2. Recursos naturales**

A continuación se detallan los recursos naturales, disponibles para el desarrollo de las diferentes actividades económicas del municipio:

### **1.2.1. Suelo**

El 94% de los suelos de Mataquescuintla se asientan sobre materiales volcánicos y el 6% restante, se encuentra sobre clases misceláneas, dentro del cual se ubica la cabecera municipal.

Existe una clasificación de suelos, según Simmons y otros (1959), en la que se destacan siete series de suelos que existen en el municipio: la serie Ayarza, Camanchá, Jalapa, Mataquescuintla, Fraijanes, Pinula y de los Valles.

### **1.2.2. Bosques**

La cuenca todavía presenta masas boscosas considerables con potencialidad para aprovechamiento de madera, leña, carbón y servicios ambientales como agua, biodiversidad y paisajes, clasificados en los siguientes tipos:

- Bosque húmedo subtropical templado
- Bosque muy húmedo subtropical frío
- Bosque húmedo bajo montañoso
- Bosque muy húmedo montañoso bajo subtropical

Los recursos madereros desde hace muchos años han representado una fuente importante de ingresos para la economía del municipio, pero estos se han degradado debido a las talas y rozas que se encuentran fuera de control de las autoridades municipales.

La deforestación inmoderada conduce a la población a una situación generalizada de pobreza, que tiene origen en la pérdida de fauna y flora, esta última se refiere a especies forestales valiosas como el Pinabete y Pino dulce. En consecuencia, la erosión del suelo castiga a las familias de escasos recursos económicos que se dedican de forma general al cultivo de productos de autoconsumo como: maíz y frijol.

Para contrarrestar esta situación, la corporación municipal, inicia un trabajo con el proyecto de fortalecimiento forestal municipal y comunal, cuyo principal objetivo es orientar e implementar un proceso de administración de los recursos naturales, por el cual se obtenga un buen uso, manejo y conservación de estos, con cinco componentes indispensables que son: educación ambiental, protección y recuperación de fuentes de agua, fomento forestal, regulación forestal, prevención y control de incendios forestales.

Aunado a este esfuerzo, INAB desarrolla una labor de asistencia técnica determinante para la implementación de bosques productores y protectores del medio ambiente.

### 1.2.3. Hidrografía

El municipio posee una hidrografía determinada por numerosas corrientes superficiales, manantiales, etcétera, que forman dos vertientes definidas que desembocan en las cuencas del Motagua en el Océano Atlántico al Norte y en el Océano Pacífico al Sur. Tiene como frontera continental las estribaciones montañosas denominadas: el Aguacate, Bellotal, Sanjomo, La Sierra, Pino Dulce, Cerro Santiago y Soledad Grande.

La localización del proyecto se establece en el caserío Los Cedros, aldea Los Magueyes, Mataquescuintla, Jalapa, el tiempo de llegada aproximadamente es de tres horas desde Mataquescuintla, Jalapa, la carretera es de terracería cuya ubicación se muestra en la siguiente figura.

Figura 1. **Caserío los Cedros, aldea Los Magueyes, Mataquescuintla, Jalapa**



Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com).

## **2. ENERGÍA EÓLICA**

### **2.1. Procedencia de la energía eólica**

La energía eólica está asociada a la energía cinética del viento. La circulación del viento, se debe a la diferencia de temperaturas de las zonas que se encuentran en el Ecuador a  $0^{\circ}$  de latitud con las zonas ubicadas más alejadas de este. El aire caliente es más ligero que el frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10 kilómetros y se extenderá hacia el Norte y Sur. Alrededor de los  $30^{\circ}$  de latitud se encuentra una zona de altas presiones por lo que el aire empezará a descender y por lo tanto, atraído por la zona de baja presión que se encuentra ubicada en el Ecuador. En general, el viento sopla de las zonas de alta presión a las de baja presión, modificando su dirección en función de la rotación del planeta (hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Sur).

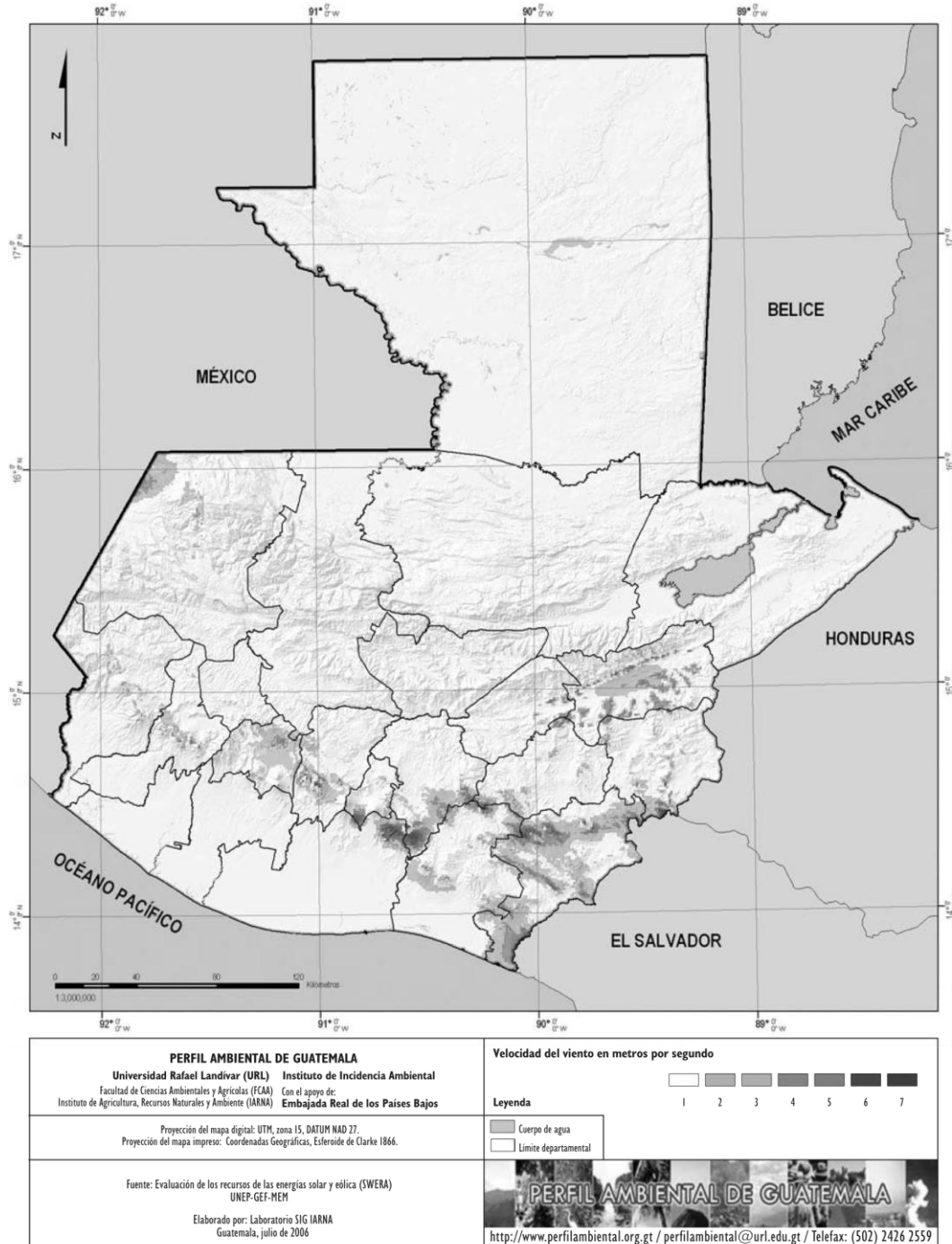
En el anterior párrafo se hablo de los vientos geostróficos o vientos globales, los cuales son apenas influenciados por la superficie terrestre. Además de este tipo, existen otros como, los vientos locales, de entre los cuales destacan los vientos de superficie, los cuales son frenados por la rugosidad del terreno de la Tierra y por los obstáculos. También se debe mencionar la brisa marina, corriente que se genera debido al gradiente de temperatura que se origina entre el día y la noche, entre el mar y la tierra; durante el día la brisa sopla del mar a la tierra, mientras que durante la noche la dirección del viento se invierte.



Por último, es necesario mencionar la importancia de los vientos de montaña ocasionados por el calentamiento del aire próximo a las laderas, que asciende hasta la cima, debido a la disminución de la densidad y como en el caso anterior, durante la noche la dirección del viento se invierte.

Es importante al hacer un estudio de la zona de la cual se obtenga la energía eólica, tener en cuenta qué tipos de vientos locales existen, cuyo efecto se suma al de los vientos globales. En la siguiente figura se muestran las áreas de mayor potencia eólica en el territorio de Guatemala.

Figura 2. Mapa de potencia eólica en Guatemala



Fuente: Evaluación de los recursos de las energías solar y eólica (SWERA) UNEP-GEF-MEM.

## 2.2. Fundamentos aerodinámicos

Definido comúnmente como el componente horizontal de la circulación del aire, la aparición del viento esta relacionada con el proceso de calentamiento y enfriamiento de masas de aire, entre diferentes regiones y con ello en la generación de la energía cinética que vale:

$$(Ec. 1) \quad E = \frac{1}{2} m * v^2$$

Donde:

m = masa del aire en kg

v = velocidad del viento en m/s

E = energía en Julios

Conforme a la condición indicada, si se dispone una pala en una corriente de aire, con una inclinación determinada con respecto a la dirección de esa corriente, se produce una sobrepresión en su parte delantera y una depresión en la posterior, lo que da lugar a una fuerza de acción aerodinámica, cuya, expresión simplificada es:

$$(Ec. 2) \quad P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Donde:

P = potencia en vatios

$\rho$  = densidad del aire en kilogramo por metro cúbico

A = área barrida por el rotor del aerogenerador en metros cuadrados

v = velocidad del viento en m/s

Se produce así una transformación de la energía cinética del viento en potencia mecánica a entregar al eje de la turbina.

En las expresiones anteriores no se tienen en cuenta las pérdidas por la resistencia aerodinámica de las palas, la pérdida de energía como consecuencia de la estela generada en la rotación y otros factores determinantes del rendimiento, lo que ha dado lugar al surgimiento del denominado coeficiente de potencia ( $C_p$ ), con el que se indica la eficacia de conversión de las turbinas y que constituye el parámetro diferenciador entre los modelos comerciales de aerogeneradores.

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

P = potencia en vatios

$\rho$  = densidad del aire en kilogramo por metro cúbico

A = área barrida por el rotor del aerogenerador en metros cuadrados

v = velocidad del viento en m/s

$C_p$  = Coeficiente de potencia

Este factor multiplicador tiene un límite de 16/27, según Betz. En la práctica, su valor está situado entre 0,4 o 0,5 para generación de electricidad y entre 0,3 a 0,4 para bombeo de agua.

Otro modo de relacionar la potencia obtenida del aerogenerador con energía del viento que atraviesa el rotor, el denominado rendimiento aerodinámico, cuya expresión simplificada es:

$\eta$  = potencia del aerogenerador/potencia del viento

$$\eta = \frac{N}{\left[\frac{1}{2}\rho Av^3\right]}$$

(Ec. 4)

El rendimiento aerodinámico también depende del número de palas del aerogenerador. El parámetro TSR o relación de la velocidad específica, que constituye el parámetro representativo de la velocidad del rotor en RPM, indica el factor multiplicador de la velocidad periférica de las palas con la velocidad del viento. Por lo tanto, se considera utilizar 10 m como altura estándar para la velocidad del viento, para efectos de cálculo.

### **3. ARQUITECTURA DE LOS AEROGENERADORES**

#### **3.1. Por su utilización**

Aerogeneradores destinados a la producción de energía eléctrica, en los que su dimensión determina la aplicación específica.

#### **3.2. Por su potencia suministrada**

Existiendo los tipos micro y mini turbinas destinadas a instalaciones aisladas y las grandes turbinas para los parques eólicos, con conexión a las redes públicas de distribución de energía eléctrica.

#### **3.3. Aerogeneradores para el bombeo de agua**

Con acoplamiento mecánico directo con la bomba de extracción.

#### **3.4. Por su eje**

- Con un eje de rotación que está en posición vertical, con dirección al viento.
- Aerogeneradores cuyo eje de rotación está en posición horizontal, con respecto a la dirección del viento.

En la actualidad, la utilización generalizada de los aerogeneradores es la obtención de electricidad, independientemente de que esta se emplee en las instalaciones aisladas, para alimentación de componentes de alumbrado, equipos electrónicos, etcétera, o para mover electrobombas para elevar agua y en las instalaciones con conexión a red en los denominados parques eólicos. Un amplia gama comercial de aerogeneradores con potencias desde menos de 100 W y tensión de salida continua con valores de 12, 24, 48 V, a las grandes turbinas de 1 MW y salida en forma trifásica, con valores de 600, 800 V o más, permiten una diversidad de aplicaciones en instalaciones aisladas de tierra, yates, en los mencionados parques eólicos, cuyo número crece sin cesar.

En el proyecto de energía renovable se pretende utilizar el aerogenerador de eje horizontal ya que este es el más empleado, independientemente del tamaño de la instalación y de la aplicación a la que este destinado. Los aerogeneradores de eje horizontal presentan algunas ventajas con respecto a los de eje vertical, tales como:

- Su rendimiento es mayor.
- Su velocidad de giro es superior, lo que repercute directamente en la potencia generada.
- El área de barrido ante el viento es mayor y con ello se pueden fabricar aerogeneradores de mayor potencia.

Sin embargo, requieren un sistema de orientación al viento, ya que no pueden funcionar con cualquier dirección que es la gran ventaja de los de eje vertical.

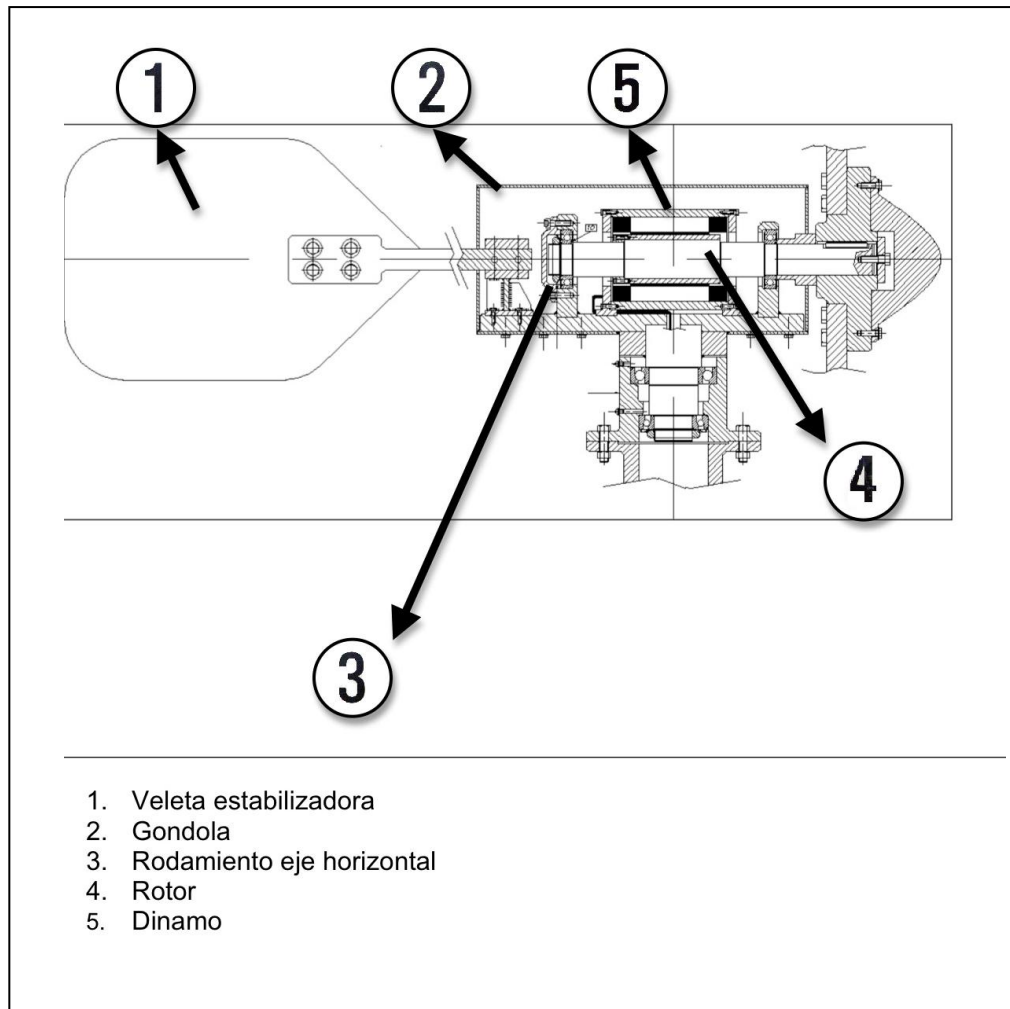
#### **4. DISEÑO DE LOS ÓRGANOS DEL AEROGENERADOR**

La multiplicación de velocidad se evita con un dinamo acoplado al rotor que se encuentra fijado al eje horizontal del aerogenerador. El eje horizontal se une a la góndola mediante el soporte de los rodamientos que van montados sobre él. En el eje horizontal se monta el buje de las palas. El dispositivo de orientación se realiza mediante veleta que se une a la góndola por medio de un soporte. El conjunto se une a la torre por medio de un soporte con rodamientos que permiten su giro. El sistema de frenado que se selecciona va unido a la elección del tipo de torre.

En la siguiente figura se muestra la sección lateral de un aerogenerador.



Figura 3. Vista sección lateral del conjunto de un aerogenerador



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/Construccion-de-aerogenerador-de-baja-potencia>.

El mecanismo de orientación de un aerogenerador, es utilizado para orientar el rotor perpendicular a la dirección del viento. La turbina eólica tiene un error de orientación si el rotor no está situado perpendicularmente a la dirección del viento. Un error de orientación implica que no se está aprovechando toda la capacidad de las palas para capturar la energía disponible.

Para solucionar esto, es necesario instalar este tipo de dispositivos. A continuación se detallan tres posibles alternativas: orientación mediante aleta estabilizadora, mediante eólicas auxiliares y orientación del rotor mediante servomotor.

La solución con aleta estabilizadora se emplea principalmente para la orientación de eólicas hasta diámetros de 6 m. Se mantiene el plano de rotación de las palas perpendiculares al viento. Es una solución sencilla y de bajo costo, por eso se utiliza para aerogeneradores de baja potencia.

El generador que se utilizará en el proyecto cuenta con su aleta estabilizadora incorporada.

#### **4.1. Transmisión de la potencia**

Normalmente el eje del rotor (eje de baja velocidad) no se acopla directamente al alternador (eje de alta velocidad), ya que la velocidad a la que giran las palas es inferior a la del accionamiento del alternador, por eso es necesario intercalar un multiplicador entre el buje y el alternador. Para realizar la unión mediante acoplamiento se unen el eje de baja velocidad al multiplicador y el alternador al multiplicador.

Pero, existe otro tipo de solución, en el mercado, pues hay alternadores de imanes permanentes que permiten acoplar el rotor del alternador directamente al eje sobre el cual se encuentra el buje. Esta solución además de ser más económica, implica una reducción de peso y de espacio en la eólica, por eso se tomará como solución esta alternativa.

La transmisión de potencia eólica se transmite a través de las palas al buje, y este al estar acoplado al eje mediante una chaveta transmite el par al eje. El eje se sujeta gracias a una pareja de rodamientos ubicados en cada extremo del eje mediante unos soportes. Dado que el rotor del alternador se acopla directamente sobre el eje del buje, se realiza mediante una unión con interferencia con un casquillo que va collado al rotor.

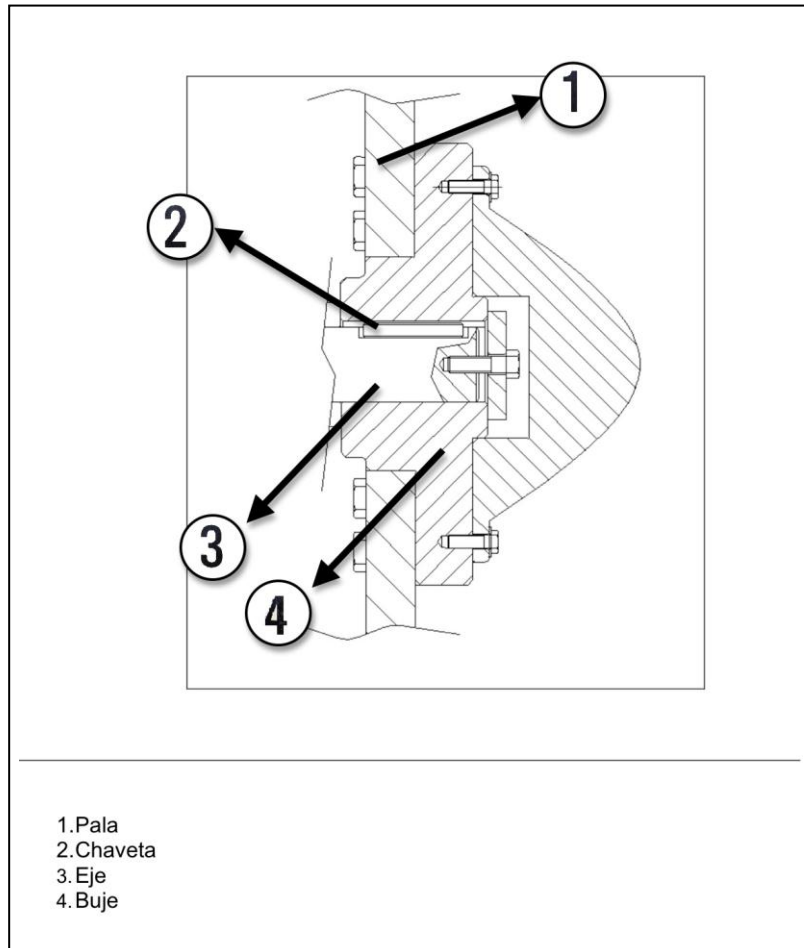
#### **4.1.1. Buje**

El buje realiza la unión entre las palas y el eje y es el que se encarga de transmitir la potencia al eje. Existen diversas alternativas de construcción:

- Eje fabricado por forja dándole la forma ya del buje. Es una solución cara ya que se han de realizar las matrices y por tanto, lo hace inviable para el proyecto.
- Buje unido por abrazamiento, es decir, mediante una unión con interferencia. La desventaja que presenta es que no se puede desmontar.
- Buje unido al eje mediante el perfil acanalado. Este tipo de solución es idónea para transmitir valores de pares elevados, aunque el coste que supone es importante ya que se ha de fresar el eje mediante rodadura y el cubo mediante brochado.
- Buje unido al árbol mediante una chaveta.

En la siguiente figura se detalla la unión buje-pala:

Figura 4. **Detalle unión buje-pala**



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/Construccion-de-aerogenerador-de-baja-potencia>.

#### **4.1.2. Rodamientos**

Se disponen dos rodamientos rígidos de bolas, uno en cada extremo del árbol. Uno de ellos está libre y otro fijo, ya que además de soportar carga radial soportan la carga axial, debido al esfuerzo aerodinámico del viento. Los rodamientos seleccionados son rodamientos rígidos de bolas ya que la capacidad de soportar carga combinada es alta. Se comprueba que los dos rodamientos soportan las solicitaciones que requiere la aplicación teniendo en cuenta que el viento es variable.

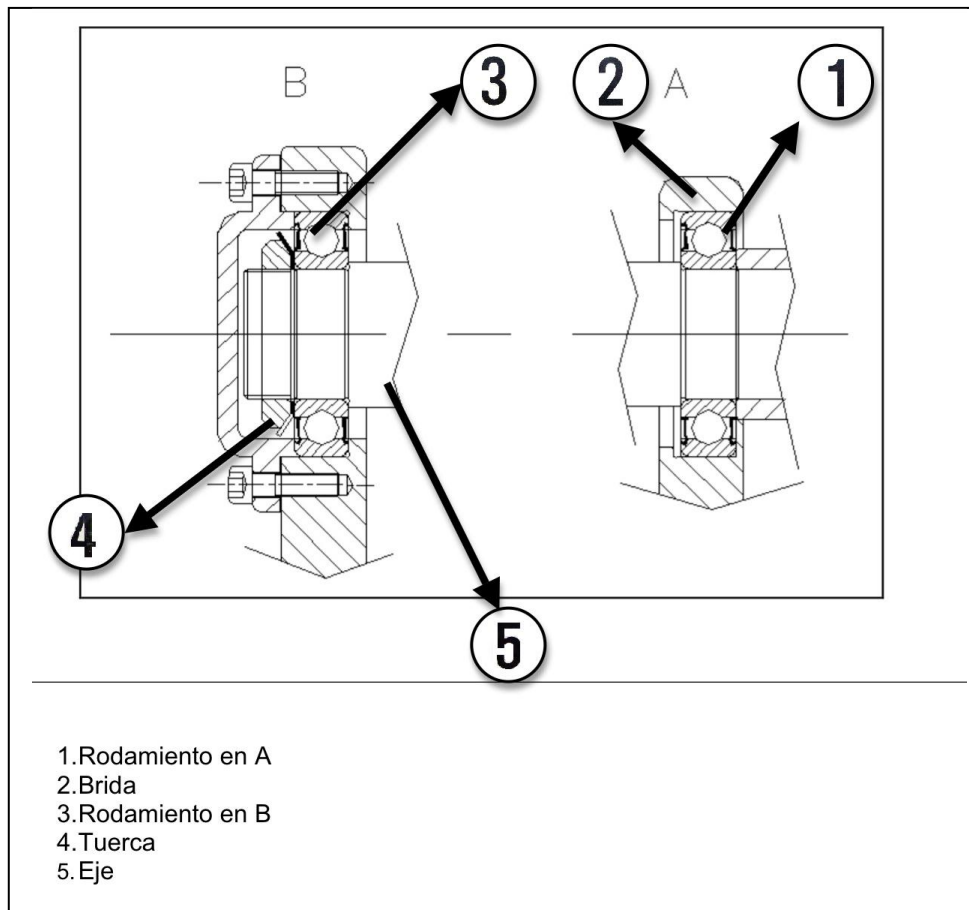
Debido a que interesa minimizar el mantenimiento que se realice al aerogenerador se seleccionan rodamientos obturados que no necesitan ser lubricados.

Los dos rodamientos tienen el anillo interior giratorio y el anillo exterior fijo y debido a que la disposición de la carga es giratoria (teniendo en cuenta el desequilibrio generado por las palas), el anillo interior se diseña con juego y el anillo exterior se diseña con interferencia.

El sistema de fijación de los rodamientos al eje se ha realizado mediante una arandela de seguridad y una tuerca entallada para el rodamiento B y para el rodamiento A, se hace tope contra el rebaje del eje y mediante un casquillo que se interpone entre el rodamiento y el buje que se acaba de fijar. Como el rodamiento B es fijo ya que soporta también carga axial, se coloca una brida en el soporte del rodamiento que hace presión sobre el anillo exterior del mismo, para evitar su movimiento. Este rodamiento transmite la fuerza axial que proviene del viento y se transmite por el eje a la brida, por eso se comprueba que la unión que hace la brida no se abra.

En la siguiente figura se muestra el sistema de fijación de rodamientos.

Figura 5. **Detalle del sistema de fijación de rodamientos A y B**



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/Construccion-de-aerogenerador-de-baja-potencia>.

#### 4.1.3. Eje horizontal

La selección del acero para el eje horizontal está conformado por laminación ideal, para árboles moderadamente solicitados, ya que no es necesario aceros más sofisticados para esta aplicación, el eje aguanta la fatiga debido a la torsión del movimiento rotatorio impulsado por las palas.

El eje se mecaniza ya que sobre él, se montan el rotor del alternador, el casquillo con interferencia para colgar el rotor, los rodamientos, el casquillo y el buje, además de disponer del alojamiento de la chaveta que se realiza por fresado.

Para aerogeneradores de gran potencia se utilizan coronas de rodamientos, pero esta solución es costosa para la aplicación de aerogeneradores de baja potencia. Por ello, se seleccionan rodamientos de contacto angular ya que pueden soportar cargas combinadas (axial y radial).

Hay dos tipos de disposiciones para este tipo de rodamientos en ejes:

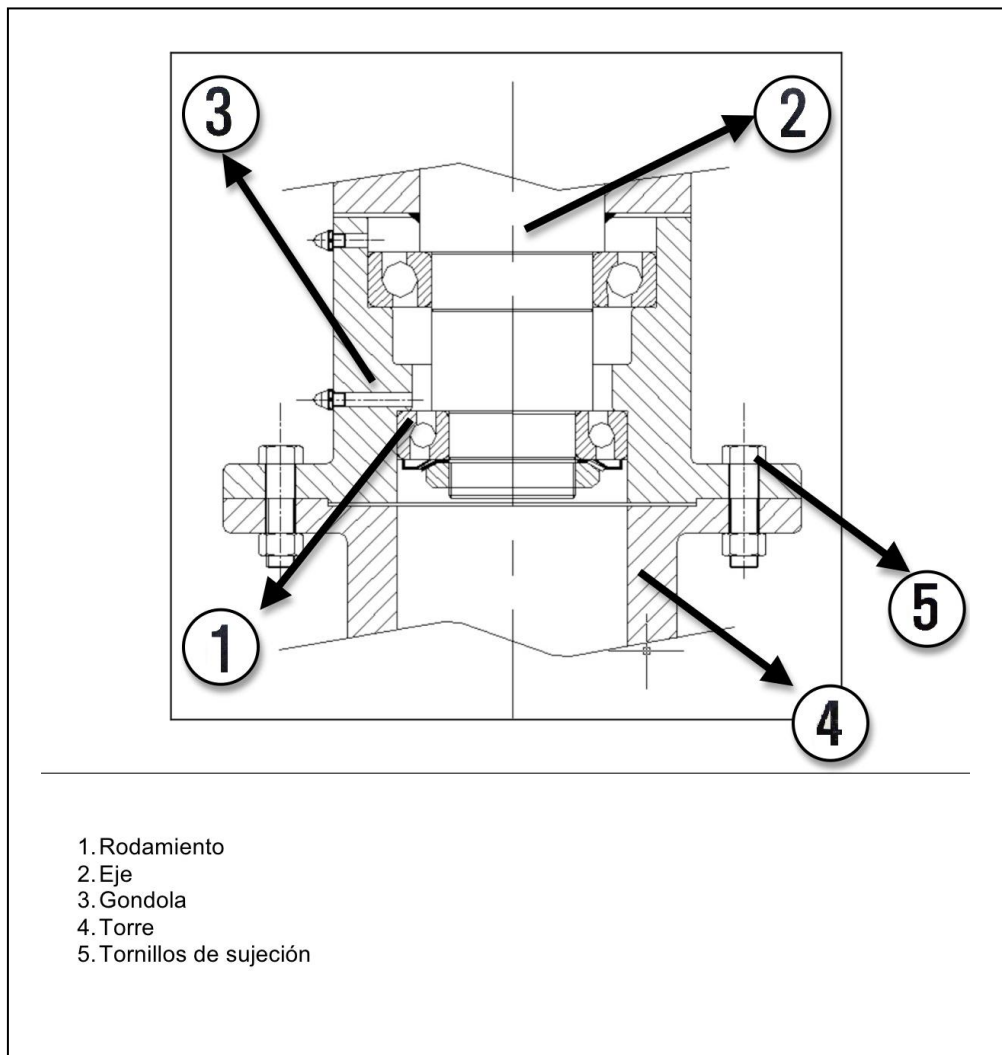
La disposición en "X" es una mala disposición para aguantar cargas radiales sobre el eje. La disposición en "O" se utiliza para ejes cortos y permite soportar cargas radiales, además de ser una disposición que proporciona más estabilidad al árbol.

Igual que en el caso del eje horizontal, uno de los rodamientos está fijo (soporta carga axial y radial) y por lo tanto está fijado al eje mediante una arandela de segura y una tuerca entallada y el otro está libre (solo soporta la fuerza radial).

Los dos rodamientos tienen el anillo interior giratorio y el anillo exterior fijo y debido a que la disposición de la carga es giratoria para el anillo interior se diseña juego y el anillo exterior se diseña con interferencia.

La unión queda totalmente cerrada por lo que se montan dos engrasadores, uno para cada rodamiento. El tipo de grasa que se utiliza consiste en una grasa con base de aceite mineral, para evitar que la grasa se salga de la zona de trabajo de los rodamientos se monta un anillo de nailon fijado en el interior del rodamiento fijo. En la figura 6 se muestra el detalle de unión torre-góndola.

Figura 6. **Detalle de unión torre-góndola**



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/Construccion-de-aerogenerador-de-baja-potencia>.



## **4.2. Sistema de frenado**

Cuando los vientos son demasiado fuertes, es necesario que el aerogenerador esté provisto de un sistema que permita disminuir las tensiones mecánicas de las palas. Existen varias alternativas para poder frenar el aerogenerador.

### **4.2.1. Frenos electromagnéticos**

No son idóneos dado que necesitan corriente eléctrica para poder trabajar cosa que complica el diseño del aerogenerador.

### **4.2.2. Freno aerodinámico por palas**

Este tipo de freno se utiliza normalmente para aerogeneradores de gran potencia. Cuando la velocidad del viento es muy elevada las palas giran sobre su eje, lo cual implica pérdida de sustentación y al mismo tiempo, provoca una disminución del rendimiento aerodinámico que hace que el rotor gire más lento.

### **4.2.3. Freno aerodinámico mediante torres abatibles**

La torre bascula respecto al suelo es la que permite realizar maniobras de abatimiento (si la velocidad del viento es muy elevada, actuaría como freno) y maniobras de elevación. Para realizar estas maniobras es necesario atirantar la torre, mediante cables laterales para guiar la trayectoria de bajada y cables en los otros dos lados para subir o bajar. La unión de los cables al suelo se realiza mediante tensores, los cuales permiten regular la tensión de cada cable.

Los dos cables laterales se deben colocar en el mismo plano horizontal que el pie del soporte de la torre y alinear con el eje de basculamiento de dicho pie. Uno de los cables se enrolla a un cabrestante mecánico accionado manualmente.

### 4.3. Rotor

Corresponde al eje al que esta acoplada la hélice con un número determinado de palas, generalmente entre dos y tres palas, con la que se barre una superficie que vale:

$$A = \frac{\Pi d^2}{4} \quad (\text{Ec. 5})$$

Y que determina, junto con la velocidad del viento, la potencia a obtener, la cual se calcula, en aproximación, conforme a la siguiente expresión:

$$N_{(w)} = KD^2V^3 \quad (\text{Ec. 6})$$

K = coeficiente de rendimiento, situado para máquinas pequeñas en 0,2

D = diámetro de la hélice, en metros

V = velocidad del viento en m/s

### **4.3.1. Cargas que actúan sobre el rotor**

#### **4.3.1.1. Fuerza centrífuga**

Esta carga es perpendicular al eje de giro, se considera estática.

Las palas tienen un determinado ángulo de inclinación para permitir que tal fuerza aporte un componente de tracción en toda la longitud de las palas y de flexión de sentido contrario al de las cargas aerodinámicas.

#### **4.3.1.2. Cargas dinámicas**

Se dan en consecuencia al giro de las palas, de la variación del viento con la altura, del efecto estela sobre la torre de sustentación del aerogenerador y otras. Esta carga provoca vibraciones, cuyo valor se debe tomar en cuenta durante sus fases contractivas y de instalación.

Las palas requieren tener forma aerodinámica para obtener el máximo rendimiento, pero, en su construcción, intervienen factores estructurales de peso y de resistencia al viento, el cual puede alcanzar velocidades altas que pueden alterar la forma ideal. Las condiciones que determinan la forma y los materiales a utilizar para su construcción pueden ser: la corrosión, erosión, dilataciones, contracciones por la vibración, son condiciones que determinan la forma y las contracciones ocasionadas por la vibración. Las resinas sintéticas, tales como fibra de vidrio y resina epoxi, fibra de carbono y elastómeros, son productos a los que se recurre generalmente para moldearlas.

#### **4.4. Palas**

Según la disposición de las palas estas se dividen en:

##### **4.4.1. Aerogeneradores de paso fijo**

Se caracterizan porque sus palas presentan una inclinación constante e independiente de la velocidad del viento.

##### **4.4.2. Aerogeneradores de paso variable**

En esta versión de máquinas eólicas, la inclinación de las palas tiene un valor que depende de la velocidad del viento, adaptándose así a las condiciones atmosféricas reales.

Por conveniencia y economía el aerogenerador utilizado en el proyecto es paso fijo con frenado eléctrico.

Los aerogeneradores de paso variable debido a su construcción y el tipo de clima se ajustan para autoforzarse a frenar en el caso que el viento sea demasiado fuerte.

Según sea el tipo de unión o anclaje de las palas con el buje existen dos posibles soluciones.

- Una de ellas son las palas de paso variable, las cuales admiten rotación controlada sobre su eje, a través de unos rodamientos. Esta solución precisa de un equipo de control de paso electrónico. El controlador electrónico comprueba varias veces por segundo la potencia generada.

Cuando esta alcanza valores demasiado altos, el controlador envía órdenes al mecanismo de cambio de ángulo de paso, que hace girar las palas ligeramente. Este sistema precisa de una ingeniería muy desarrollada para asegurar que las palas giren exactamente el ángulo deseado.

- Las palas de paso fijo no admiten rotación sobre su eje, realizándose el control de potencia mediante un diseño de pérdida aerodinámica de las palas. Esto se consigue torsionando la pala a lo largo de su eje, es decir, aumentando el ángulo de ataque del perfil de la pala a lo largo de su eje. Gracias a esto, la pala pierde sustentación de forma gradual y se evita que se transmita un par excesivo sobre el rotor. Este tipo de solución es la más adoptada en aerogeneradores de baja potencia ya que comparada con las palas de paso variable, en esta se evitan instalar partes móviles del rotor y un complejo sistema de control, que aumentan los costos considerablemente.

Finalmente se seleccionan palas de paso fijo debido a su mayor simplicidad y su menor costo.

El material utilizado para las palas debe responder a frecuentes variaciones en la velocidad del viento y a ráfagas de vientos fuertes. Por ello, el material de las palas debe ser:

- Ligero
- Perfectamente homogéneo
- Indeformable
- Resistente a la fatiga mecánica
- Resistente a la erosión y a la corrosión

- De costo bajo para que el aerogenerador sea en cuanto a precio competitivo

Para estas solicitaciones hay varias alternativas:

- Madera: sencilla, ligera, fácil de trabajar y resiste a la fatiga
- Metales: se emplean aleaciones ligeras de aluminio con silicio o con magnesio, ya que con estos materiales se obtienen costos muy bajos si se producen en grandes cantidades. Una de las desventajas es que el aluminio no resiste a la fatiga, lo cual limita su empleo.
- Materiales sintéticos, resinas, fibras y plásticos: destacan por su bajo peso, insensibilidad a la corrosión y su buena resistencia a la fatiga, pero el costo es más elevado que en los casos anteriores.

#### **4.5. Torres**

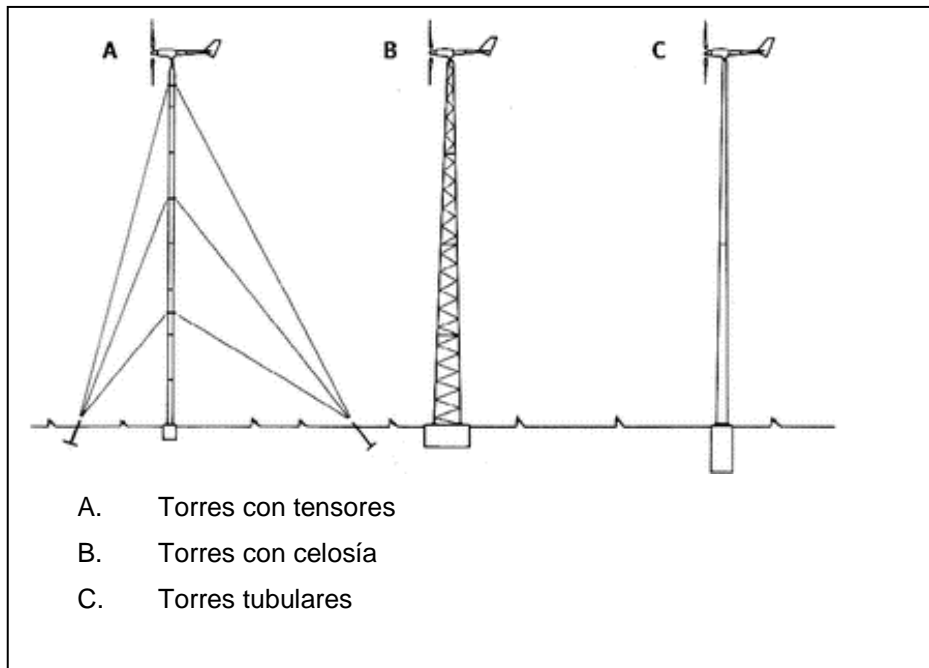
La torre es el elemento que sustenta todo el aerogenerador. Existen varias soluciones posibles para su diseño dependiendo del tamaño del aerogenerador.

Figura 7. **Aerogenerador de tres palas**



Fuente: [www.mailxmail.com/curso-energia-eolica/](http://www.mailxmail.com/curso-energia-eolica/).

Figura 8. **Tipos de torres para aerogeneradores de baja potencia**



Fuente: [www.economiadelaenergia.com](http://www.economiadelaenergia.com).

#### **4.6. Funcionamiento de un aerogenerador**

Los aerogeneradores obtienen su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par, que actúa sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido de las palas y de la velocidad del viento.

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa. Así pues, la energía cinética del viento depende de la densidad del aire. A presión atmosférica normal y a 15 grados centígrados la densidad del aire es 1 255 kilogramos sobre metro cúbico, aunque este valor disminuye ligeramente con el aumento de la humedad.

En referencia al área de barrido de las palas, esta determina cuanta energía del viento es capaz de capturar el aerogenerador. A mayor diámetro de palas, la superficie es mayor y por lo tanto, la energía que absorbe el rotor es mayor.

La velocidad del viento es un parámetro muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. A mayor velocidad de viento, la energía captada por el aerogenerador será mayor.

La energía cinética del viento es capturada por el aerogenerador gracias a las palas de rotor. Cuando el viento incide contra las palas, ellas giran en torno al eje del rotor y por lo tanto, hacen girar el eje de baja velocidad al que está acoplado el buje, este, gracias al multiplicador hace girar el eje de alta velocidad al que está acoplado el generador, que es el productor de energía eléctrica.



El rotor del aerogenerador se mueve gracias a la sustentación que se produce en las palas. La sustentación es una fuerza perpendicular a la dirección del viento y se produce debido a la diferencia de presiones a ambos lados de la pala, es decir, gracias al hecho de que el aire que se desliza a lo largo de la superficie superior del ala se mueve más rápidamente que el de la superficie inferior. Si la inclinación de las palas es muy elevada se puede producir el fenómeno conocido como pérdida de sustentación, en el que el flujo de aire de la superficie superior deja de estar en contacto con la superficie del ala y por lo tanto las palas dejan de girar.

Es por, ello que las palas de los aerogeneradores están alabeadas con el fin de que el ángulo de ataque sea el óptimo a lo largo de toda la longitud de la misma y no se produzca dicho fenómeno.

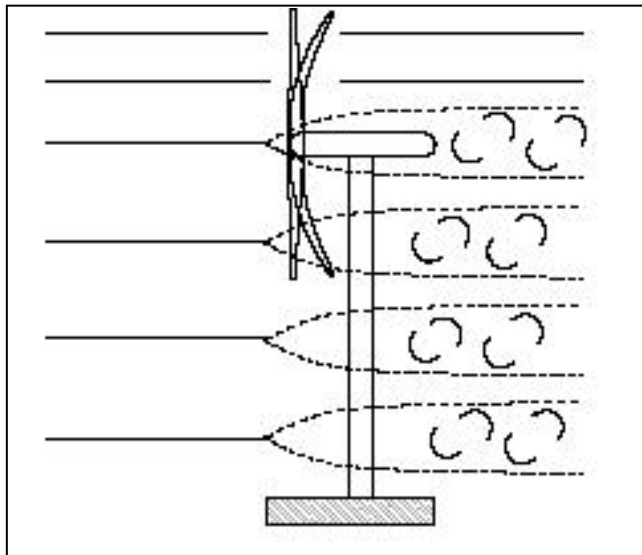
Como todas las máquinas transformadoras de energía los aerogeneradores no son capaces de transformar toda la energía eólica disponible del viento, en energía mecánica y por lo tanto hay que tener en cuenta un rendimiento denominado coeficiente de potencia  $C_p$ . El Coeficiente de potencia es la relación que hay entre la potencia eólica del emplazamiento y la potencia mecánica que se obtiene. Este coeficiente depende de la velocidad del viento, a bajas velocidades el rendimiento del aerogenerador es mayor que a velocidades altas.

## 4.7. Sistema de orientación

### 4.7.1. Dirección del viento

- A barlovento: en este modo, el viento entra de frente al aerogenerador y el sistema de orientación se sitúa en la parte posterior, es el modo más empleado.

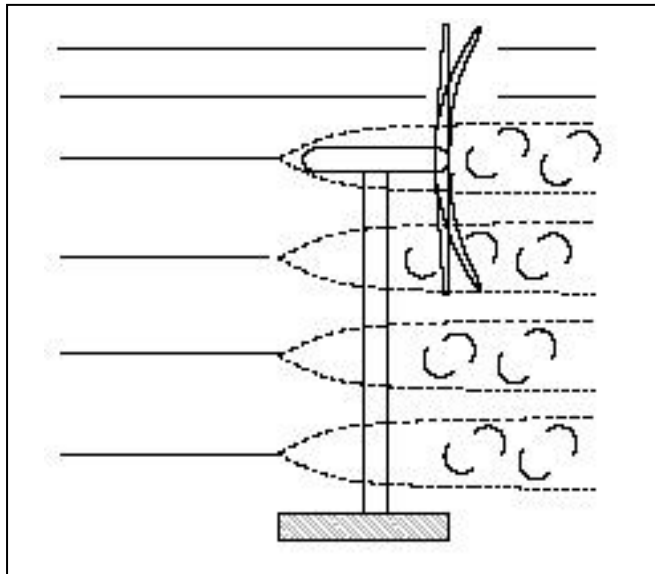
Figura 9. **Aerogenerador con rotor a barlovento**



Fuente: [www.opex-energy.com/eolica](http://www.opex-energy.com/eolica).

- A sotavento: el viento encuentra primero el sistema de orientación y finalmente, las palas del rotor, que están en la parte posterior.

Figura 10. **Aerogenerador con rotor a sotavento**



Fuente: [www.opex-energy.com/eolica](http://www.opex-energy.com/eolica).

#### **4.7.2. Regulación de la velocidad**

En la relación de las máquinas eólicas el viento se considera en tres velocidades que dan lugar a otras tantas situaciones:

- Velocidad de arranque o mínima: es la velocidad del viento con la que el rotor comienza a girar.
- Velocidad nominal: esta velocidad es con la que el aerogenerador proporciona la potencia nominal.
- Velocidad de parada: es la velocidad que corresponde a una alta velocidad del viento, que hace peligrar la estabilidad de la máquina, lo que implica la acción automática de parada o frenado.

## 5. BOMBEO DE AGUA

La aplicación más frecuente de la energía eólica es el bombeo de agua, para lo cual son especialmente adecuadas las turbinas de baja potencia. Se aprovecha el viento para el bombeo de agua en áreas aisladas de la red eléctrica. Los nuevos sistemas están más adaptados a la variabilidad del viento.

También, se usan sistemas eólicos eléctricos para bombeo de agua, los que generalmente requieren baterías o en algunos casos de un convertidor. Sin embargo, los sistemas eléctricos tienen la ventaja de que la turbina no tiene que instalarse en el sitio del pozo, sino en un punto donde se encuentre a su máxima capacidad el viento.

La unidad de bombeo es para agua, pero no es sumergible. Esta bomba se utiliza para transferir líquidos, vaciar o llenar tanques. La característica de autocebado funciona con una máxima de 2,1 metros si el impulsor ha sido cebado previamente (mojado).

La bomba debe ser colocada lo más cerca de la fuente de líquido y corriente que sea posible, no más de 2,1 metros por encima de la fuente de líquido y no más de 7,6 m desde la fuente de corriente.

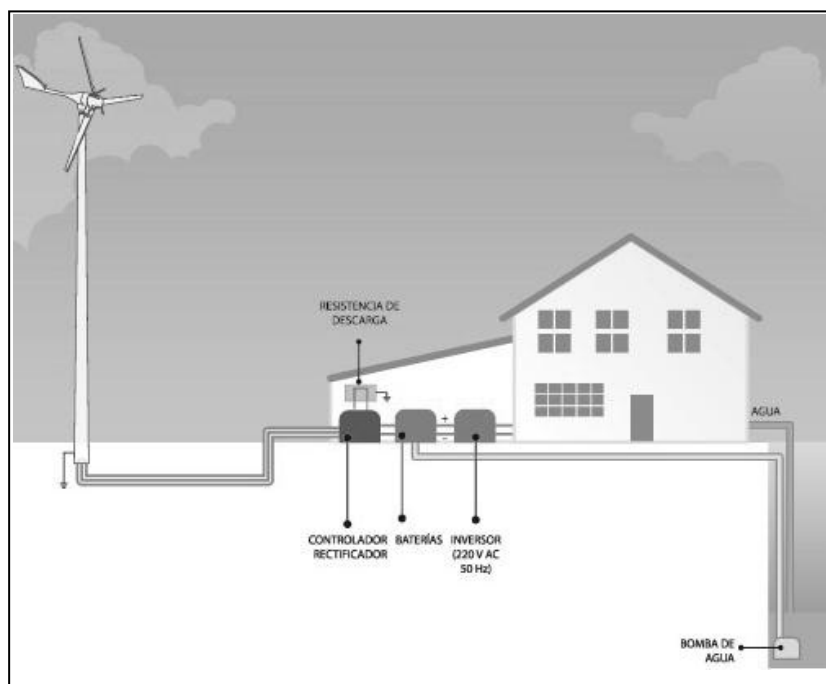
Usar tubería de plástico para la tubería de succión, esta debe ser del tipo reforzado de manera que no colapse con la succión. La tubería de descarga nunca debe ser más larga que la tubería de succión.

Se debe instalar una tubería de línea de succión en la entrada de succión

y descargar la tubería de la línea en dirección a la salida de descarga.

En las curvas se deben omitir, secciones de tubería que puedan ocasionar que el aire quede atrapado. Las tuberías deben ser inspeccionadas para ver si existen fugas en las conexiones. Las fugas pequeñas en la línea de succión reducen considerablemente la eficiencia de la bomba, y podrían imposibilitar el cebado. Se debe instalar una válvula de pie y cebar la bomba cuando el alzamiento de succión excede 1,8 m, o cuando la línea de succión es de más de 1,8 m.

Figura 11. **Instalación del sistema eólico**



Fuente: [www.windspot.es/es/apicaciones-windspot-mini-eolica.html](http://www.windspot.es/es/apicaciones-windspot-mini-eolica.html).

Según las especificaciones, la bomba levanta una columna de agua hasta 40 pies a un caudal de 90 galones por hora.

## **6. COSTOS DEL PROYECTO**

A continuación se especificarán los costos para la elaboración del proyecto, el objetivo de este capítulo es determinar la viabilidad del proyecto a través del costo de instalar un generador eólico que incluya todos los gastos necesarios para tener el equipo funcionando, ya que la vida útil de este ronda entre los 20 y 40 años pues posee pocas partes móviles.

El período de recuperación del proyecto depende del sistema elegido, la disponibilidad y velocidad del viento en la zona. Bajo las condiciones anteriores el período de repago del proyecto puede ser menor a los 10 años siendo una inversión de bajo riesgo.

### **6.1. Presupuesto del proyecto**

En la siguiente tabla se muestra una estimación de la inversión del proyecto. La tabla hace referencia entre los componentes fabricados y comprados. En el precio de los materiales fabricados se incluye el costo de los materiales utilizados y el costo de la mano de obra.

Tabla I. **Presupuesto del proyecto**

MATERIALES COMPRADOS	PRECIO (Q)
Aerogenerador Sunforce 44 446 Air x	Q8 640,00
Baterías	Q8 992,00
Bomba de agua (DC)	Q2 500,00
Otros: tornillos, tuercas, cables tensores...	Q1 500,00
Tubería	Q800,00
MATERIALES FABRICADOS	
Torre	Q1 250,00
Pintura anti-oxidante	Q200,00
Caja para baterías	Q350,00
Pileta	Q12 000,00
<b>Total</b>	<b>Q36 232,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## 7. CÁLCULOS Y MANTENIMIENTO

### 7.1. Cálculo eólico

Una vez realizado el estudio de potencia eléctrica es necesario conocer qué cantidad de potencia será capaz de suministrar el emplazamiento elegido para instalar el aerogenerador.

La potencia eólica de una zona se determina mediante la siguiente ecuación y esta depende de la densidad del aire, de la velocidad del viento y del área de barrido por las palas.

$$P_{eólica} = 0,5 \rho A v^3 \quad (\text{Ec. 7})$$

Pero debido a que la variación de velocidad que depende del terreno y de la altura a la que se tome, hay que corregir la velocidad media calculada según la siguiente ecuación.

$$V_{h2} = V_{h1} \left( \frac{h2}{h1} \right)^b \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde “b” es un coeficiente que depende del nivel de rugosidad del terreno. En la Tabla II se detallan diferentes valores del coeficiente “b” en función de distintos tipos de terreno.



Para los casos anteriores a continuación se presentan las siguientes tablas.

Tabla II. **Velocidades del viento tomada a 2 m de altura**

<b>Mes del año 2009</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
Junio	4,2	1,16
Julio	7,8	2,16
Agosto	8,2	2,27
Septiembre	6,0	1,66
Octubre	11,4	3,16
Noviembre	13,0	3,61
Diciembre	9,8	2,72
Media semestral	<b>8,62</b>	<b>2,39</b>

Fuente: Torres de medición de variables eólica instalada por el ministerio de energía y minas de Guatemala.

Tabla III. **Nivel de rugosidad del terreno**

<b>Nivel de rugosidad del terreno</b>	<b>b</b>
No rugoso (arena, nieve y mar)	0,10 - 0,13
Poco rugoso (hierba y campo de cereales)	0,13 - 0,20
Rugoso (bosque y casa pequeña)	0,20 - 0,27
Muy rugoso (edificios grandes)	0,27 - 0,40

Fuente: [www.scielo.org.ar](http://www.scielo.org.ar).

Tomando los datos de rugosidad y de la velocidad semestral de las tablas anteriores podemos calcular la velocidad corregida.

$$V_{h2} = 2,39 \left( \frac{7}{2} \right)^{0,20} = 3,50 \quad 9) \quad (\text{Ec. } 9)$$

3,05 m/s es la velocidad corregida.

Según la ley de Betz el aerogenerador solo aprovecha como máximo el 59% de la energía del viento.

A continuación se calcula el área de barrido del aerogenerador instalado.

$$A = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 = \pi \left( \frac{1,15}{2} \right)^2 = 1,05 \dots m^2 \quad (\text{Ec. } 10)$$

Con base en la ecuación se hace el cálculo de la potencia eléctrica eólica disponible en el lugar:

$$P_{eólica} = 0,5(1,225)(1,05)(3,05)^3 = 0,02 \text{ kW} \quad (\text{Ec. } 11)$$

Potencia que suministra el aerogenerador según fórmula:

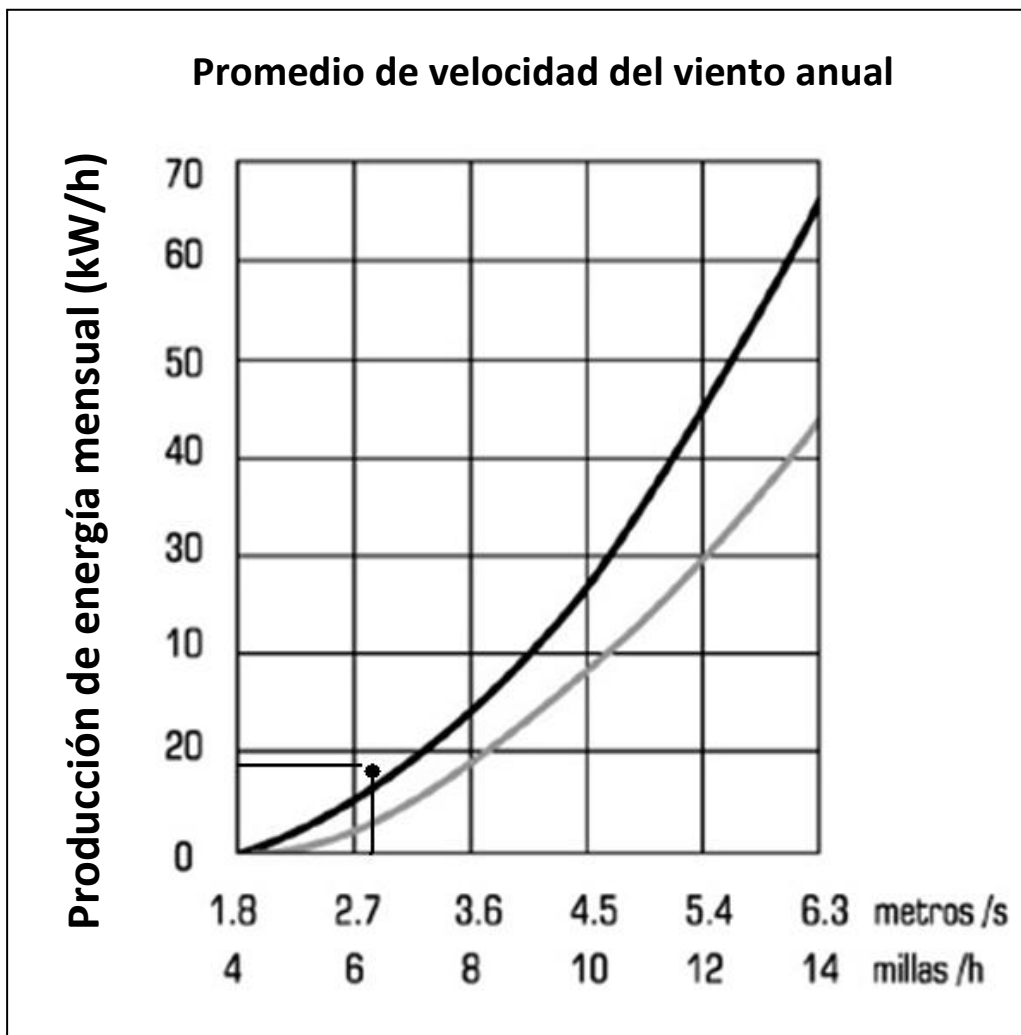
$$P_{elétrica-aerogenerador} = 400 \text{ W}$$

El aerogenerador elegido suministra 38 kWh /mes a una velocidad de 12 m/s.

## 7.2. Energía mensual producida por la turbina

En la figura se muestra la producción de energía mensual (kWh) contra el promedio anual de velocidad de viento (m/s); esto muestra que según el dato promedio de la velocidad de viento (3,05 m/s) se tiene una producción mensual entre 1 a 10 kWh.

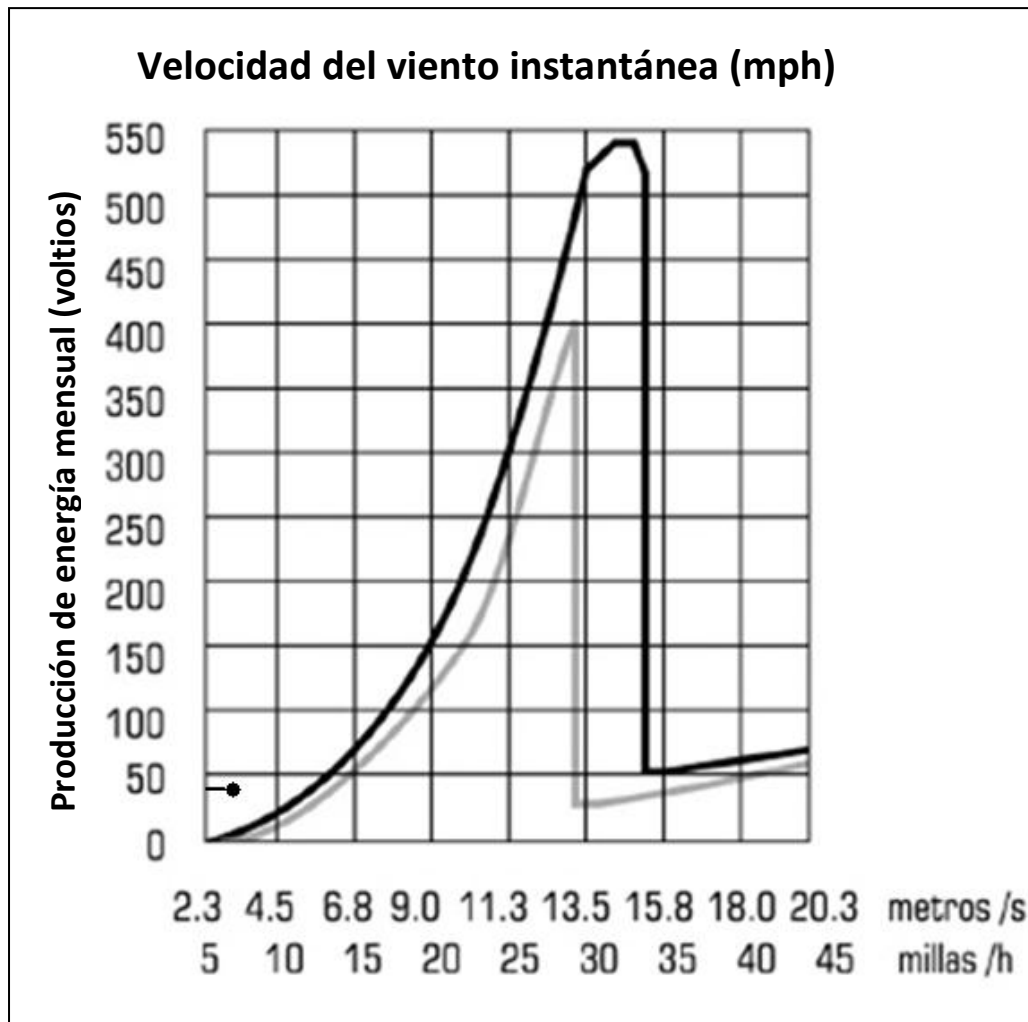
Figura 12. **Energía mensual producida por la turbina**



Fuente: [www.windpowerenergy.com](http://www.windpowerenergy.com).

### 7.3. Producción de potencia de la turbina

Figura 13. Producción de la turbina en Watts



Fuente: [www.windpowerenergy.com](http://www.windpowerenergy.com).

En la figura se muestra la producción de la turbina (Watts) contra la velocidad instantánea del viento (m/s), en este caso se tiene una producción de aproximadamente 20 Watts.

#### **7.4. Mantenimiento**

Dentro de las tareas de mantenimiento se debe distinguir entre mantenimiento preventivo o planificado y el correctivo o no planeado como respuestas a problemas descubiertos por el usuario.

El mantenimiento es de tipo preventivo. Dentro de las tareas de mantenimiento se deben realizar inspecciones anuales de:

- Ajuste de tuercas
- Las palas
- Los ejes
- Alternador
- Engrasado de los rodamientos del soporte de la góndola
- Las conexiones eléctricas

## **8. PLAN DE CONTINGENCIA**

Este capítulo establece actores, responsabilidades, procedimientos y normas que ante un evento adverso permiten ejecutar acciones dirigidas a trasladar a una o varias personas de un lugar de alto riesgo a un lugar de menor riesgo y brindar la atención primaria, de manera efectiva y eficiente, utilizando adecuadamente los recursos disponibles del municipio, para la pronta respuesta en caso de emergencia.

### **8.1. Desastres naturales**

Los desastres naturales, ponen en peligro el bienestar del hombre y el medio ambiental. Generalmente son los fenómenos climáticos o geográficos. Los riesgos más conocidos y divulgados son los que se materializan de forma episódica, a menudo con alcances catastróficos. Existen numerosos desastres tanto continuos como episódicos debido al hombre. Algunos desastres son ocasionados por las actividades humanas, por ejemplo, las inundaciones debido a la destrucción de bosques. Por lo tanto, en el estudio de los posibles desastres son fundamentales los principios básicos de la ciencia medioambiental, concretamente aquellos que permiten identificar qué es natural, qué es consecuencia de las actividades humanas y qué se debe a ambas causas.

## **8.2. Derrumbes de tierra y flujo de escombros**

Ocurren cuando masas de roca, tierra o escombros bajan por un declive. Los derrumbes de tierra pueden ser pequeños o grandes y pueden moverse a bajas o a muy altas velocidades. Son activados por tormentas, terremotos, erupciones volcánicas, incendios y por la modificación del terreno hecha por el hombre.

Los flujos de escombros y lodo son ríos de roca, tierra y otros escombros saturados con agua. Se desarrollan cuando el agua se acumula rápidamente en la tierra, durante fuertes lluvias, cambiando la tierra en un río fluido de lodo o barro aguado, pueden fluir rápidamente por declives o a través de canales, con poca o ninguna advertencia, a velocidades de avalancha. También pueden viajar varios kilómetros desde su fuente, creciendo en tamaño a medida que recogen árboles, rocas grandes, automóviles y otros elementos a lo largo del camino.

Los problemas de derrumbes de tierra, corrimientos de lodo y flujos de escombros son ocasionalmente causados por falta de un manejo adecuado de la tierra. Las prácticas inapropiadas del uso de la tierra en terrenos de estabilidad cuestionable, particularmente en regiones montañosas, en desfiladeros y en los zanjones pueden crear y acelerar los problemas serios de derrumbes de tierra. La zonificación para el uso de terrenos, las inspecciones por parte de profesionales y el diseño adecuado pueden reducir al mínimo muchos de los problemas de derrumbes de tierra, corrimientos de lodo y flujos de escombros.

### **8.2.1. Pasos a seguir en caso de un derrumbe de tierra o flujo de escombros**

- Comuníquese con su oficina de manejo de emergencias, la Cruz Roja, Bomberos Voluntarios y la Municipalidad para obtener información sobre los peligros de derrumbes de tierra y flujos de escombros en el municipio;
- Obtenga una evaluación del terreno de su propiedad;
  - Por el personal del departamento de planificación municipal, o de las delegaciones del MARN, MEM, COMRED, pueden tener información específica sobre las áreas vulnerables a derrumbes de tierra. Consulte a un experto profesional para obtener asesoramiento sobre las medidas correctivas que usted puede tomar;
- Reduzca al mínimo los peligros en su hogar;
- En áreas propensas a corrimientos de lodo, construya canales, acequias o muros de desviación para dirigir el flujo alrededor de los edificios;
- Instale conexiones flexibles en las tuberías para evitar fugas de gas o agua. Las conexiones flexibles son más resistentes a roturas;
- Familiarícese con el área a sus alrededores;
- Cambios pequeños en su terreno podrían alertarlo a posibles amenazas mayores en el futuro;
- Observe los patrones de drenaje del agua de lluvia en los declives y especialmente donde el agua se converge;



- Observe cualquier señal de movimiento de tierra, tal como corrimientos pequeños, flujos o árboles que progresivamente se inclinan hacia un lado, en las laderas de las colinas cerca de su casa;
- Observe particularmente el área a sus alrededores antes y durante tormentas intensas que pueden aumentar la posibilidad de un derrumbe de tierra o flujo de escombros debido a las fuertes lluvias. Muchas de las fatalidades debido al flujo de escombros ocurren cuando la gente está durmiendo;
- Aprenda a reconocer las señales de advertencia de derrumbes de tierra;
- Las puertas o las ventanas se adhieren o se truncan por primera vez;
- Grietas nuevas aparecen en la argamasa, las losas, los ladrillos o los cimientos;
- Las paredes, los caminos o las escaleras exteriores empiezan a separarse del edificio;
- Grietas que se desarrollan y se agrandan lentamente aparecen en el suelo o las áreas pavimentadas, tales como en las calles y caminos privados;
- Las líneas subterráneas de los servicios públicos se rompen;
- El terreno se vuelve abultado en la base de un declive;
- El agua irrumpe a través de la superficie del suelo en lugares nuevos;
- Las cercas, los muros de contención, los postes de los servicios públicos o los árboles se inclinan o se mueven;

- Usted escucha un leve sonido retumbante que aumenta en volumen a medida que el derrumbe de tierra se acerca;
- El terreno se inclina hacia abajo en una dirección específica y puede comenzar a moverse en esa dirección bajo sus pies.

### **8.2.2. Pasos a seguir durante la mayor amenaza de derrumbe de tierra o flujo de escombros**

- Escuche la radio o la televisión para advertencias de intensa lluvia;
- Prepárese para evacuar el lugar si las autoridades locales lo indican o usted se siente amenazado;
- Si permanece en la casa, trasládese a un segundo piso, si es posible para distanciarse del paso directo del flujo de escombros o de los escombros del derrumbe;
- Esté alerta cuando una lluvia breve e intensa ocurra después de un período prolongado de fuertes lluvias o tiempo húmedo, lo cual aumenta el riesgo de flujos de escombros;
- Esté pendiente de cualquier sonido inusual que pueda indicar el movimiento de escombros, tal como árboles que se parten o rocas que chocan unas contra otras. Una corriente pequeña de lodo o escombros puede preceder un derrumbe de tierra de mayor tamaño. Los escombros en movimiento pueden fluir rápidamente y a veces sin advertencia;

- Si esta cerca de un arroyo o canal, esté alerta al aumento o disminución del flujo de agua y a un cambio en las aguas claras o enlodadas. Tales cambios pueden indicar una actividad de derrumbe de tierra corriente arriba. Esté preparado para moverse rápidamente;
- Permanezca alerta cuando conduzca. Los terraplenes a lo largo de las carreteras son particularmente susceptibles a derrumbes de tierra. Esté pendiente de pavimento destruido, lodo, rocas caídas y otras indicaciones de posibles flujos de escombros.

### **8.2.3. Pasos a seguir durante un derrumbe de tierra o flujo de escombros**

- Muévase rápidamente fuera del paso del derrumbe de tierra o el flujo de escombros;
- Las áreas que por lo general, se consideran seguras incluyen:
  - Áreas que no se han movido en el pasado;
  - Áreas relativamente planas lejos de los drásticos cambios de declive;
  - Áreas en la parte superior o a lo largo de los cerros bastante alejados hacia atrás de las partes superiores de los declives;
- Si no es posible escapar, agáchese y coloque su cuerpo en forma de una bola apretada y protéjase la cabeza;

#### **8.2.4. Pasos a seguir después de un derrumbe de tierra o un flujo de escombros**

- Manténgase alejado del área del derrumbe, pueden existir derrumbes adicionales;
- Busque para ver si hay personas lesionadas y atrapadas cerca del derrumbe, sin entrar en el área directa del derrumbe. Dirija a los rescatadores a los lugares donde se encuentren;
- Ayude a algún vecino que pueda necesitarlo, tales como familias grandes, niños, personas mayores de edad y gente con alguna incapacidad;
- Escuche las estaciones locales de radio para enterarse de la información de emergencia más reciente;
- Los derrumbes de tierra y corrimientos de lodo pueden provocar peligros relacionados, tales como roturas en las líneas eléctricas, de agua, gas y alcantarillado y destrucción de las carreteras;
- Busque y reporte cualquier línea de servicios públicos rota a las autoridades apropiadas. Reporte los posibles peligros hará que los servicios públicos se restablezcan lo más rápidamente posible, evitando riesgos y lesiones adicionales;
- Examine los cimientos del edificio, la chimenea y el terreno circundante para ver si hay daños. El daño en los cimientos, las chimeneas y el terreno circundante le ayudará a evaluar la seguridad del lugar;

- Esté alerta a inundaciones que pueden ocurrir después de un derrumbe de tierra o flujo de escombros. Las inundaciones a veces ocurren después de los derrumbes de tierra y los flujos de escombros debido a que ambas pueden comenzar con el mismo evento;
- Vuelva a sembrar árboles en el terreno dañado tan pronto como sea posible, ya que la erosión causada por la pérdida de hierba o árboles puede conducir a una inundación repentina y derrumbes de tierra adicionales en el futuro cercano;
- Solicite el consejo de un experto para evaluar los riesgos de derrumbes de tierra o diseñar técnicas correctivas para reducir el riesgo de derrumbes de tierra. Un profesional le podrá aconsejar sobre las mejores maneras de prevenir o reducir el riesgo de derrumbes sin crear un peligro adicional.

### **8.3. Inundaciones**

Las inundaciones son uno de los peligros más comunes en las localidades cercanas a ríos, no obstante, todas las inundaciones no son iguales. Las inundaciones de las vías de agua se desarrollan lentamente, a veces durante un plazo de días. Las inundaciones repentinas pueden desarrollarse rápidamente, a veces en solo unos minutos, sin señales visibles de lluvia. Las inundaciones repentinas a menudo tienen una pared peligrosa de agua rugiente que arrastra una carga mortal de rocas, lodo y otros escombros que pueden arrasar cualquier cosa en su paso. Las inundaciones terrestres ocurren fuera de un río o riachuelo definido, tal como cuando un dique se rompe, pero aún así puede ser destructiva. Los efectos de las inundaciones pueden ser muy locales, afectando a un vecindario, comunidad o la ribera.

Esté consciente de los riesgos de inundaciones, no importa donde usted viva, pero especialmente si reside en áreas bajas, cerca de agua o aguas abajo de un zanjón. Aun los arroyos pequeños, barrancos, riachuelos, alcantarillas, lechos secos de arroyos o terrenos bajos que parezcan inmunes en tiempo seco pueden inundarse.

### **8.3.1. Pasos a seguir antes de una inundación**

Conozca los términos utilizados para describir las inundaciones:

- Vigilancia de inundación: la inundación es posible. Manténgase sintonizado a la radio o a una estación de radio o televisión comercial para obtener información. Los avisos de vigilancia se emiten de 12 a 36 horas de anticipación a un posible evento de inundación.
- Vigilancia de inundación repentina: la inundación repentina es posible. Esté preparado para trasladarse a un terreno más alto. Una inundación repentina podría ocurrir sin ninguna advertencia.
- Advertencia de inundación: la inundación está ocurriendo u ocurrirá pronto. Si se le indica que salga del área, hágalo inmediatamente.
- Advertencia de inundación repentina: una inundación repentina está ocurriendo. Busque un terreno alto a pie inmediatamente.
- Esté preparado para evacuar el área. Conozca las rutas de evacuación en caso de inundaciones de su comunidad y dónde puede encontrar un terreno alto;

- Hable con su familia sobre la inundación. Planee un lugar para encontrarse con su familia en caso de que queden separados unos de los otros en un desastre y no puedan regresar a casa. Elija un contacto fuera de su barrio al cual todos puedan llamar para decir que están bien;
- Determine cómo cuidará de los miembros de su familia que residan en otro lugar, pero puedan necesitar su ayuda en una inundación. Determine las necesidades especiales que sus vecinos pueden tener;
- Reúna un equipo de suministros para desastres. Mantenga un suministro de alimentos y agua potable adicional;
- Sepa cómo cerrar la electricidad, el gas y el agua en los interruptores y tomas principales;
- Considere las opciones para proteger su propiedad;
- Mantenga las pólizas de seguros, escrituras, registros de propiedad y otros papeles importantes en un lugar seguro fuera de su hogar;
- Evite construir en terrenos aluviales, a menos que pueda elevar y reforzar su casa;
- Instale válvulas de retención en las trampas de la alcantarilla para evitar que el agua de la inundación retroceda hacia los drenajes de su casa;
- Construya barreras, tales como diques, bermas y muros contra inundación para evitar que el agua entre a su domicilio;
- Llame al departamento de construcción o a la oficina de manejo de emergencias locales para obtener más información.

### **8.3.2. Pasos a seguir durante una inundación**

- Esté consciente de la inundación repentina. Si hay alguna posibilidad de que ocurra una inundación repentina, trasládese inmediatamente a un terreno más alto, no espere a que le den instrucciones;
- Escuche las estaciones de radio o televisión para obtener información local;
- Esté consciente de zanjones, canales de drenaje, valles y otras áreas que se sabe que se inundan de repente. Las inundaciones repentinas pueden ocurrir en estas áreas con o sin las señales de advertencia típicas, tales como nubes de lluvia o fuertes lluvias;
- Si las autoridades locales emiten una vigilancia de inundación, prepárese para evacuar el lugar;
- Asegure su hogar. Si tiene tiempo, amarre o coloque los equipos del exterior y los muebles de patio en el interior de la casa. Mueva los artículos esenciales a los pisos más altos;
- Si se le indica, cierre los servicios públicos en los interruptores. Desconecte los electrodomésticos, si usted está mojado o parado sobre agua, no toque los equipos eléctricos;
- No camine sobre agua en movimiento, seis pulgadas de agua en movimiento pueden tumbarlo. Si tiene que caminar sobre el área inundada, camine donde el agua no se esté moviendo, use un palo para verificar la firmeza del suelo frente a usted;



- No conduzca por áreas inundadas, seis pulgadas de agua llegarán a la parte inferior de la mayoría de los automóviles de pasajeros, lo cual puede causar la pérdida de control y posiblemente que el motor se pare. Un pie de agua hará que muchos vehículos floten, dos pies arrastrarán a casi todos los vehículos. Si las aguas suben alrededor de su automóvil, abandónelo y vaya a un terreno más alto, si puede hacerlo de una manera segura, de lo contrario usted y su vehículo podrían ser arrastrados por la corriente cuando las aguas suban;
- Si hay alguna posibilidad de que ocurra una inundación repentina, trasládese inmediatamente a un terreno más alto, no espere a que le den instrucciones.

### **8.3.3. Pasos a seguir después de una inundación**

- Evite el contacto con las aguas de la inundación. El agua puede estar contaminada con aceite, gasolina o aguas negras, también podría estar eléctricamente cargada debido a líneas eléctricas subterráneas o cables eléctricos caídos;
- Esté consciente de las áreas donde las aguas hayan cedido. Las carreteras pueden haberse debilitado y podrían derrumbarse bajo el peso de un automóvil;
- Manténgase alejado de cables eléctricos caídos y repórtelos a la compañía de electricidad;
- Manténgase alejado de áreas de desastre designadas, a menos que las autoridades soliciten voluntarios;

- Regrese a su casa sólo cuando las autoridades indiquen que es seguro hacerlo. Manténgase fuera de los edificios si están rodeados de agua. Tenga sumo cuidado al entrar a edificios. Pueden haber daños ocultos, especialmente en los cimientos;
- Considere las necesidades de salud y seguridad de su familia:
  - Lávese las manos frecuentemente con jabón y agua limpia si está en contacto con aguas de la inundación;
  - Deseche todos los alimentos que hayan estado en contacto con las aguas de la inundación;
  - Escuche las noticias para saber si el suministro de agua de la comunidad es seguro para beber;
  - Escuche las noticias, infórmese dónde puede obtener ayuda para vivienda, ropa y alimentos;
  - Busque atención médica necesaria en la instalación médica más cercana;
  - Dar servicio a los tanques sépticos, pozos negros, fosos y sistemas de lixiviación dañados tan pronto como sea posible. Los sistemas de alcantarillado dañados pueden presentar un peligro serio para la salud.

## **8.4. Terremotos**

Un terremoto es un temblor súbito de la tierra, causado por una quiebra y movimiento de roca debajo de la superficie de la tierra. Los terremotos pueden causar que los edificios y los puentes se derrumben, las líneas telefónicas y de electricidad se caigan y pueden resultar en incendios, explosiones y derrumbes de tierra, también pueden causar inmensas olas en el océano llamadas tsunamis o maremotos, que viajan largas distancias sobre el agua hasta que rompen en áreas costeras.

La información a continuación incluye pautas generales para la preparación y seguridad en caso de que ocurra un terremoto. Debido a que las técnicas de prevención de lesiones pueden variar de un lugar a otro, se recomienda que se comunique con su oficina de manejo de emergencias, el departamento de salud o la Cruz Roja de su localidad.

### **8.4.1. Pasos a seguir antes de un terremoto**

- Conozca los términos relacionados con terremotos.
  - Terremoto: un deslizamiento o movimiento súbito de una parte de la capa de la tierra, acompañado y seguido de una serie de vibraciones.
  - Temblores posteriores (*aftershock*): un terremoto de similar o menor intensidad que sigue al terremoto principal.

- Falla: la capa de la tierra se desliza a lo largo de una falla, un área de debilidad donde dos secciones de la capa se han separado, una capa puede moverse desde solo unas pulgadas hasta unos cuantos pies en un terremoto severo.
  - Epicentro: el área de la superficie de la tierra directamente sobre el origen del terremoto.
  - Ondas sísmicas: son vibraciones que viajan hacia afuera del centro del terremoto a velocidades de varias millas por segundo. Estas vibraciones pueden hacer sacudir los edificios con tal rapidez que se derrumban.
  - Magnitud: indica cuánta energía fue liberada. Esta energía puede medirse en un dispositivo de grabación y presentarse gráficamente por medio de líneas en una Escala *Richter*. Una magnitud de 7,0 en la Escala *Richter* indica un terremoto muy fuerte. Cada número entero en la escala representa un aumento de unas 30 veces la energía liberada. Por lo tanto, un terremoto que mide 6,0 es alrededor de 30 veces más potente que uno que mide 5,0.
- Busque los artículos en su hogar que puedan convertirse en un peligro en caso de terremoto;
  - Repare los cables eléctricos defectuosos, las líneas de gas con fugas y las conexiones inflexibles de los servicios públicos drenajes o alcantarillados;

- Coloque los objetos grandes o pesados en los estantes inferiores. Fije los estantes a las paredes. Asegure los objetos altos o aquéllos cuya parte superior sea pesada;
- Almacene los alimentos en botellas o frascos, la cristalería, la vajilla y otros artículos frágiles en estantes inferiores o en gabinetes que puedan cerrarse completamente;
- Ancle las lámparas de techo y los dispositivos de iluminación superiores;
- Examine o repare las grietas profundas de la mezcla en los cielos rasos y cimientos. Obtenga consejos de expertos, especialmente si hay señales de defectos estructurales;
- Asegúrese que la casa esté anclada firmemente en sus cimientos;
- Instale conexiones flexibles en las tuberías para evitar escapes de gas o de agua. Las conexiones flexibles son más resistentes a roturas;
- Conozca dónde y cómo cerrar la electricidad, el gas y el agua en los interruptores y tomas principales. Pida a los servicios públicos o proveedores locales que le den instrucciones;
- Lleve a cabo ejercicios de práctica para terremotos con su familia:
  - Busque lugares seguros en cada habitación debajo de una mesa fuerte o contra una pared interior. Refuerce esta información colocándose físicamente usted y su familia en estos lugares;
  - Identifique las zonas de peligro en cada habitación, cerca de

ventanas donde el vidrio puede romperse, estantes de libros u otros muebles que pueden caerse, o debajo de lámparas de techo que pueden caerse;

- Desarrolle un plan para reunir a su familia después de un terremoto. Establezca un teléfono de contacto fuera de la ciudad donde los miembros de su familia puedan llamar para hacerles saber a los demás que están bien;
- Proteja los papeles importantes de su hogar y negocio;
- Prepárese para sobrevivir por su cuenta por lo menos tres días, reúna un equipo de suministros para desastres, mantenga alimentos y agua potable adicional.

#### **8.4.2. Pasos a seguir durante un terremoto**

- Permanezca adentro hasta que el temblor cese y sea seguro salir. La mayoría de las lesiones durante los terremotos ocurren cuando objetos caen sobre la gente al entrar o salir de los edificios o sus viviendas;
- ¡Arrójese al piso, cúbrase y agárrese!, reduzca al mínimo sus movimientos durante un terremoto a solo unos pasos hasta un lugar seguro cercano. Permanezca adentro hasta que el temblor cese y usted se cerciore que es seguro salir;
- Si está adentro, busque refugio debajo de un escritorio, mesa o banco o contra una pared interior, y agárrese. Manténgase alejado de vidrios,

ventanas, puertas exteriores o paredes y de todo lo que pueda caerse, tal como lámparas y muebles. Si está en la cama, quédese ahí, agárrese, y protéjase la cabeza con una almohada, a menos que esté debajo de una lámpara de techo que pueda caerse;

- Si no hay una mesa o escritorio cerca de usted, cúbrase la cara y la cabeza con sus brazos y agáchese en una esquina interior del edificio. Los marcos de las puertas solo deben usarse como refugio si están cerca de usted y usted sabe que es una puerta de carga apoyada fuertemente;
- Si está afuera, quédese allí. Aléjese de los edificios, las lámparas de la calle y los cables de electricidad;
- Si reside en un edificio de apartamentos u otras estructuras multifamiliares de muchos pisos, considere lo siguiente:
  - Métase debajo de un escritorio y manténgase alejado de ventanas y paredes exteriores;
  - Esté consciente de que la electricidad podría interrumpirse y los sistemas de rociadores de incendios podrían activarse;
  - No use los ascensores;
- Si está en un lugar público interior donde haya mucha gente:
  - Quédese donde está. No corra hacia las puertas;
  - Muévase lejos de estantes altos, gabinetes y estantes de libros que contengan objetos que puedan caerse;

- Busque refugio y agarre algo para protegerse la cara y la cabeza de escombros y vidrios que puedan caerle encima;
- Esté consciente de que la electricidad puede interrumpirse o el sistema de rociadores de incendios o las alarmas de incendio pueden activarse;
- No use los ascensores;
- En un vehículo en movimiento, deténgase tan rápido como la seguridad lo permita y quédese dentro del vehículo. Evite detenerse cerca o debajo de edificios, árboles, puentes o cables eléctricos. Luego, proceda cautelosamente, observando la carretera y los puentes para ver si tienen daños;
- Si se queda atrapado en los escombros:
  - No encienda un fósforo;
  - No se mueva ni levante polvo;
  - Cúbrase la boca con un pañuelo o la ropa;
- Dé golpes en un tubo o la pared para que los rescatadores puedan encontrarlo. Quédese en el interior hasta que el temblor haya cesado y se haya cerciorado de que es seguro salir;
- Si tiene que salir después de un terremoto, esté pendiente de objetos que caigan, cables eléctricos caídos y paredes, puentes, calles y aceras debilitadas.



### **8.4.3. Pasos a seguir después de un terremoto**

- Esté preparado para los temblores posteriores. Estas ondas de choque secundarias por lo general, son menos violentas que el terremoto principal, pero pueden ser lo suficientemente fuertes para causar daños adicionales a estructuras debilitadas;
- Verifique si hay lesiones. No intente mover a las personas que estén seriamente lesionadas, a menos que estén en peligro inmediato de morir o de sufrir más daños. Si tiene que mover a una persona inconsciente, estabilice primero el cuello y la espalda, y luego pida ayuda inmediatamente;
- Si la víctima no está respirando, coloque cuidadosamente a la víctima en posición para administrarle respiración artificial, despéjele la vía respiratoria y comience a administrar resucitación de boca a boca;
- Mantenga la temperatura del cuerpo con frazadas, asegúrese de que la víctima no se caliente demasiado;
- Nunca trate de dar de beber líquidos a una persona inconsciente;
- Si la electricidad se interrumpe, use linternas de batería. No use velas, fósforos ni llamas abiertas en el interior después de un terremoto, ya que pueden haber fugas de gas;
- Use zapatos fuertes en áreas cubiertas con escombros caídos y vidrios rotos;

- Inspeccione su hogar para ver si hay daños estructurales, si tiene dudas acerca de la seguridad, haga que un profesional inspeccione su casa antes de entrar;
- Limpie las medicinas, blanqueadores, gasolina y otros líquidos inflamables derramados. Salga del edificio si se detectan vapores de gasolina y el edificio no está bien ventilado;
- Inspeccione visualmente las líneas de servicios públicos y los enseres para ver si tienen daños:
  - Si siente olor a gas o escucha un sonido de silbido o soplido, abra una ventana y salga. Cierre la toma de gas principal, reporte la fuga a la compañía de gas, desde el teléfono más cercano que funcione o por un teléfono celular;
  - Cierre la corriente eléctrica en la caja de fusibles o el disyuntor de circuitos principal si se sospecha o se sabe que hay daños;
  - Cierre el suministro de agua en la toma principal si las tuberías de agua están dañadas;
  - No baje el agua de los inodoros hasta que sepa que las líneas de alcantarillado están intactas;
- Abra los gabinetes con cuidado, ya que los objetos pueden caerse de los estantes;
- Use el teléfono sólo para reportar emergencias que amenacen la vida;

- Escuche las noticias para enterarse de la información más reciente de la emergencia;
- Manténgase fuera de las calles, si tiene que salir después de un terremoto, esté pendiente de objetos que caigan, cables eléctricos caídos y paredes, puentes, calles y aceras debilitadas;
- Manténgase alejado del área dañada a menos que la policía, los bomberos o las organizaciones de asistencia le hayan solicitado específicamente su ayuda.

## **8.5. Antecedentes**

### **8.5.1. Tormenta tropical Agatha**

La tormenta tropical Agatha fue un débil aunque destructor ciclón tropical en el Este del océano Pacífico. La primera tormenta de la temporada de huracanes en el Pacífico oriental de 2010 y la más mortal desde el huracán Paulina de 1997, Agatha se originó en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), región ecuatorial donde convergen la humedad tropical y se desarrollan numerosas tormentas eléctricas.

El sistema se organizó en las primeras horas del 29 de mayo, convirtiéndose en depresión tropical y se disipó al día siguiente, con vientos que alcanzaron los 75 km/h y una presión mínima de 1 000 hPa. Incluso antes de convertirse en depresión, la perturbación había afectado los países de América Central con lluvias torrenciales.

Al tocar tierra con intensidad de tormenta tropical, causó deslizamientos de tierra e innumerables ríos desbordados, cobró la vida de varias personas, desplazando a miles y provocando la destrucción de hogares e infraestructura.

En Guatemala, el Volcán de Pacaya, a unos 25 Kilómetros al Sur de la ciudad capital, hizo erupción el 27 de mayo, matando a una persona y forzando a unas 2 000 a evacuar sus hogares debido a la lluvia de ceniza y lava provocada por la erupción. La excesiva lluvia causada por Agatha empeoró la situación y disparó numerosos lanares. Sin embargo, en los cafetales se consideró esta lluvia como beneficiosa, ya que quitó las cenizas de los árboles de café.

Otros hogares fueron destruidos en inundaciones generalizadas y hubo que realizar docenas de rescates de emergencia, por la gran cantidad de inundaciones, mientras el ciclón atravesaba el país, cayeron alrededor de 500 mm de lluvia, lo que provoco el crecimiento inmediato de los ríos que se dirigen hacia la costa del Pacífico, provocando serios daños a viviendas y puentes. En la aldea San Miguel Escobar, Ciudad Vieja, un flujo de lodo proveniente del Volcán de Agua dejó 9 muertos y 12 desaparecidos.

La tormenta tropical Agatha tocó tierra en las costas de Guatemala alrededor de las 3:40 pm PDT del 29 de mayo provocando fuertes vientos e intensas lluvias, así como gran oleaje de hasta cuatro y cinco metros de altura. Además, debido a la tormenta Agatha, más de 300 puentes alrededor del país se destruyeron lo cual dejó a varios pueblos y comunidades aisladas por no tener acceso a ellas.

La tormenta tropical Agatha azotó fuerte en Mataquescuintla, principalmente en la aldea de San Miguel, en donde el desbordamiento del río El Molino destruyó más de 15 casas también tuvieron daños los caseríos vecinos.

Figura 14. **Desastre ocurrido en la zona de Mataquescuintla, Jalapa**



Fuente: El Periódico, 23 de julio de 2010.

#### **8.6. Instituciones que coordinan, desarrollan, planifican y ejecutan planes para reducir desastres**

A continuación se mencionan algunas coordinadoras, las cuales ejecutan acciones necesarias para la reducción de desastres, y en caso de alguna emergencia disponen de los recursos del estado e incluso, de instituciones privadas.

- **CONRED:** Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, encargada de identificar y analizar amenazas que existan en el territorio nacional.

Dicha institución está compuesta por más de 80 entidades de distintos sectores entre organizaciones de gobierno, ONG, iniciativa privada y cooperación internacional. Este sistema está trabajando en definir sus estrategias de intervención en torno a los tres momentos:

- Prevención y mitigación
- Atención y respuesta
- Reconstrucción con transformación

La CONRED, como ente coordinador, establece un mecanismo nacional de coordinación que permite trabajar a nivel nacional. Se emprenderán planes y acciones, orientados a fortalecer y mejorar la capacidad de respuesta y la atención humanitaria ante las emergencias; para ello, la República de Guatemala cuenta con el Plan Nacional de Respuesta, Sistema Integrado de Manejo de Emergencias, Fortalecimiento de los Sistemas de Rescate, Sistema Nacional Multisectorial de Gestión para la Reducción del Riesgo.

- COE: es el Centro de Operaciones de Emergencia, es el espacio físico donde la CONRED tomará decisiones en el manejo del plan de contingencia, se centralice la información, y se ordene el actuar.
- INSIVUMEH: el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala, es una organización científica del gobierno de Guatemala. El instituto fue creado para estudiar y monitorear fenómenos y eventos atmosféricos, geofísicos e hidrológicos, sus riesgos para la sociedad, y ofrecer información y recomendaciones al gobierno y el sector privado en la ocurrencia de un desastre natural. El instituto tiene cuatro disciplinas principales: Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

INSIVUMEH fue creado el 26 de marzo de 1976, poco después del terremoto de 1976, y forma parte del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

- COMRED: es la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres. El Alcalde Municipal es una figura de autoridad local, que de acuerdo con las decisiones, funciones y actividades del municipio donde fue electo, tiene el compromiso y la obligación de actuar y ejecutar actividades encaminadas a velar por el bienestar de los vecinos del lugar, principalmente en tiempos donde se presenten condiciones que pongan en peligro la integridad de los mismos.
- COLRED: Coordinadora Local para la Reducción de Desastres de origen Natural o Provocado, es presidida por el Alcalde Auxiliar o el Presidente del COCODE.
- CODRED: Coordinadora Departamental para la Reducción de Desastres de origen Natural o Provocado, es presidida por el Gobernador Departamental.

Legislación guatemalteca relacionada con la reducción de desastres

Dentro de los aspectos de leyes y reglamentos se cuenta con:

- El Decreto Ley 109-96 de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales Provocados, con el propósito de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres.

- La Ley de Desarrollo Social (decreto N° 42-2001)
- La Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural (decreto N° 11-2002)
- La Ley General de Descentralización (decreto N° 14-2002)
- El Nuevo Código Municipal (decreto N° 12-2002)
- La Ley de Adjudicación y Venta (decreto N° 84-2002)
- Entre los reglamentos, tenemos el Acuerdo Gubernativo N° 179-2001, declaratoria de alto riesgo a las subcuencas de Amatitlan, Villalobos, Michatoya y el Acuerdo Gubernativo N° 23-2003, reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental.

Dado que la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) es la instancia de gobierno a la que le corresponde prevenir, mitigar, atender y participar en la reconstrucción por los daños derivados de los afectos de los desastres, y es la Secretaria Ejecutiva de CONRED (SE-CONRED) el ente institucional responsable del impulso de lo establecido en el Decreto Ley 109-96, formula su Plan Estratégico Institucional 2004-2008 con proyección al 2012, con el objetivo de impulsar la Desconcentración y Descentralización de la Gestión para la Reducción de Riesgos a Desastres, el cual le permitirá al gobierno de la República brindar la adecuada protección y seguridad a la población, tomando como base la descentralización del ejecutivo.

Desde el año 2004 la SE-CONRED, y dentro de las acciones previstas en su Plan Estratégico Institucional 2004-2008, ha desarrollado acciones con el objetivo de prevenir y mitigar los efecto de los desastres en la población guatemalteca.



Entre otras acciones, es importante recalcar la realización de simulacros por terremoto, el último en el año 2006 con énfasis en la población escolar.

Como acción importante referente al fortalecimiento del sistema CONRED a nivel sectorial, la SE-CONRED ha impulsado la introducción de las Unidades Sectoriales de Gestión para la Reducción de Riesgos a Desastres (USGRD), las cuales tienen como finalidad convertir la gestión de riesgos a desastres en un eje transversal ante las acciones que se desarrollan desde cada uno de los sectores rectores de gobierno en el impulso de desarrollo económico y social.

#### Información general de la institución

Nombre: Municipalidad de Mataquescuintla, Departamento de Jalapa

Ubicación: 2 Avenida A 1-23, Zona 1

Teléfono: 7924-2462

Figura 15. **Municipalidad**



Fuente: Mataquescuintla, Jalapa.

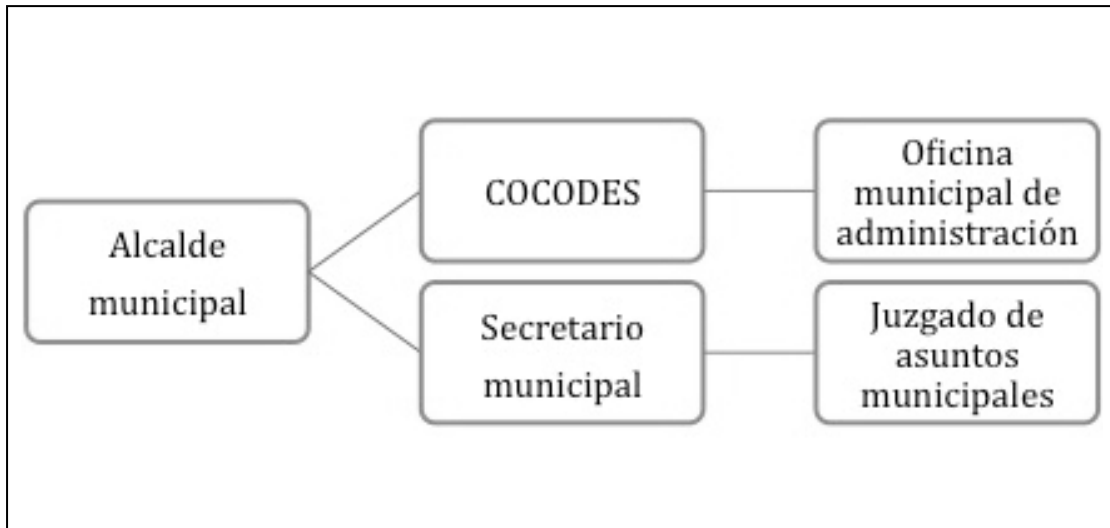
## Misión y visión de la institución

- Misión: proporcionar programas que conlleven al desarrollo integral del municipio y brindar servicios públicos con calidad y eficiencia.
- Visión: ser un municipio con mejores índices de calidad de vida, que ofrezca: servicios, seguridad e infraestructura municipal moderna y de primer orden.

### **8.7. Plan de contingencias**

Según la estructura de funciones de la Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa, se proponen las siguientes funciones del Comité para la Reducción de Desastres de la Municipalidad de Mataquescuintla, ante desastres que puedan ocurrir en la institución.

Figura 16. **Diagrama de función del Comité para la Reducción de Desastres de la Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa**



Fuente: elaboración propia.

### **8.7.1. Alcalde municipal**

El Alcalde municipal es el encargado de informar y coordinar con la CONRED o COMRED los daños que ha sufrido la institución y así solicitar ayuda de los diferentes centros de asistencia.

### **8.7.2. COCODES**

- Impulsan y ejecutan acciones de prevención y mitigación, reducción de riesgos.
- Dar a conocer a la Municipalidad de Mataquescuintla acerca del problema.
- Instruir a los miembros del Juzgado de asuntos municipales.
- Dar a conocer anualmente al Alcalde municipal el plan de trabajo contra desastres.

### **8.7.3. Juzgado de asuntos municipales**

- Elaboración de un plan anual contra posibles desastres.
- Identificar amenazas hacia la institución (estudio anual).
- Encargados de dar a conocer el plan y de velar porque se cumpla.
- Identificar los lugares seguros, en caso de evacuación.
- Estar al tanto del estado del edificio y de otros detalles de importancia para la seguridad de la comunidad.
- Gestionar los recursos para combatir los peligros identificados.

#### **8.7.4. Secretario municipal**

Encargado de la atención de las gestiones administrativas presentadas por los vecinos; y que deben ser resueltas por el Consejo del juzgado de asuntos municipales o por el Alcalde.

Funciones del encargado

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del Juzgado de asuntos municipales.
- Delegar responsabilidades a la Oficina municipal de administración.
- Presentar al Alcalde el plan de trabajo anual de la Oficina municipal de administración.
- Encargado de guiar a los establecimientos asistenciales para ayudar a las víctimas del desastre.

#### **8.7.5. Oficina municipal de administración**

- Elaborar un plan de primeros auxilios para atender eficientemente la emergencia en caso de desastres.
- Retirar a personas que obstruyen la atención de los lesionados.
- Apoyar el traslado de personas afectadas al hospital.
- Coordinar al personal administrativo.

## 9. FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

### 9.1. Temas a desarrollar

- Energía eólica
  - La generación de electricidad de sistemas eólicos de baja potencia pueden contribuir significativamente a las necesidades de energía de comunidades alejadas y carentes de este tipo de recurso.
  
- Mapa eólico
  - Se determinó el potencial eólico de Guatemala haciendo énfasis en las clases de viento que podrían generar energía eólica en magnitudes considerables, para el uso de generadores de baja potencia.
  
- ¿Por qué debería elegir la energía eólica?
  - Se dieron a conocer las relaciones costo/beneficio para aplicaciones de energías renovables en las comunidades.

- ¿Cómo funcionan las turbinas eólicas?
  - Se expusieron las generalidades de las turbinas eólicas, determinando como estas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica y esta a su vez produce energía eléctrica limpia.
  
- ¿Es la energía eólica práctica para mis necesidades?
  - Se determinaron las aplicaciones principales para aerogeneradores de baja potencia, exponiendo las condiciones necesarias para el funcionamiento de estos.
  
- ¿Cuál es el tamaño de turbina eólica que requiero?
  - El tamaño de la turbina depende del uso para el cual este destinado el aerogenerador, se expusieron los cálculos necesarios para determinar el tamaño del aerogenerador.

**Figura 17. Exposición de tema 1**



Fuente: Salón EPS, Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Figura 18. Exposición de tema 2**



Fuente: Salón EPS, Universidad de San Carlos de Guatemala.





## CONCLUSIONES

1. El sistema eólico es un dispositivo generador de energía eléctrica que no tiene impacto en el medio ambiente, porque se aprovecha la energía proporcionada directamente por el viento.
2. Los costos de funcionamiento y operación inicial son relativamente altos; sin embargo, este proyecto autogenera beneficios en los lugares donde no hay disponibilidad de energía eléctrica.
3. La ventaja más importante de generar energía eléctrica por este medio, es la eficiencia que puede alcanzar hasta un 44%, evitando así el uso de hidrocarburos, los cuales contaminan el medio ambiente; ya que la energía del viento es un recurso inagotable.
4. La energía eólica es utilizada para la generación de energía eléctrica, la cual puede ser utilizada en la extracción de agua en pozos, para alimentar motores en los sistemas de riego, etcétera.
5. Un plan de contingencia es la herramienta que la institución debe tener, para desarrollar la habilidad y los medios de sobrevivir y mantener sus operaciones, en caso de que un evento fuera de su alcance le pudiera ocasionar una interrupción parcial o total en sus funciones. Las políticas con respecto a la recuperación de desastres deben emanar de la máxima autoridad institucional, para garantizar su difusión y estricto cumplimiento.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa

1. Utilizar el sistema eólico en combinación con paneles solares (sistemas híbridos), para lograr una mayor eficiencia al momento de cargar las baterías. Así como, utilizar más de un aerogenerador.
2. Difundir el uso de aerogeneradores para la generación de energía eléctrica en otras regiones del país.
3. Utilizar inversores como el Xantrex Prosine 1 800 que soportan grandes cargas y poseen indicadores, ya que con este se puede utilizar una bomba AC de mayor tamaño debido a que las bombas DC son de bajo caudal y potencia.
4. El plan de contingencia lo debe coordinar un equipo multifuncional de personas para desarrollar y mantener el plan; así como planificar y practicar regularmente el mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Comité Municipal para la Reducción de Desastres COMRED. *Plan de Respuesta Municipal a Emergencias y/o Desastres*, 2010. 25 p.
2. GONZÁLEZ VELASCO, Jaime. *Energías renovables*. Barcelona: Reverté, 2009. 656 p. ISBN: 978-84-291-7912-5.
3. GUILLEN SOLÍS, Omar. *Energías renovables: Una Perspectiva Ingenieril*. México: Trillas, 2004. 128 p. ISBN: 9682470927.
4. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente; Universidad Rafael Landívar (URL) y Asociación Instituto de Incidencia Ambiental (IIA), 2006. *Perfil Ambiental de Guatemala: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala; (IARNA), 250 p. ISBN 99922-917-2-9.
5. MADRID, Vicente Antonio. *Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. México: Mundi Prensa México, 2009. 379 p. ISBN: 8496709108
6. MONTERRUBIO MONTESÓ, Juan Antonio; DE MARCO IBÁÑEZ, Naxto. *Especificación técnica para la réplica en la UPC de un aerogenerador de baja potencia destinado a la cooperación para el desarrollo humano*. [en línea]. [Consultado en octubre 2010]. Disponible en Web:<<http://www.es.scribd.com/doc/Construccion-de-aerogenerador-de-baja-potencia>>.

7. MOSQUERA MARTÍNEZ, Pepa. *Empresa y energías renovables*. España: Fundación Confemental, 2006. 295 p. ISBN: 84-96169-70-7.
8. OPEXEnergy Operación Y Mantenimiento S.L. *Tipos de aerogeneradores*. [en línea]. [Consultado en noviembre del 2010]. Disponible en Web: <<http://www.opex-energy.com/eolica>>.
9. Scientific Electronic Library Online. *Nivel de rugosidad del terreno*. [en línea]. [Consultado en noviembre del 2010]. Disponible en Web: <<http://www.scielo.org.ar>>.
10. SONKYO ENERGY. *Aplicación mini eólica*. [en línea]. [Consultado en enero del 2011]. Disponible en Web: <<http://www.windspot.es/es/apicaciones-windspot-mini-eolica.html>>.
11. VILLAR MANSILLA, Sergio. *Curso de energía eólica*. [en línea]. [Consultado en enero 2011]. Disponible en Web: <<http://www.mailxmail.com/curso-energia-eolica/>>.
12. WINDPOWER ENERGY. *Windturbines*. [en línea]. [Consultado en febrero del 2011]. Disponible en Web: <<http://www.windpowerenergy.com>>.

## **APÉNDICE**





Figura 19. **Instrumento de medición de la velocidad del viento**



Fuente: Mataquescuintla, Jalapa.

Figura 20. **Supervisión de EPS 1**



Fuente: Mataquescuintla, Jalapa.

**Figura 21. Supervisión de EPS 2**



Fuente: Mataquescuintla, Jalapa.

**Figura 22. Prueba de funcionamiento del aerogenerador**

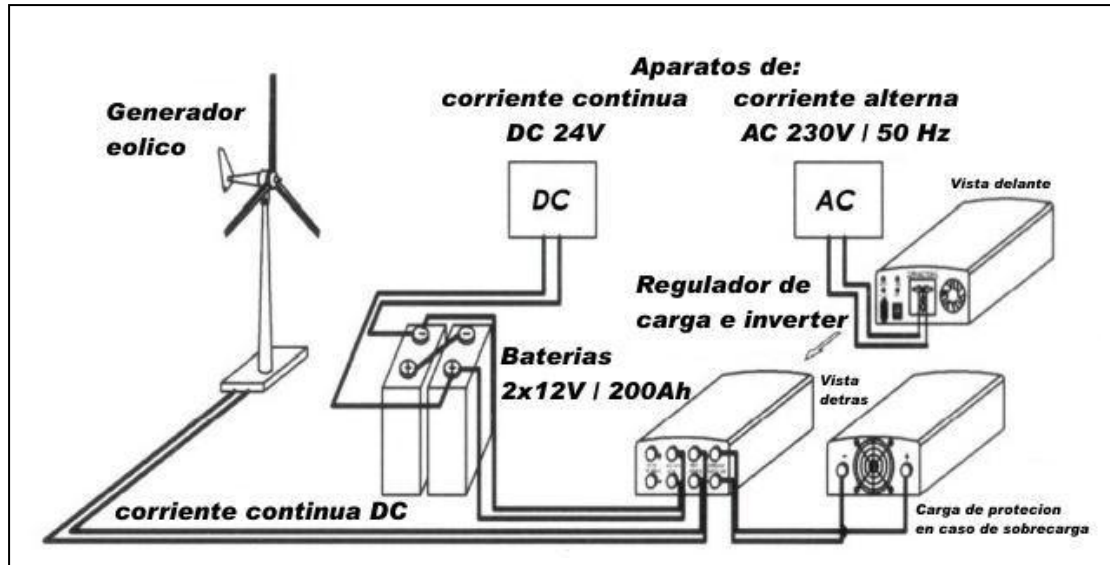


Fuente: Mataquescuintla, Jalapa.

## **ANEXOS**

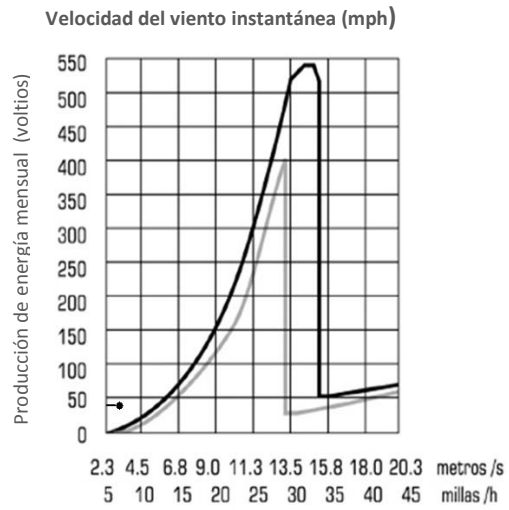
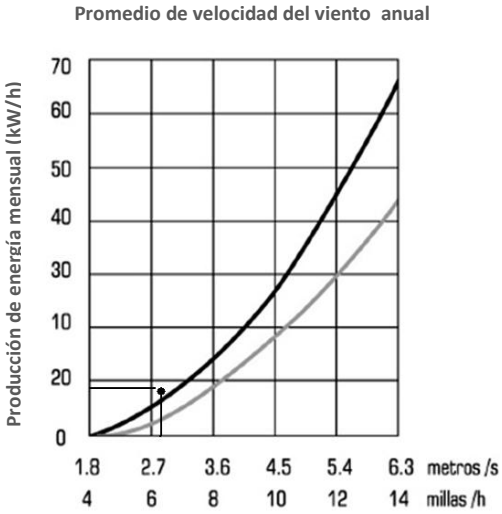
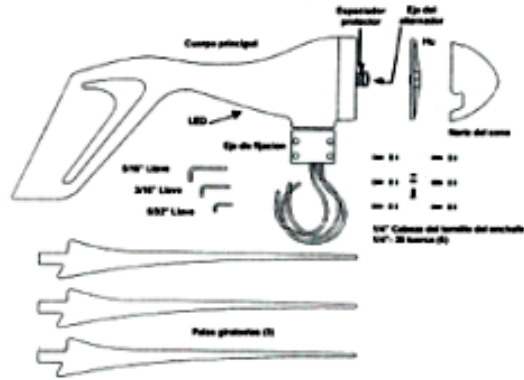
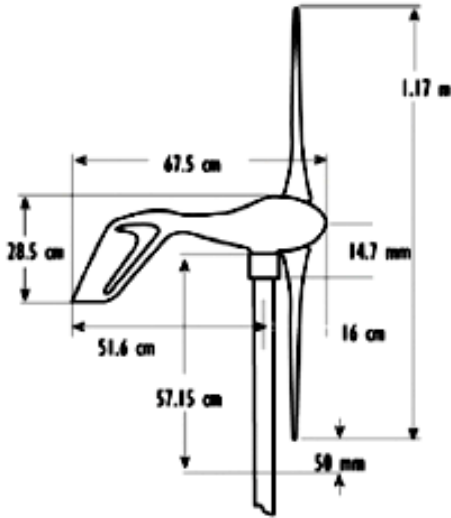


Figura 23. Diagrama de instalación del proyecto



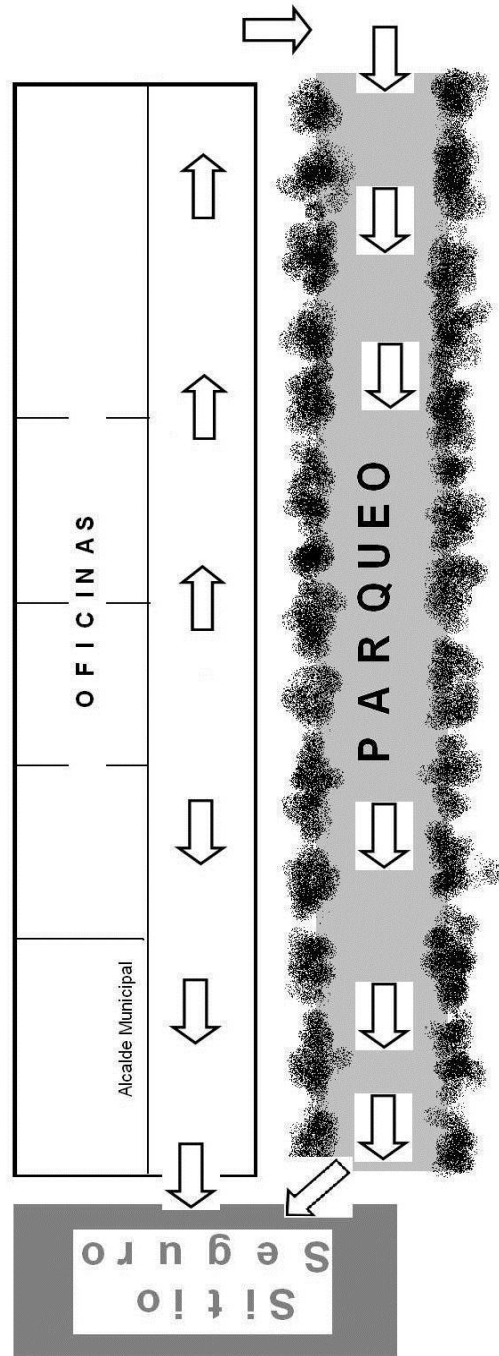
Fuente: [www.windpowerenergy.com](http://www.windpowerenergy.com).

Figura 24. Aerogenerador y curvas características



Fuente: [www.windpowerenergy.com](http://www.windpowerenergy.com).

Figura 25. Plano de la municipalidad de Mataquescuintla y ruta de evacuación



Fuente: Municipalidad de Mataquescuintla, Jalapa.