

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE LOS SANTOS, SECTOR DEL MIRADOR DEL
CHICAMOCHA**

**JULIAN ANDRÉ GALVIS FLOREZ
JUAN DIEGO MEDINA RUEDA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE LOS SANTOS, SECTOR DEL MIRADOR DEL
CHICAMOCHA**

**JULIAN ANDRE GALVIS FLOREZ
JUAN DIEGO MEDINA RUEDA**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL EN
INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR:
RAFAEL ORTIZ PEREZ
INGENIERO CIVIL**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
SANTANDER, BUCARAMANGA
2009**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Marzo de 2009

DEDICATORIA

*A Dios, quien me a
permitido estar aqui,
A mi familia; Mi
mamá y mis
hermanos Diego y
Sebastian. Y en
especial a mi papá
del cual me siento
orgullosa y es mi
modelo a seguir.*

*Julian Andre Galvis
Florez*

DEDICATORIA

*A mis padres y a mis hermanos
por su amor y apoyo
incondicional.*

Juan Diego Medina R

AGRADECIMIENTOS

En el presente trabajo quiero agradecer a todos aquellos que han contribuido en la formación humana y profesional a lo largo de mi vida, que no sería igual sin las atenciones y enseñanzas, tanto en los salones de clase como afuera; los desvelos, la paciencia, el perdón, el amor y el apoyo frente a adversidades para continuar el camino de frente.

No sería el mismo sin todos aquellos a quienes he conocido, a quienes aprecio y admiro, de quienes he recibido grandes lecciones y oportunidades, de quienes he aprendido a confiar y comprender. Por ello aseguro que no sería mejor de lo que soy sin ellos. Agradezco en particular a:

Al Ingeniero Rafael Ortiz por ser nuestro director de tesis, a la Universidad Pontificia Bolivariana y a todos los docentes que estuvieron siempre para formarme.

A mi familia quien me ha dado todo, a Laura mi novia que me ha apoyado y acompañado incondicionalmente con su amor, a Luís Fernando García y Olga Amparo Mantilla por haberme permitido el uso de su cabaña, a mis amigos Andres, David, y Jerson que están siempre en las buenas y en las malas y a mi compañero de tesis Juan D Medina amigo incondicional.

Julián Galvis

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por permitirme alcanzar este sueño.

Al Ing. Rafael Ortiz por ser nuestro guía, director y transmitirme sus conocimientos.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por formarme como gran persona y profesional.

A mis amigos incondicionales Alan, Jara, Fabián, Galvis y Jersson por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas durante mi proceso de formación.

A mi compañero de tesis Julián Galvis por su amistad leal y honesta en todo este tiempo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma brindaron su compañía durante toda la carrera.

Juan Diego Medina R

CONTENIDO

Contenido

1	INTRODUCCION.....	3
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
3	JUSTIFICACION.....	5
4	METODOLOGIA.....	6
4.1	REVISION BIBLIOGRAFICA Y MARCO TEORICO.....	6
4.2	ESTACION METEOROLOGICA.....	6
4.3	REGISTRO METEOROLOGICO.....	7
4.4	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	8
4.5	ANALISIS DE LA VIABILIDAD DE GENERACION.....	10
4.6	SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR.....	11
4.7	RESULTADOS.....	11
5	MARCO TEORICO.....	12
5.1	LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	12
5.2	ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA RENOVABLE.....	12
5.3	SUMINISTRO DE LA ENERGIA MUNDIAL.....	13
5.4	ENERGIA EOLICA.....	14
5.4.1	Origen de la energía eólica.....	14
5.4.2	Evolución de la energía eólica.....	15
5.5	EL VIENTO.....	16
5.5.1	El viento como recurso.....	16
5.5.2	Escala de viento: Variación horizontal.....	19
5.5.3	Variación del viento con la altura del terreno.....	20
5.5.4	Variación de la velocidad del viento con la altura.....	21
5.5.5	Métodos utilizados para medir la velocidad del viento.....	23
5.6	TURBINAS DE VIENTO.....	26
5.6.1	Turbinas de eje horizontal.....	27
5.6.2	Turbinas de eje vertical.....	27
5.7	CALCULO DE LA POTENCIA DEL VIENTO.....	28
6	RESULTADOS.....	31
6.1	REGISTRO DE VIENTOS.....	31
6.2	POSIBILIDAD DE GENERAR ENERGIA EOLICA.....	32
6.2.1	Aerogenerador Skystream3.7 de la empresa Joilet, capacidad en horas de generar energía eólica.....	33
6.2.2	Aerogenerador Inclín 3000 neo de la empresa J-Bornay capacidad en horas de generar energía eólica.....	34
6.2.3	Aerogenerador Inclín 6000 neo de la empresa J-Bornay capacidad en horas de generar energía eólica.....	35
6.3	CALCULO DE LA POTENCIA.....	36
6.3.1	Calculo de Potencia para los Aerogeneradores seleccionados: ...	38

6.3.2	Curva rendimiento aerogenerador Skystream 3.7.....	41
6.3.3	Curva rendimiento aerogenerador Inclín 3000 Neo.....	42
6.3.4	Curva rendimiento aerogenerador Inclín 6000 neo.....	43
6.4	ESTIMATIVO DEL CONSUMO DE ENERGIA DE UNA CASA TIPICA DEL SECTOR	44
Tabla 9.	Consumo Aproximado de Energía de Algunos Electrodoméstico.....	44
6.5	AEROGENERADOR SELECCIONADO	45
7	CONCLUSIONES	46
8	RECOMENDACIONES.....	48
	BIBLIOGRAFIA.....	49
	ANEXOS.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades promedio horarias.....	8
Tabla 2 Distribución de frecuencias a 10 m de altura	9
Tabla 3 Valores del exponente de Hellmann en función de la rugosidad del terreno.	22
Tabla 4 Valores esperados de velocidades de viento a diferentes alturas.	22
Tabla 5 Escala de Beaufort Para la Intensidad de Viento.....	24
Tabla 6 Variación de la potencia eólica específica.....	29
Tabla 7 Densidad del aire a diferentes alturas sobre el nivel del mar.....	29
Tabla 8 Distribución de Frecuencia para el mirador del Chicamocha.....	38
Tabla 9. Consumo Aproximado de Energía de Algunos Electrodoméstico.....	44
Tabla 10 Consumo de los electrodomésticos para 1 día	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estimado anual del consumo mundial de energías primarias.....	13
Figura 2 Patrones globales de circulación del viento.....	18
Figura 3 Comportamiento del aire en condiciones de día y noche.	19
Figura 4. Perfiles de Velocidad de Viento.	20
Figura 5 Deformación causada en árbol de Pino por la incidencia permanente del viento y su relación con la velocidad promedio anual esperada.	23
Figura 6 Tipos de Turbinas de Viento o Aerogeneradores.	26
Figura 7 Potencia eólica específica en función de la velocidad para condiciones normales de presión y temperatura.	28

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1 Velocidad horaria promedio vs. Hora de incidencia.	9
Grafica 2 Distribución de frecuencia	10
Grafica 3 Registro velocidades de viento durante 172 días de información.	31

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ley exponencial de Hellmann	21
Ecuación 2 Calculo de la potencia del viento.....	28
Ecuación 2 Calculo de la potencia del viento.....	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tabla Promedio Horario de todos los días

Anexo B. Curvas de rendimiento y generación de potencia de los tres equipos eólicos estudiados.

Anexo C. Potencial Nominal y Consumo de Electrodomésticos en una Vivienda Típica.

Anexo D. Registro Fotográfico.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNICIPIO DE LOS SANTOS, SECTOR DEL MIRADOR DEL CHICAMOCHA

AUTOR(es): JULIAN ANDRÉ GALVIS FLOREZ
JUAN DIEGO MEDINA RUEDA

FACULTAD: Ingeniería Civil

DIRECTOR: RAFAEL ORTIZ PEREZ

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo es determinar la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica, en La Mesa De Los Santos en el Mirador Del Chicamocha, sector reconocido por las altas velocidades de los vientos.

Para la recopilación de información se obtuvo una estación meteorológica de propiedad de la Universidad Pontificia Bolivariana. Esta estación fue instalada en una parcela de propiedad privada.

Se tomaron los datos de velocidad de viento durante un periodo de 5 meses equivalente a 24900 datos y se almacenaron en un computador, para posteriormente ser analizados en una hoja de cálculo. En el análisis se observó que a partir de las 9 de la mañana y las 9 de la noche la velocidad es viable para la generación de energía eléctrica.

Estos datos se aplicaron para simular la capacidad de generar energía eléctrica basándose en las especificaciones técnicas de tres aerogeneradores existentes en el mercado con características similares. Se determina la capacidad de generar energía eléctrica comparando los aerogeneradores estudiados y seleccionando el de mejor rendimiento.

Como resultado de este estudio se puede decir que la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica es viable, si se cuenta con un aerogenerador eficiente y que se adapte a los datos del estudio.

Una conclusión muy importante es que la viabilidad de generar energía eólica como fuente alterna y renovable es posible, siempre y cuando se cuente con datos de velocidad de viento y aerogeneradores comparables que se adapten a las condiciones dadas por el estudio.

Se recomienda aumentar el periodo de tiempo de la toma de datos a 2 años como mínimo para obtener una información más precisa y exacta.

PALABRAS CLAVES: Energía Eólica, Velocidad del viento

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: EVALUATION OF GENERAL CAPACITY DE TO EÓLIC ENERGY IN THE MUNICIPALITY OF THE SANTOS, SECTOR BALCONY OF CHICAMOCHA

AUTHORS: JULIAN ANDRE GALVIS FLOREZ
JUAN DIEGO MEDINA RUEDA

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: RAFAEL ORTIZ PEREZ

ABSTRACT

The main objective of this paper is to determine the feasibility of generating wind energy, in Mesa de los Santos in the area of Mirador del Chicamocha; area known for its wind speeds.

A weather station provided by Universidad Pontificia Bolivariana was used to collect the data. This station was installed in a parcel of private property.

Wind speed data was taken during a determined period of five months and twenty days equality to 24900 data and was stored in a computer to be later canalized in a spreadsheet. The analysis found that between the last hours of the morning and the hours of the afternoon there was a period of time where the speed is feasible for power generation.

These data were applied to simulate the capacity to generated wind energy based on the technical specification of three wind turbines available in the marked.

The capacity to generated wind energy is determinate by selecting the more efficient and favorable wind turbine among the three.

As a result it can be pointed out that we were able to provide energy to a typical house in the area.

A most important conclusion is that the feasibility to generated wind power as an alternate and renewable source is possible if you have reliable wind sped data and equipment adapted to the given conditions in the study.

It is recommended to continue with this study performing other data collection in other sector closer to the Mirador.

KEYWORDS: Energy Eolic

1 INTRODUCCION

El viento, recurso inagotable, ha sido para el hombre una importante herramienta de evolución y desarrollo, utilizado para la molienda de granos, bombeo de agua y otras aplicaciones mecánicas. Es así, que año tras año de constante evolución y expansión de la ingeniería se le ha dado al viento otro papel como es: la generación de energía eléctrica.

La generación de electricidad, utilizando el recurso del viento abre el camino hacia una fuente de energía renovable e inagotable, que cada vez gana mayor competitividad en el sector energético para la producción de energía a gran escala, limpia y compatible con el ambiente, no contamina y puede frenar parcialmente el uso y agotamiento de combustibles fósiles, contribuyendo a evitar el cambio climático.

El presente estudio tuvo como objetivo principal, determinar la capacidad de generación de energía eléctrica en La Mesa De Los Santos en el sector del Mirador Del Chicamocha, ya que, se tiene conocimiento del potencial que ofrece el viento en este lugar.

Al final de este estudio se conocerá si es viable el montaje de un aerogenerador con el fin de generar energía eléctrica que se pueda almacenar en la vivienda para su posterior uso.

Este trabajo de grado ofrece una aplicación de las energías renovables a la ingeniería civil, ya que es posible la instalación de aerogeneradores en obras civiles.

Por lo tanto es una introducción al tema y a la relación que existe entre las energías renovables y la ingeniería civil.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de energía eólica, en el Municipio De Los Santos en el sector del Mirador como fuente de energía limpia y confiable.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer un marco teórico a través de las diferentes fuentes bibliográficas existentes.
- Realizar la instalación de una estación meteorológica para efectuar las mediciones de velocidad y magnitud del viento, en La Mesa De Los Santos en el sector del Mirador Del Chicamocha, con el fin de obtener un registro de vientos para su respectiva evaluación.
- Elaborar un análisis estadístico de la velocidad de los vientos; promediando valores de velocidades cada 10 minutos y agrupándolos por horas, para determinar la velocidad promedio horaria en la totalidad del tiempo.
- Obtener y Analizar los resultados, para establecer la viabilidad de generación de la energía eléctrica, con referencia a los datos obtenidos anteriormente.
- Seleccionar un equipo existente que se adapte a los datos obtenidos para su respectiva aplicación.

3 JUSTIFICACION

La energía eólica como fuente renovable de energía eléctrica es un tema de auge en la actualidad, que favorece y trae consigo beneficios al medio ambiente, evitando la producción de Dióxido de Carbono (CO₂), por la no utilización de hidrocarburos o biomasa en el proceso de generación de energía; tampoco requiere de grandes áreas de terreno en su aplicación como lo hacen las presas o embalses. Otra ventaja que ofrece este tipo de energía; es la posibilidad de aplicarla en lugares apartados donde el acceso es difícil o el costo de energía eléctrica es alto.

Países Europeos como Alemania, Dinamarca y Holanda, cuentan con grandes proyectos de generación de energía eólica funcionando actualmente. Los cuales sitúan a estos países del primer mundo, en el escalafón de las Naciones que realizan importantes esfuerzos para cumplir con los parámetros señalados en el Protocolo de Kioto; a su vez Islandia país que en su actualidad el ciento por ciento de su generación eléctrica proviene de fuentes limpias, se encuentra a la vanguardia de la lista de los Países con menos emisiones de gases efecto invernadero. (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC))

En Colombia, este recurso ha sido poco explotado. Siendo este un país con geografía variada, es altamente viable para la ejecución de grandes o pequeños proyectos, ya sean para beneficios individuales o generales. En la actualidad Colombia a pesar de poseer gran cantidad de recursos energéticos tales como; carbón, petróleo, agua y otros, tiene un gran problema ya que algunas zonas se encuentran alejadas de la redes de conexión, o sus condiciones climáticas no son viables para el suministro de energía. Por tal razón las energías convencionales como la eólica es una alternativa de solución a los presentes problemas para la obtención de energía eléctrica.

Con base en las anteriores consideraciones, y teniendo en cuenta la existencia de un sitio con vientos predominantes, se propuso la elaboración de un estudio para determinar el potencial de generación de energía eólica en el lugar.

Teniendo en cuenta que hasta la fecha no se han realizados estudios similares en Santander, este documento abrirá el camino para futuros investigadores, autoridades locales o empresas de servicios públicos que quieran utilizar este estudio como referencia para evaluar las condiciones de generación en otros sitios específicos.

4 METODOLOGIA

Los siguientes procedimientos metodológicos están orientados a mostrar el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

4.1 REVISION BIBLIOGRAFICA Y MARCO TEORICO

Para la elaboración de este trabajo de grado, se hizo uso del material bibliográfico existente en la biblioteca de La Universidad Pontificia Bolivariana, en la cual se encontraron los siguientes títulos; Manual De Aplicación De La Energía Eólica de Álvaro Pinilla, Energías Renovables de Mario Rodríguez Ortega y Renewable Energy Power For a Sustainable Future de Godfrey Boyle. Haciendo uso principalmente del Manual de Aplicación De La Energía Eólica de Álvaro Pinilla como texto guía para este estudio.

En algunos aspectos específicos se recurrió a la consulta bibliográfica en Internet; las paginas consultadas y los temas derivados de ellas se presentan en la Bibliografía.

Este objetivo no se tuvo en cuenta para la realización del anteproyecto, ya que no se considero importante, pero durante la elaboración de esta investigación se determino que es un tema no muy estudiado y del cual no se dispone de mucha información por lo tanto se establece elaborar este objetivo.

4.2 ESTACION METEOROLOGICA

En este estudio se utilizó una estación meteorológica marca DAVIS VANTAGE-PRO con capacidad para medir la presión atmosférica, temperatura, humedad, precipitación, radiación solar, velocidad y dirección del viento propiedad de La Universidad Pontificia Bolivariana Facultad de Ingeniería Civil. La estación, que tiene capacidad para medir las velocidades en un rango de tiempo, se configuró para tomar registros de velocidad y dirección del viento cada 10 minutos para aprovechar la capacidad de la memoria del equipo y poder almacenar datos durante mínimo 15 días, así contar con el espacio de memoria apropiado evitando que se pueda presentar alguna interrupción en el almacenamiento de los datos, la estación almacena la información en una memoria para posteriormente ser descargados al computador.

Por razones de seguridad, facilidad de acceso, y ocurrencia continua de ráfagas de viento, se realizó la instalación de la estación en una parcela de propiedad privada, en el Conjunto Chicamocha Dorada.

La estación meteorológica, instalada en el techo de la vivienda a 10 metros de altura sobre la superficie del terreno, (esta altura es tomada del manual de aplicación de energía eólica del ministerio de minas y energía y el Instituto de ciencias nucleares y energías alternativas; INEA) puede presentar un bajo margen de error en el registro de los datos, puesto que el diseño arquitectónico del techo y la rígida base que ofrece la chimenea hacen que el viento no se encuentre directamente con el anemómetro en una de las direcciones posibles (NE) y además se recomienda que el anemómetro de la estación este a 2,1 metros sobre cualquier elemento.

Debido a la ubicación de la estación meteorológica se registra un pequeño error en la toma de los datos ya que no esta completamente libre de obstáculos a su alrededor la cual hace que los vientos choquen con el tejado de la cabaña y no se registre la velocidad totalmente verdaderas de estos.

Este objetivo específico se implemento durante la investigación final, puesto que es de suma importancia elaborar un punto que explique las razones de cómo y porque realizar la instalación de una estación meteorológica, no tenida en cuenta para el anteproyecto.

4.3 REGISTRO METEOROLOGICO

El registro meteorológico comenzó el día 10 de agosto del 2008 fecha para la cual se contaba con la estación meteorológica y el lugar de instalación, y terminó el día 31 de enero del 2009, para un total de 5 meses y 21 días. Tiempo que los investigadores consideran suficiente para la elaboración de una investigación y también por razones personales. Durante este tiempo se recopilaron un total de 24900 datos, los cuales nos dan una gran cantidad de información para su procesamiento y análisis. Se recomienda aumentar el tiempo de registro de datos por lo menos de 2 años; 1 para toma de datos y otro año para corroborar la información.

La descarga y almacenamiento de los datos, se hizo con una frecuencia quincenal, este periodo de descarga es configurado por los investigadores. Contando a partir del primer día se empezaron a tomar los datos. Como se anotó anteriormente, se realizo la configuración de la estación para realizar seis lecturas por hora, dando mayor exactitud en la estimación de la velocidad horaria.

No se realizaron registros en diferentes lugares puesto que no se contaban con más estaciones meteorológicas y tiempo, se decide hacer registro de viento en un solo lugar durante un largo periodo de tiempo.

4.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

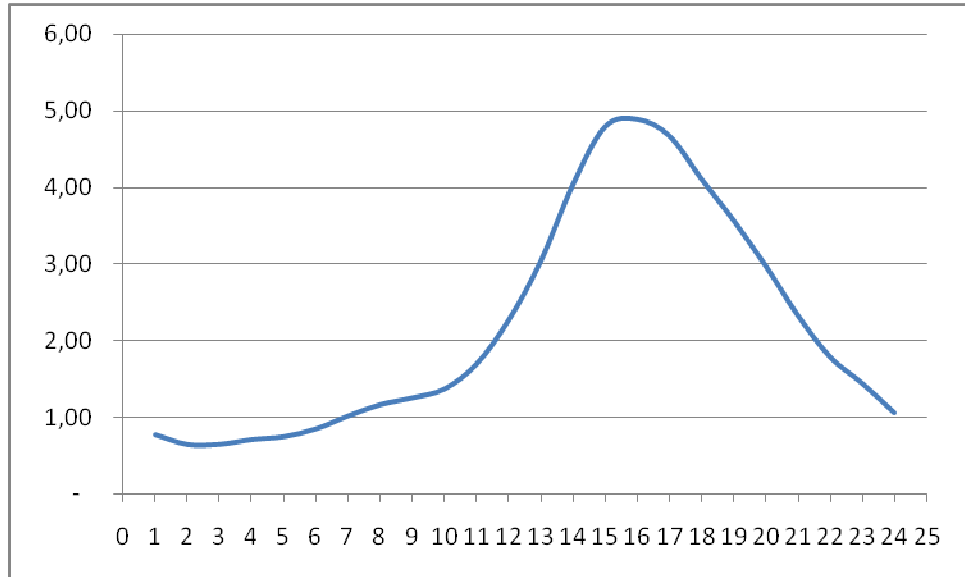
Los datos se descargaron de la estación meteorológica y fueron almacenados en un computador, estos datos tomados cada 10 minutos fueron llevados a una hoja de cálculo, haciendo uso de un Macro para obtener las velocidades promedio horarias de cada día, se agruparon todos los datos en las horas correspondientes, ejemplo: se tienen 6 datos de velocidad de viento cada uno almacenado a 10 minutos de haber pasado el anterior, estos 6 datos completan una hora, son sumados y promediados para obtener la velocidad promedio horaria para ese día. Este procedimiento se repite hasta sumar y promediar los 24900 datos y así obtener un total de 4128 horas. Teniendo las velocidades promedio horarias de cada día, se realizó un promedio de velocidades en cada hora para todos los días, con el fin de conocer la velocidad horaria presente en cada hora para un día global. Dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 1 Velocidades promedio horarias

Horas	Promedio de Velocidades
0 am - 1 am	0,78
1 am - 2 am	0,65
2 am - 3 am	0,65
3 am - 4 am	0,71
4 am - 5 am	0,75
5 am - 6 am	0,85
6 am - 7 am	1,02
7 am - 8 am	1,17
8 am - 9 am	1,26
9 am - 10 am	1,37
10 am - 11 am	1,70
11 am - 12 am	2,27
12 am - 1 pm	3,04
1 pm - 2 pm	4,03
2 pm - 3 pm	4,78
3 pm - 4 pm	4,88
4 pm - 5 pm	4,66
5 pm - 6 pm	4,10
6 pm - 7 pm	3,56
7 pm - 8 pm	2,97
8 pm - 9 pm	2,33
9 pm - 10 pm	1,79
10 pm - 11 pm	1,44
11 pm - 12 pm	1,06

Se realizo la grafica de velocidad del viento promedio de la siguiente manera:
Velocidad horaria promedio vs. Hora de incidencia.

Grafica 1 Velocidad horaria promedio vs. Hora de incidencia.



Se realizo un conteo de las velocidades y se agruparon de acuerdo a su magnitud, este conteo se expresa en los resultados.

Distribución de Frecuencia:

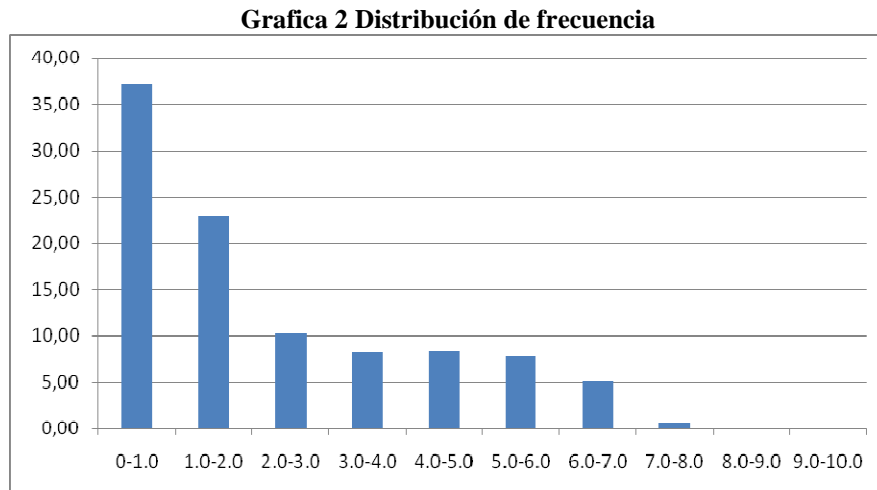
Se clasificaron los datos de velocidad promedio horaria de la siguiente manera: Dividir todo el rango de variación de la velocidad de viento en secciones de 1 m/s a esto se le llama la distribución de frecuencia del viento:

Tabla 2 Distribución de frecuencias a 10 m de altura

Distribución de Frecuencia: Velocidades a 10 m de altura		
Intervalo	Horas 173 días	Porcentaje en Tiempo
0-1.0	1.532,00	37,11
1.0-2.0	942,00	22,82
2.0-3.0	422,00	10,22
3.0-4.0	336,00	8,14
4.0-5.0	339,00	8,21
5.0-6.0	325,00	7,87
6.0-7.0	208,00	5,04
7.0-8.0	23,00	0,56
8.0-9.0	1,00	0,02
9.0-10.0	-	0
Sumatoria=	4.128,00	

Es importante recalcar que estas velocidades fueron tomadas a 10 metros de altura sobre la rasante del terreno, las velocidades a 15 metros de altura obtenidas con la formula de Hellmann y el factor de corrección α están expresadas y analizadas en los resultados.

Se realizo la grafica de distribución de frecuencia: fracción del tiempo vs. Velocidad del viento.



4.5 ANALISIS DE LA VIABILIDAD DE GENERACION

Una vez procesada la información, se obtienen resultados de velocidades de viento horaria durante los 5 meses y 21 días a una altura de 10 metros, estos resultados fueron modificados por la formula de variación de la velocidad en función a la altura por la ecuación exponencial de la ley de Hellmann, simulando una altura de 15 metros, ya que a mayor altura sobre la superficie del terreno el viento se encuentra libre de obstáculos y es una posición ideal para ubicar el eje del aerogenerador y así obtener óptimos resultados de velocidades para la generación de energía eléctrica. Otro método para determinar la velocidad del viento a 15 metros es usando la tabla 4 (Valores esperados de velocidad de viento a diferentes alturas) Otro método que se podría aplicar en el momento de estimar la velocidad del viento a una altura deseada, es utilizando la tabla 4 y realizando una interpolación de los valores, tomando como referencia la altura mas aproximada y la siguiente (10 metros y 20 metros), así realizando la interpolación del valor deseado.

Las velocidades alcanzadas a esta altura son factibles para generar energía eléctrica en este sector, los datos presentan velocidades favorables y no

favorables con un número de horas de velocidades favorables y continuas, esto es el criterio más importante para determinar la viabilidad de generación.

4.6 SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

Después del análisis, el siguiente paso consiste en elegir un aerogenerador comercial para su evaluación. Se realizó la búsqueda en Internet de aerogeneradores existentes en el mercado haciendo énfasis en sus características técnicas, que sus diámetros de rotor fueran similares, con capacidad significativa para generar energía eléctrica y así poder realizar una comparación adecuada de los aerogeneradores existentes en el mercado.

Se selecciono un aerogenerador conveniente que se adaptara a los resultados. Este aerogenerador es capaz de generar energía eléctrica suficiente para abastecer una casa típica del sector y/o ser almacenada para su uso.

4.7 RESULTADOS

Teniendo las velocidades promedio horarias diarias de todos los días, la distribución de frecuencia y la curva de potencia de cada aerogenerador es posible determinar la viabilidad de generar energía con el aerogenerador seleccionado.

Esto se realiza multiplicando el nivel de potencia del aerogenerador y el número de horas de viento en cada intervalo, la energía total corresponde a la suma de la distribución de energía, para este caso 172 días de velocidad.

Este método de estimación de suministro de energía se aplica en la instancia en que se tenga información particular del sector como velocidades de viento, y un o más equipos eólicos específicos.

5 MARCO TEORICO

5.1 LAS ENERGIAS RENOVABLES

Podemos definir las energías renovables como aquellas que son inagotables desde el punto de referencia del periodo de existencia de la humanidad.

Fuentes de energías renovables son la radiación solar, la atracción gravitacional de la luna y el sol, el calor interno de la tierra, la energía eólica contenida en el viento, y la energía hidráulica.

Desde tiempos inmemorables el hombre ha desarrollado técnicas para la obtención de calor y de trabajo a partir de fuentes renovables de energía. Debemos aclarar el concepto de renovables afirmando que se refiere a ritmos de consumos no superiores a los de producción o generación de manera natural.

Más ampliamente podemos considerar procesos renovables aquellos que evitan el consumo masivo de energía y materias primas si éstas pueden ser producto del reciclaje, minimizando por tanto los efectos provocados por la producción incontrolada de basura.¹

5.2 ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA RENOVABLE

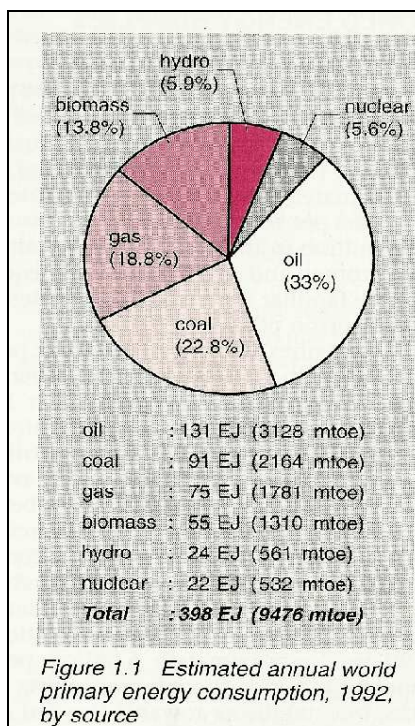
En la actualidad con el avance de la tecnología, el hombre ha buscado diferentes formas y aplicaciones para la producción de energía eléctrica, en los últimos tiempos la forma de obtenerla a cambiado y los efectos sobre el planeta han sido notorias, por esto, y siguiendo con lo estipulado en el protocolo de Kioto, naciones han inyectado miles de dólares en la investigación y producción de tecnología renovable.

¹ RODRIGUEZ ORTEGA, Mario. Energías Renovables Segunda Edición. España Thomson Paraninfo

5.3 SUMINISTRO DE LA ENERGIA MUNDIAL

Sociedades modernas, y particularmente sociedades industriales están ahora dependiendo totalmente del uso de grandes cantidades de energías, la mayor parte de estas en la forma de combustibles fósiles, para prácticamente todos los aspectos de la vida. En 1992, el consumo estimado total mundial de energías primarias, en todas sus formas, fue aproximadamente de 400 unidades de dióxido por año, equivalente a 9500 millones de toneladas de combustible por año; Esto esta representado en la Figura 1. (Estimado anual del consumo de energías primarias). Asumiendo la población mundial aproximadamente de 5300 millones en ese año, esto da un promedio anual de combustible por cada hombre, mujer y niño en el mundo equivalente a 1,8 toneladas de aceite. En más unidades familiares, esto es equivalente a 470 galones imperiales de combustible por persona por año.

Figura 1 Estimado anual del consumo mundial de energías primarias.



Puente: (BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power For a Sustainable Future. The Open University)

Estos datos no son solo para personas que utilicen directamente combustible también hace referencia al combustible usado por industrias, comercio, gobierno, etc. También grandes cantidades de madera y otros combustibles biológicos usados en el exterior por países tercermundistas.

La magnitud del problema de energía que puede encarar generaciones futuras puede ser ilustrada con un simple cálculo. La población del mundo en el año de 1990 fue aproximadamente de 5 billones de personas. La estimación de la

población tiende a mostrar un continuo crecimiento alrededor de 8 billones de personas para el 2025, se cree que hacia el final del próximo siglo halla una estabilización en el crecimiento de la población mundial entre 10 y 12 billones de personas. La mayor parte de ese aumento será en los países menos desarrollados. Los combustibles en una tasa promedio, son utilizados 6 veces más en los países desarrollados que en los subdesarrollados.²

5.4 ENERGIA EOLICA

5.4.1 Origen de la energía eólica. Eólico, boreal, tifón o huracán son entre otros nombres conocidos y usados en la terminología climatológica. Estas palabras y sus derivadas tienen su raíz en la denominación que diversas mitologías les han dado a los dioses del viento. Evidentemente esto es prueba del enorme temor y respeto que el ser humano ha tenido por el viento y la fuerza que contiene.

Eolo es el dios griego guardián de los vientos manejándolos y liberándolos a su antojo, Boreas es el dios de la misma mitología que personifica al viento del norte, Huracán es el corazón del cielo según los mayas, y Tifón es el dios del mal en el antiguo Egipto.

Pero los efectos beneficiosos de la lluvia y el viento son claramente mayores que los ocasionales perjuicios, pues la lluvia es la fuente de la vida que trae el viento. Las modernas urbes saturadas por las emisiones de los vehículos y por los humos de las pocas eficientes calderas de calefacción, y afectadas por el polucionado aire de las zonas industriales que las rodean, la lluvia y el viento tienen un efecto atmosférico limpiador y renovador. De tal punto que, cuando no se producen, se crean situaciones de riesgo para la salud humana.

El hombre ha aprovechado para sus fines industriales la energía contenida en el viento desde tiempos inmemoriales. Entre las técnicas más antiguas de aprovechamiento de la energía del viento esta la molienda de granos, la extracción de aceites, el prensado de materia vegetal, el aserrado de madera, y el bombeo de agua para el regadío y el abastecimiento humano y animal.

Los mas antiguos molinos accionados por el viento eran de eje vertical y pueden situarse en Persia hace unos 3.700 años; parece ser que en la misma época histórica también se desarrolla en China un molino de eje vertical. La penetración en Europa del molino de viento no se produce hasta pasados mas de 2000 años desde su invención; fue en la Edad Media y, muy probablemente, mejorado por la técnica árabe y transformado ya en el molino

² BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power For a Sustainable Future. The Open University

de eje horizontal que conocemos, y que se extendió por Europa con distintas tipologías. La aplicación primordial de estos molinos de viento era la sustitución del trabajo humano para la molienda de grano.

En la actualidad se aprovecha en gran escala la fuerza del viento para la generación de electricidad, para el bombeo de agua y la molienda de grano; estos usos, necesitan de obras civiles lo suficientemente importantes como para cuidar los aspectos medioambientales, a pesar de lo cual la escala del impacto ambiental es insignificante en comparación con la de las centrales hidráulicas, térmicas, nucleares.

La energía eólica aprovechada a gran escala produce un fuerte impacto visual que según el caso puede ser mas o menos agradable; no obstante, el efecto sobre los ecosistemas es despreciable, permitiendo las actividades agro ganaderas en el mismo pie de las maquinas eólicas. Los estudios sobre mortandad de aves por su interposición en las zonas de pasos de las migraciones son irrelevantes.³

5.4.2 Evolución de la energía eólica. Los molinos de vientos modernos, tienden a conocerse mejor como turbinas eólicas, parcialmente porque su función es similar a las turbinas de gas o de vapor para generación de electricidad. En algunas ocasiones también se les conoce, en la actualidad, como Sistemas de Convención de Energía Eólica (SCEE). Aquellos sistemas que son utilizados para generar electricidad se conocen como aerogeneradores y aquellos utilizados para extracción y bombeo de agua se conocen como aerobombas.

La energía eólica ofrece un importante potencial para el suministro de cantidades sustanciales de electricidad sin los problemas de polución que presentan la mayoría de las formas convencionales de generación. Después de la crisis energética mundial que se presentó en el año 1973, se impulsó un interés global por el desarrollo y uso de fuentes alternativas de energías como Energía solar térmica, fotovoltaica, eólica, microhidroelectricidad, de las mareas, de las olas, la geotermia, el uso de biomasa, entre otras.

Durante la década de los ochenta, la energía eólica recuperó su estatus de primer orden perdido a principios del siglo XIX al presentarse grandes desarrollos tecnológicos, pasándose de plantas pilotos y prototipos experimentales hasta la realidad comercial de sistemas eólicos que han demostrado alta confiabilidad y buena disponibilidad en la operación y entrega de energía eléctrica. En los comienzos de los ochenta solo 2 países contaban con programas nacionales de utilización de la energía eólica para el suministro

³ RODRIGUEZ ORTEGA, Mario. Energías Renovables. Segunda Edición. España Thomson Paraninfo

masivo de energía eléctrica (Estados Unidos y Dinamarca), y ya hacia finales de los ochentas eran más o menos 14 los países con programas nacionales del uso de la tecnología eólica.

En la actualidad y en varios países, en conjunto, para conexión a red se han instalado más de 25.000 turbinas eólicas de diversos tamaños y potencias nominales, con una tendencia a estandarizar el tamaño óptimo por turbina individual de nivel de potencia nominal de 250 kw eléctricos y tamaños que oscilan entre 25 y 30 metros de diámetros. Los equipos instalados exceden una capacidad global de 6.200 Mega Wats y una producción anual energética mayor que los 13 mil millones Kw/h, lo cual ha demostrado que cuando se instala equipos en condiciones favorables de viento, la viabilidad económica de estas instalaciones la hacen competitiva a alternativas convencionales de suministro de energía. Vale la pena anotar que de todas las tecnologías de energías renovables, la energía eólica ha emergido como una de las más ventajosas, como consecuencia del número de instalaciones y la potencia global instalada, sin ser comparable, por ninguna otra fuente renovable de energía.⁴

5.5 EL VIENTO

El viento es aire en movimiento, y es una forma indirecta de la energía solar. Este movimiento de las masas de aire se origina por diferencias de temperatura causada por la radiación solar sobre la superficie terrestre, que junto a la rotación de la tierra, crean entonces los, llamados, patrones globales de circulación. La fuerza que el viento ejerce sobre una superficie opuesta en su trayectoria depende de su velocidad, la dirección del viento se indica con una veleta y se toma del lado de donde sopla, es decir; se dice que es de dirección este, porque el viento sopla hacia el oeste; Otro instrumento que indica la dirección del viento es la manga de aire como la que se colocan en algunos puntos de las carreteras y autopistas, o en los aeródromos y aeropuertos. La velocidad del viento se mide con el anemómetro.⁵

5.5.1 El viento como recurso. El viento es recurso de energía renovable, valiosa y abundante, útil a nivel local en granjas y ranchos cuya superficie sea mayor a una hectárea, así como en comunidades rurales y municipalidades.

⁴ PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA.

⁵ RODRIGUEZ ORTEGA, Mario. Energías Renovables. Segunda Edición. España Thomson Paraninfo

5.5.1.1 Ventajas del recurso eólico. La determinación precisa del recurso eólico es una tarea difícil e incierta, especialmente cuando se compara con la energía solar o la energía hidráulica. Las razones para esto son las siguientes:

Una gran variabilidad de velocidades de viento se encuentran en las diferentes regiones del mundo, desde un promedio anual de velocidad de 2 m/s hasta 7 m/s en lugares con mucho viento. Esta variación en viento implica una mayor variabilidad en la potencia disponible.

Inmensas diferencias en velocidad de viento (Y por ende en Potencia) se observan en pequeñas distancias debido a la cambiante topografía del terreno y su rugosidad. En pequeñas distancias la potencia eólica puede variara en un orden de magnitud.

Es difícil medir el potencial eólico con precisión. Del viento, generalmente, se mide su velocidad y dirección. La potencia eólica es proporcional al cubo de la velocidad del viento, significando esto que un pequeño error en su medición causa un mayor error en la potencia calculada.⁶

5.5.1.2 Patrones globales de circulación del viento. El flujo de energía solar total absorbida por la tierra es del orden de 10.017 Vatios, lo cual es aproximadamente 10.000 veces la tasa total mundial del consumo energético. Una pequeña porción del flujo total solar (aproximadamente 1% o 1.015 Vatios) se convierte en movimiento atmosférico o Viento.

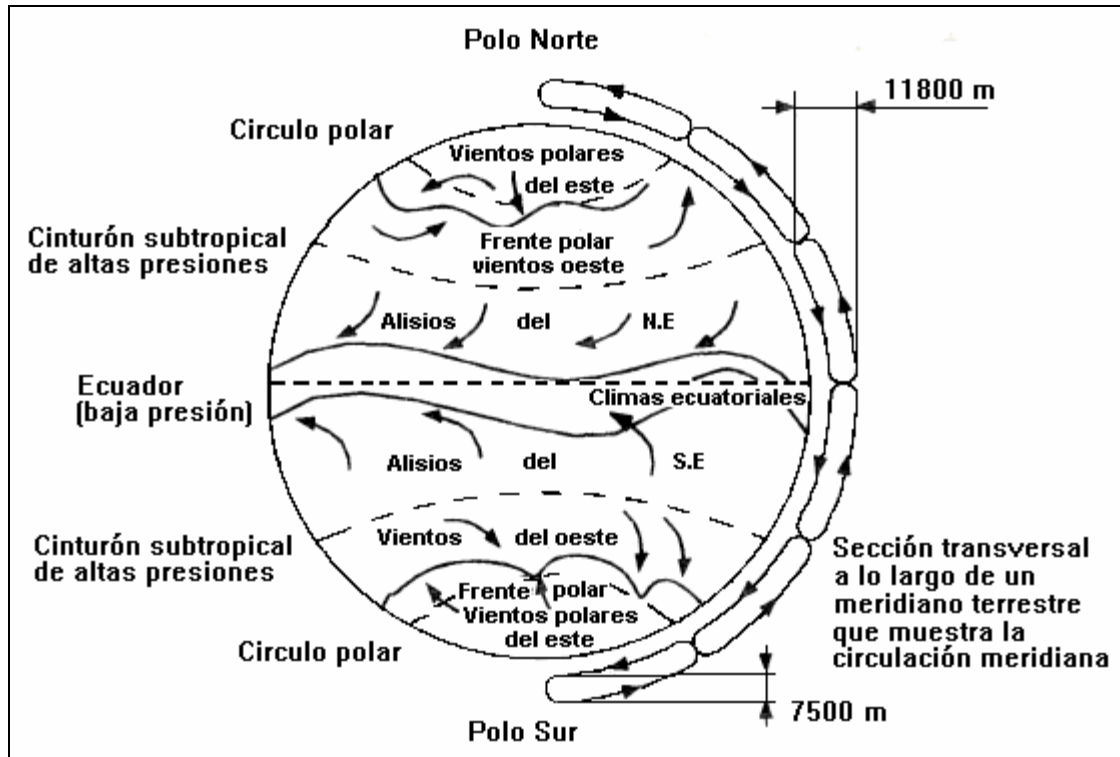
En una escala global las regiones alrededor del ecuador reciben una ganancia mayor de energía, mientras que en las regiones polares hay una perdida de energía por radiación. Esto implicaría la elaboración de un mecanismo por el cual la energía recibía en las regiones ecuatoriales sea trasportada a los polos.

Las masas de aire caliente en la región ecuatorial ascienden (causando la formación de nubes y de relámpagos) en una banda delgada de alrededor 100 Km de ancho, llamada la zona de convergencia intertropical (ZCIT). Esta zona se ubica más o menos paralela al ecuador alrededor de la tierra. En la parte superior de la atmósfera, estas masas de aire se dividen en 2, una alejándose del ecuador hacia el norte y otra alejándose hacia el sur. Al alejarse del ecuador el aire se vuelve mas frío y mas pesado. Aproximadamente 30° de latitud norte y sur, este aire empieza a descender, causando un clima seco y sin nubes. En estas latitudes es donde se encuentran los grandes desiertos al

⁶ PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA

rededor del mundo. La figura 2 muestra el comportamiento del viento sobre la tierra.

Figura 2 Patrones globales de circulación del viento.



Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

A nivel de superficie terrestre, los vientos se devuelven hacia el ecuador como vientos Alisios. Debido a la rotación de la tierra su dirección se desvía hacia el oeste en los dos hemisferios Norte y Sur. Por esto, la dirección de los vientos alisios es NE y SE (La dirección se determina por la dirección de donde viene el viento y no hacia donde se dirige).

La zona de convergencia intertropical o ZCIT se desplaza hacia el norte del ecuador, durante el verano del hemisferio Norte y hacia el Sur en el invierno. Es muy estable y por esto los vientos alisios son permanentes. Dentro de esta zona se encuentran vientos de baja intensidad interrumpidos por un alto nivel de tormentas eléctricas. Al tiempo se pueden experimentar largos periodos de calma de viento.

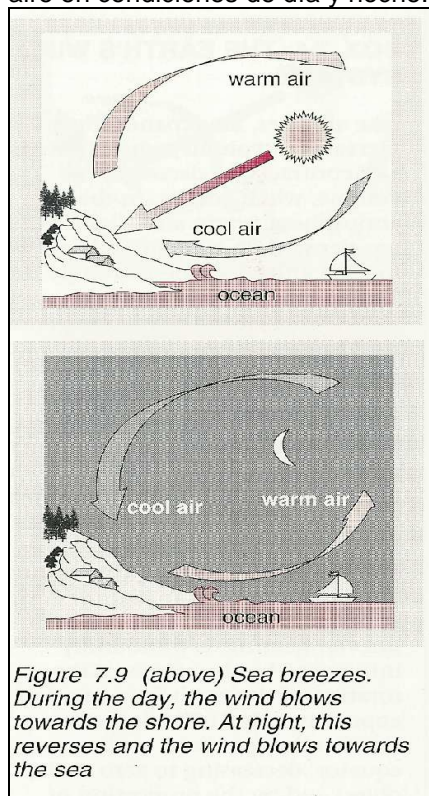
Desviaciones del patrón general de circulación de aire en movimiento, ocurren debido a la distribución no homogénea de masa de tierra sobre el globo. En promedio, mayor concentración de masas de tierra se encuentra en el hemisferio norte que en el hemisferio sur. Dado que la masa de tierra se calienta más fácilmente por el sol, que los océanos. La posición promedio de la ZCIT es 5° norte del ecuador.

5.5.2 Escala de viento: Variación horizontal. Horizontalmente, en la superficie de la Tierra, el aire siempre se mueve desde las áreas de alta presión hacia las áreas de baja presión, dirigido por el gradiente de presión horizontal.

5.5.2.1 Vientos de escala macro (100 - 10000Km). El flujo de viento originado por la circulación global se conoce como vientos de escala macro. La escala horizontal de movimientos de estos vientos va desde unos cientos a millones de kilómetros. El viento de escala macro (no perturbado por características de la superficie terrestre excepto por cadenas de montañas) se encuentra en altitudes superiores a los 1.000m.

5.5.2.2 Vientos de escala media (5 - 200km). Las variaciones de la superficie terrestre con escala horizontal de 10 a 100km tienen una influencia en el flujo del viento entre los 100 y 1.000 metros de altura sobre el terreno. Obviamente la topografía es importante y los vientos tienden a fluir por encima y alrededor de montañas y colinas. Cualquier otro obstáculo o rugosidad sobre la superficie terrestre de gran tamaño desacelera el flujo de aire.

Figura 3 Comportamiento del aire en condiciones de día y noche.



Fuente: (BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power For a Sustainable Future. The Open University)

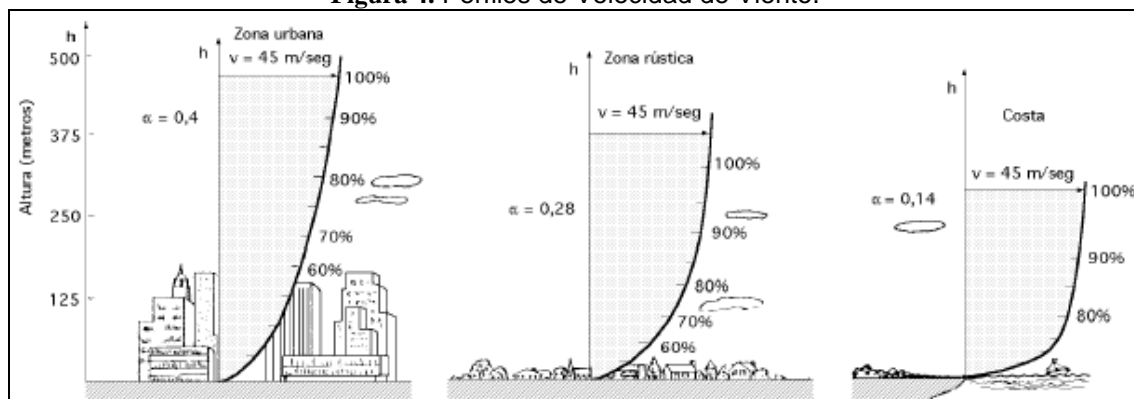
Cerca de las playas se pueden observar los patrones de brisa marina, esto se puede apreciar en la Figura 3.

Durante el día, la tierra se calienta más que el agua, el aire sobre la tierra asciende y la brisa marina se desarrolla. Durante la noche la brisa marina se enfría a temperatura menor que las del agua causando una brisa terrestre. Esta es usualmente más débil que la brisa marina. En las regiones tropicales vientos térmicos son muy comunes. Estos vientos, los cuales son causados por el aumento de temperatura a lo largo de la superficie terrestre, pueden ser fuertes durante el día especialmente en regiones desérticas.

5.5.2.3 Vientos de escala micro (Hasta 10km). Es una escala micro, los vientos de superficie (entre 60 y 100m sobre el terreno), los cuales son los mas interesantes para la aplicación directa de la conversión de la energía eólica, son influenciados por las condiciones locales de la superficie como la rugosidad del terreno (vegetación, edificios) y obstáculos.

5.5.3 Variación del viento con la altura del terreno. El perfil del viento puede ser expresado en una relación matemática sencilla, la forma de este perfil dependerá principalmente de la rugosidad del terreno.

Figura 4. Perfiles de Velocidad de Viento.



Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

La figura 4 es una guía rápida para tener una idea aproximada de la pérdida de velocidad del viento causada por la rugosidad del terreno y los obstáculos.

Para terreno plano y abierto (esto es, libre de obstáculos de gran tamaño y vegetación de tamaño relativo) se han desarrollado algunos conceptos generales muy útiles.

A mayor rugosidad (relativo a la altura promedio de los obstáculos), mayor será la desaceleración del viento cerca de la superficie. Algunos métodos de clasificación general se han desarrollado para cuantificar esta rugosidad de la superficie. La rugosidad al ser cuantificada en un lugar específico, puede variara en diferentes direcciones; Y por lo tanto el perfil de velocidades de viento dependerá e la dirección del viento.

5.5.4 Variación de la velocidad del viento con la altura. La superficie terrestre ejerce una fuerza de rozamiento que se opone al movimiento del aire y cuyo efecto es retardar el flujo, por ende disminuir la velocidad del viento. Este efecto retardatorio de la velocidad de viento decrece en la medida que se incrementa la altura sobre la superficie del terreno y de obstáculos en su recorrido. Así pues, a mayor altura sobre la superficie mayor velocidad de viento se podrá experimentar.

LEY EXPONENCIAL DE HELLMANN.

La velocidad del viento varía con la altura, siguiendo aproximadamente una ecuación de tipo estadístico, conocida como ley exponencial de Hellmann, de la forma:

Ecuación 1. Ley exponencial de Hellmann

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^a$$

Siendo: V1: la velocidad del viento a la altura H1
V2: la velocidad del viento a la altura H2

“a” es el exponente de Hellmann que varía con la rugosidad del terreno, y cuyos valores vienen indicados en la Tabla 3

Esta ecuación exponencial se aplica para estimar la velocidad del viento a una altura deseada, en este investigación, la altura deseada era de 15 metros y la altura de los datos de velocidad fue de 10 metros, al no contar con información de velocidad del viento a 15 metros de altura en el lugar, se opto por aplicar esta formula.

El coeficiente “a” es un parámetro que depende de la topografía del terreno y de las condiciones meteorológicas.

En caso de no existir información medida del perfil de velocidades, para una buena aproximación en terreno plano, libre de obstáculos se puede utilizar el parámetro “a” equivalente a 0.14 (1/7).

Para el caso de esta investigación, el parámetro “a” de 0,14 no es aplicable, ya que se cuenta con un lugar de medición con obstáculos a su alrededor y la misma casa representa un obstáculo, este parámetro cambia y será anotado y expresado en los resultados.

Tabla 3 Valores del exponente de Hellmann en función de la rugosidad del terreno.

Lugares llanos con hielo o hierba	$\alpha = 0,08 \div 0,12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0,14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0,13 \div 0,16$
Zonas rústicas	$\alpha = 0,2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0,2 \div 0,26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0,25 \div 0,4$

Fuente: Estudio Sinóptico de los Vientos. Universidad de Cantabria. Prof. Ing. Pedro Fernández Díez.

Para esta investigación el parámetro “a” que se utiliza es de 0.28 ya que el lugar estudiado se encuentra en una zona de campo el cual presenta obstáculos y condiciones no muy limpias. Este parámetro es seleccionado de la tabla 3 y utilizado junto con la ecuación ley exponencial de Hellmann para hallar las velocidades a la altura de 15 metros.

Dado que la medición meteorológica se realiza a 10 metros de altura, la siguiente tabla, de rápida referencia, ilustra los valores de velocidad de viento promedio que se pueden esperar para mayores alturas sobre el terreno, basado en este modelo sencillo de perfil de velocidades.⁷

Tabla 4 Valores esperados de velocidades de viento a diferentes alturas.

TABLA A1 - VALORES ESPERADOS DE VELOCIDAD DE VIENTO A DIFERENTES ALTURAS			
Velocidad de Viento Promedio medida en (m/s) a 10 metros	Velocidad de Viento Promedio Esperada en (m/s)		
	20 metros	30 metros	40 metros
3	3.3	3.5	3.7
4	4.4	4.7	4.9
5	5.5	5.8	6.1
6	6.6	7.0	7.3
7	7.7	8.2	8.5
8	8.8	9.4	9.8
9	9.9	10.5	11.0
10	11.0	11.7	12.2

Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

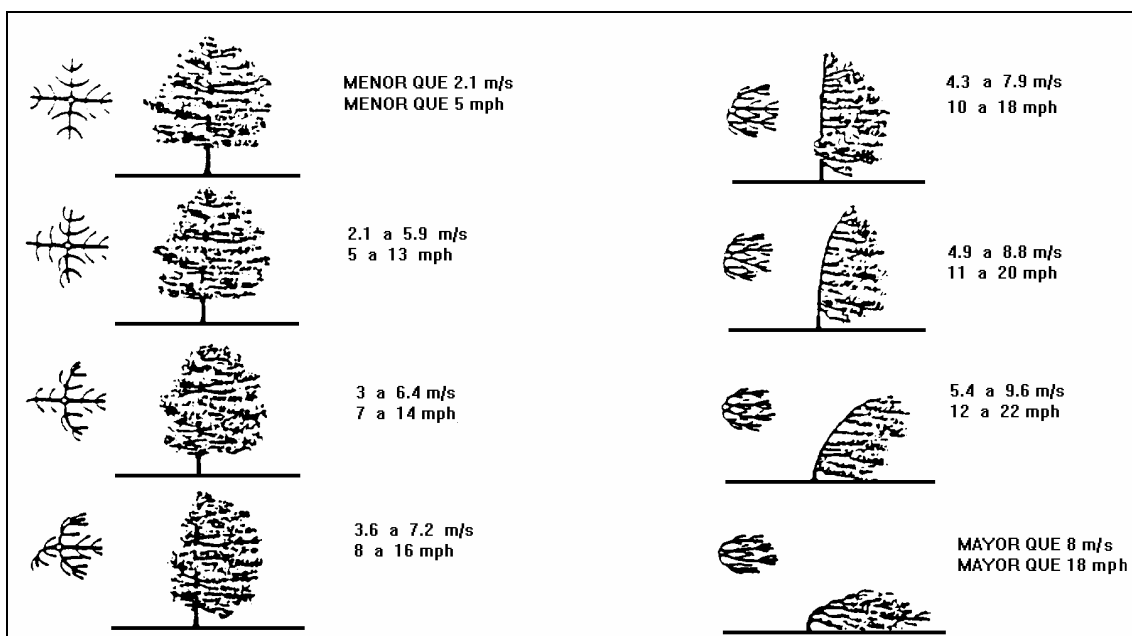
⁷ PINILLA, Alvaro. Manual de Aplicación de le Energía Eolica. Ministerio de Minas y Energías, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA.

Otro método que se podría aplicar en el momento de estimar la velocidad del viento a una altura deseada, es utilizándola tabla 4 y realizando una interpolación de los valores, tomando como referencia la altura mas aproximada y la siguiente (10 metros y 20 metros), así realizando la interpolación del valor deseado.

5.5.5 Métodos utilizados para medir la velocidad del viento. Estimaciones de recurso eólico se basan en algunas estrategias útiles como son: colección de información de manera empírica, anemómetros totalizadores por factores de correlación, instalación de pequeños equipos eólicos o por adquisición de datos meteorológicos en tiempo real.

5.5.5.1 Información empírica. Esta información se recoge con base a visitas realizadas al lugar, donde las condiciones de topografía, de vegetación, y la información de los habitantes de la región aportan valiosa información en la identificaron de lugares con altos niveles de velocidad de viento. Por ejemplo, la constante incidencia del viento en los árboles al largo del tiempo, o sobre la vegetación, hacen que estos crezcan inclinados en la dirección predominante del viento.

Figura 5 Deformación causada en árbol de Pino por la incidencia permanente del viento y su relación con la velocidad promedio anual esperada.



Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

La Información empírica puntual puede ser deducida, además, a partir de tablas como la escala de Beaufort que se presenta a continuación, en esta tabla solo se indican las características de incidencia del viento en tierra.

Para la presente investigación, también se utilizó este método para estimar la velocidad del viento, fue importante observar los árboles que se encontraban cerca del lugar donde se instaló la estación, y así tras minutos después de haber observado se estimó una velocidad del viento de 2,1 a 5,9 m/s, se recomienda usar otros métodos nombrados en esta investigación para tener más confiabilidad y exactitud.

Tabla 5 Escala de Beaufort Para la Intensidad de Viento.

TABLA 2.3 - ESCALA DE BEAUFORT PARA LA INTENSIDAD DE VIENTO		
Numero Beaufort	Velocidad de Viento (m/s)	Efectos observados en tierra
0	0 - 0.2	Calma, humo asciende verticalmente
1	0.3 - 1.5	El humo indica la dirección del viento, aspas de molinos no se mueven
2	1.6 - 3.3	Se siente el viento en la cara; se mueven las hojas de los árboles; aspas de molinos se empiezan a mover
3	3.4 - 5.4	Hojas y ramas pequeñas se mueven constantemente; banderas livianas se extienden
4	5.5 - 7.9	Polvo, hojas y papel en el piso se levanta; ramas se mueven
5	8.0 - 10.7	Pequeños árboles comienzan a bambolear
6	10.8 - 13.8	Ramas grandes de los árboles en movimiento, silbido emana de cuerdas
7	13.9 - 17.1	Todo el árbol se mueve; resistencia fuerte al caminar contra el viento
8	17.2 - 20.7	Ramitas y ramas de los árboles se rompen; caminar es difícil

La escala de Beaufort va hasta el número 17 donde se indican velocidades de viento hasta de 60 m/s.

Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

Haciendo uso de esta tabla en el lugar de la investigación, se concluye que el valor en la escala de Beaufort es de 3, con velocidades de 3,4 a 5,4 m/s, y observados efectos en la tierra tales como; Hojas y ramas pequeñas se mueven constantemente, polvo y follaje es arrastrado junto con cualquier material muy liviano.

5.5.5.2 Anemómetros totalizadores. Una manera efectiva de determinar los valores promedios globales del comportamiento del viento es por medio de la instalación de anemómetros totalizadores. Estos elementos son anemómetros de cazoletas (glosario) con medidor de revoluciones que al ser accionados por el viento miden el recorrido equivalente que ha pasado a través por el instrumento. Al estar conectado al odómetro (glosario) se podrá entonces establecer para un periodo dado de tiempo, el número de metros o kilómetros de recorrido. Esta relación entre el recorrido y el tiempo de medida permite entonces conocer la velocidad promedio del viento. Así por ejemplo, si el periodo de medida del recorrido del viento es de una hora y se registran que

han pasado 16,2 Km. de viento; la velocidad horaria será de 16,2 Km. por hora (4,5 m/s promedio horario).

Con la recopilación de esta información totalizada y con promedios de velocidad de vientos, se caracteriza formalmente el régimen de viento presente en el lugar, identificándose con gran certeza las variaciones tanto diurnas como mensuales o estacionales.

Idealmente, mediciones de la distancia de viento recorrido a través del anemómetro en periodos de 1 hora serian de mucha utilidad no obstante periodos mas largos pueden ser utilizados, con la correspondiente perdida de información para evaluar el recurso eólico.

5.5.5.3 Instalación de pequeños equipos eólicos. Otra manera utilizada para evaluar el recurso eólico en un lugar, se realiza mediante la instalación de un pequeño equipo eólico y la medición de su funcionamiento sobre una base regular de tiempo. Este método, permite relacionar la característica del equipo con el régimen de vientos. Sin embargo, este método confía producir resultados adecuados, cuando el equipo eólico es accionado por el viento dentro de los rangos de operación prescritos por el fabricante.

En cierta medida, este método permite adquirir confianza sobre la generación eléctrica, ya que se obtiene un resultado dual (medición de vientos y generación de energía) para la evaluación del recurso en un lugar seleccionado. Claro está, que la selección del lugar donde debe estar instalado el equipo eólico se basa en el conocimiento empírico del régimen de vientos de los habitantes del lugar, ó de la característica de la vegetación alrededor del lugar.

5.5.5.4 Adquisición de datos en tiempo real. Este método de evaluación es el más confiable y al mismo tiempo costoso para análisis del recurso. La oferta de equipos de adquisición de datos es cada vez mayor, y fundamentalmente consiste de un pequeño computador que almacena la información permanentemente, dependiendo de la necesidad del usuario, de manera que se pueden registrar promedios meteorológicos desde el rango de segundos hasta horas en las variables correspondientes.

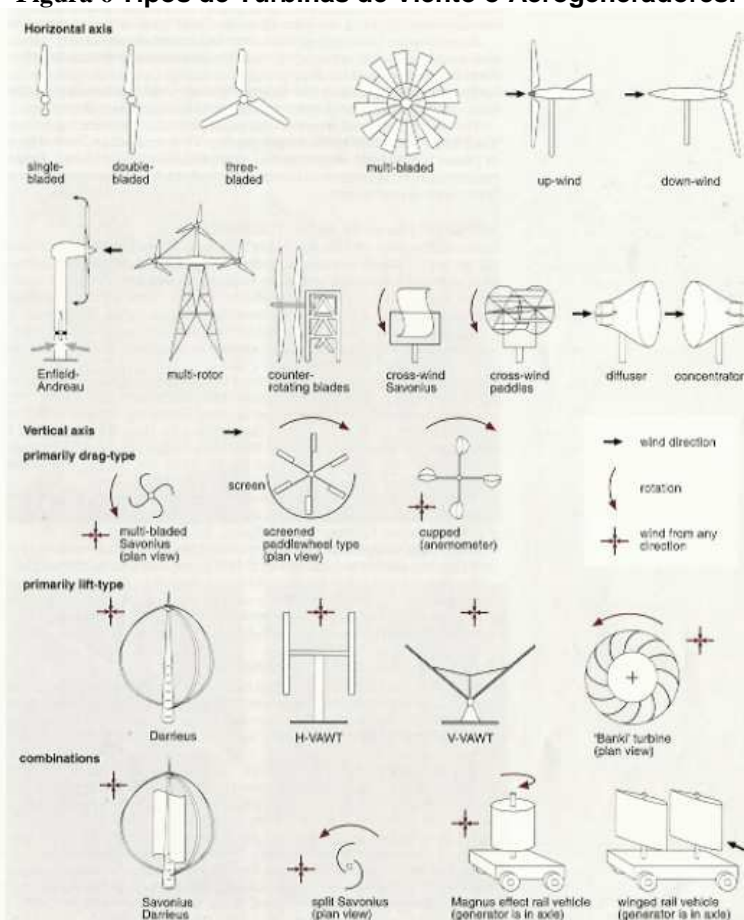
Entre más precisa, (promedio en tiempo menor y registros de memoria extendida) hacen que el equipo sea más costoso. La mayoría de los equipos de adquisición de datos comerciales vienen provistos con almacenamiento de memoria removible e intercambiable, con capacidad de acumular información hasta por seis meses continuos de registro. Algunos equipos, por otro lado, permiten extraer la información a través de telefonía celular desde cierta distancia hasta el lugar donde se está realizando la evaluación del recurso. Como tal, los resultados de una evaluación con esta metodología garantizan un preciso y adecuado dimensionamiento de equipos eólicos para suministro de energía.

En una primera instancia y al recurrir a cualquier método de medición del recurso eólico, se recomienda utilizar registradores que permitan conocer la velocidad promedio del viento en periodos de una hora, a lo largo de por lo menos un año de medición. Esta información permitirá conocer variaciones diurnas, velocidades máximas, variaciones estacionales y la velocidad promedio anual del viento, sobre la base de datos horarios. Otra forma de conocer el potencial del recurso eólico, es por medio de mapas de recurso globales o regionales, en la parte final del presente manual se adjunta el mapa preliminar de velocidad de viento anual en algunas regiones del país.⁸

5.6 TURBINAS DE VIENTO

La variedad de maquinas que han sido desarrolladas o propuestas para aprovechar la energía eólica son considerables e incluye muchos dispositivos inusuales. La Figura 06 muestra varios tipos de maquinas que han sido propuestas durante los años.

Figura 6 Tipos de Turbinas de Viento o Aerogeneradores.



Fuente: (BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power For a Sustainable Future. The Open University)

⁸ PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA

Aparte de algunas innovaciones de diseño las turbinas modernas viene en dos configuraciones básicas: turbinas de eje horizontal y turbinas de eje vertical. La mayoría de las turbinas modernas son dispositivos de generación eléctrica. Su rango desde turbinas pequeñas que producen unas pocas decenas o centenas de vatios a comparación de turbinas grandes que producen 1 Mega vatio o más. También han sido construidas grandes turbinas de multimegavatios, pero estas han sido casi todos prototipos de investigación.

5.6.1 Turbinas de eje horizontal. Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al piso, las turbinas de eje horizontal generalmente tienen dos o tres aspas, en algunos casos se presentan turbinas con mayor número de aspas. Las turbinas de viento con mayor número de aspas tienen lo que parece ser prácticamente un sólido disco cubierto por las aspas y se describen como los dispositivos de alta solidez, son usadas generalmente para el bombeo de agua en las granjas.

En contraste el área de barrido de las turbinas de viento con pequeñas aspas es de mayor vacío, y solo una pequeña fracción parece ser sólida. Estas son llamadas dispositivos de baja solides. Las turbinas de eje horizontal modernas han evolucionado desde los tradicionales molinos de viento y son hasta ahora las turbinas de viento más comunes hechas hasta hoy.

Todos los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre, que tiene que enfrentarse al viento de alguna manera. Los aerogeneradores pequeños son dirigidos por una veleta, mientras que los más grandes utilizan un sensor de dirección y son orientados por servomotores.

Dado que la velocidad de rotación de las aspas es baja, la mayoría hacen uso de una caja reductora para aumentar la velocidad de rotación del generador eléctrico.

5.6.2 Turbinas de eje vertical. Las turbinas de eje vertical no necesitan una torre de estructura poderosa, como las palas del rotor son verticales no se necesita orientación al viento, y funcionan aún cuando este cambia de dirección rápidamente, pueden ser ubicadas cerca del suelo, haciendo fácil el mantenimiento de las partes, también pueden tomar ventaja de aquellas irregularidades del terreno que incrementan la velocidad del viento la gran mayoría de estas necesitan una menor velocidad del viento para empezar a girar.⁹

⁹ BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power For a Sustainable Future. The Open University)

5.7 CALCULO DE LA POTENCIA DEL VIENTO

La potencia en el viento soplando con una velocidad V a través de un área A perpendicular a V , es:

Ecuación 2 Calculo de la potencia del viento.

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (\mathbf{W: \text{vatios}})$$

Donde:

Potencia del viento: Es la potencia en el viento en vatios

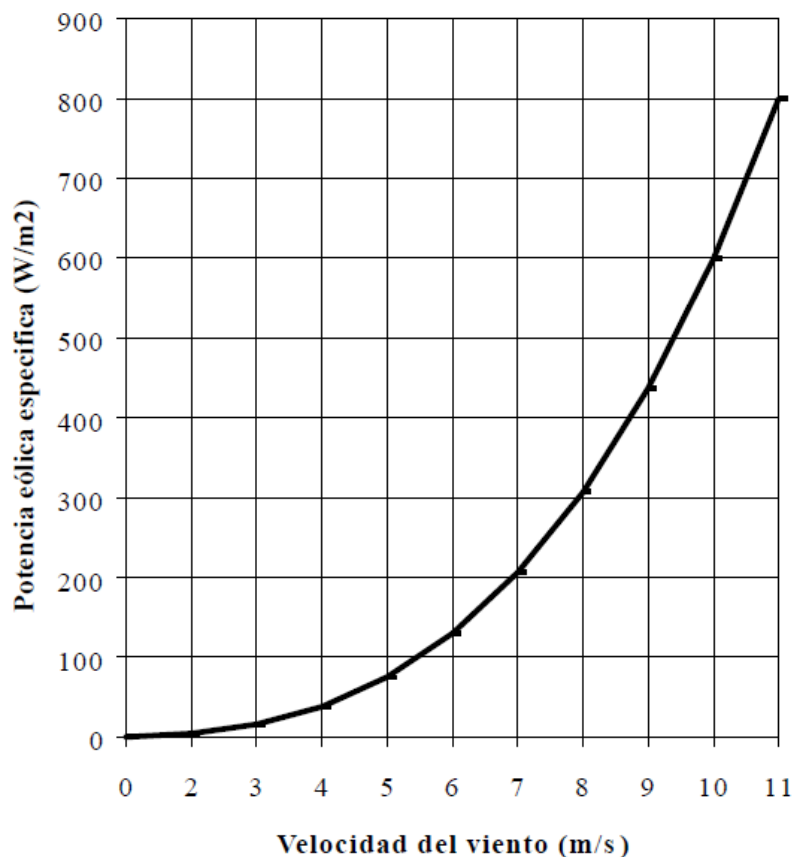
ρ : Es la densidad del aire

V : Es la velocidad del viento en m/s

A : Es el área perpendicular al viento en

El gráfico muestra que con una velocidad del viento de 8 metros por segundo obtenemos una potencia (cantidad de energía por segundo) de 314 W por cada metro cuadrado expuesto al viento (viento incidiendo perpendicularmente al área barrida por el rotor).

Figura 7 Potencia eólica específica en función de la velocidad para condiciones normales de presión y temperatura.



Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

Adicional a la velocidad del viento, la potencia eólica se ve además afectada por variaciones en la densidad del aire, sobretodo si se pretenden realizar instalaciones en zonas montañosas de gran elevación sobre el nivel del mar.

La tabla 6 muestra la variación de la potencia eólica específica para diferentes valores de velocidad de viento, con la densidad del aire a condiciones estándar a la altura del nivel del mar (1.2 Kg/m³).

La tabla 7 muestra la variación de la densidad del aire para diferentes alturas sobre el nivel del mar y temperatura. Para el cálculo de la potencia eólica a diferentes alturas sobre el nivel del mar, esta deberá ser corregida utilizando el verdadero valor de la densidad según esta tabla.

Tabla 6 Variación de la potencia eólica específica.

<i>Velocidad del viento en m/s</i>	<i>Potencia Eólica Especifica en w/m²</i>
2	5
3	16
4	38
5	75
6	130
7	206
8	307
9	437
10	600
11	800
12	1040

Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

Tabla 7 Densidad del aire a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

<i>Altura sobre el nivel del mar (m)</i>	<i>Densidad de Aire Seco en Kg/m³ a:</i>	
	20°C	0°C
0	1.204	1.292
500	1.134	1.217
1,000	1.068	1.146
1,500	1.005	1.078
2,000	0.945	1.014
2,500	0.887	0.952
3,000	0.833	0.894
3,500	0.781	0.839
4,000	0.732	0.786

Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

El lugar estudiado para este trabajo de grado, se encuentra a una altura de 1900 metros sobre el nivel del mar, y a una temperatura de 20°C, con estos valores y con la tabla 4, se determina la densidad del aire en la zona para

calcular la potencia del viento, haciendo una interpolación. El resultado de densidad del aire en la zona es de: 0,957.

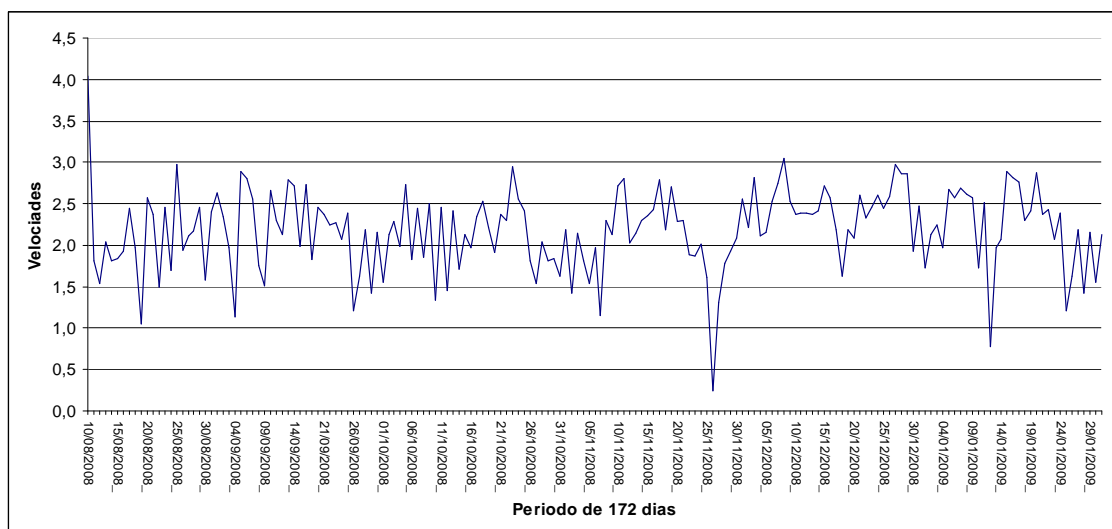
La potencia del viento y sus cálculos se encuentran en el numeral 6.3.

6 RESULTADOS

6.1 REGISTRO DE VIENTOS

Los resultados muestran velocidades mayores a 1,5 m/s a partir de las 9 A.m., desde esta hora, la velocidad aumenta hasta 5,41 m/s a las 4 P.m. y disminuye nuevamente a 1,5 m/s a las 11 P.m.

Grafica 3 Registro velocidades de viento durante 172 días de información.



El comportamiento de la velocidad diaria es muy similar en la totalidad de los días y es el resultado del procesamiento de la información.

Las velocidades mas altas fueron registradas desde las 12 del medio día hasta las 8 de la noche, esto se debe a diferencias de temperatura causada por la radiación solar sobre la superficie terrestre, la cual a medida que se enfría, la velocidad del viento disminuye.

Se presentan horas con total calma que van desde las 12 de la noche hasta las 9 A.m., esto se puede observar también por la gran condensación de neblina a las horas de la madrugada en el sector

La generación de energía eólica con estas velocidades de viento promedio es punto de discusión. El beneficio es determinado por el investigador y por el objetivo a desarrollar. El investigador toma la última decisión; si decide invertir en un aerogenerador con estas condiciones de viento, si cumple con su necesidad ó opta por realizar la toma de datos en otro sector con mayores velocidades de viento.

Es muy importante conocer la capacidad de generación del aerogenerador una vez tomada la decisión de continuar, la selección del aerogenerador correcto es fundamental para determinar la viabilidad de generación de energía eólica.

6.2 POSIBILIDAD DE GENERAR ENERGIA EOLICA

Para seleccionar un aerogenerador adecuado es importante mirar su velocidad de arranque, pues de ella depende el momento en el que se empieza a generar energía eléctrica y conviene aprovechar el máximo de horas al día. Se busca que esta velocidad de arranque se acomode a los datos obtenidos de velocidad del viento a 15 metros de altura, se selecciona la velocidad de 3,5 m/s como la velocidad de arranque mínima, los tres aerogeneradores seleccionados para el estudio fueron; Aerogenerador Skystream3.7 de la empresa Joilet con una velocidad de arranque de 3,5 m/s, Inclín 3000 neo de la empresa J-Bornay con una velocidad de arranque de 3,5 m/s y el Inclín 6000 neo de la empresa J-Bornay con una velocidad de arranque de 3,5 m/s.

6.2.1 Aerogenerador Skystream3.7 de la empresa Joilet, capacidad en horas de generar energía eólica.

Aerogenerador Skystream 3.7

A 15m de altura

Horas	Promedio de Velocidades	
0 am - 1 am	0,87	
1 am - 2 am	0,73	
2 am - 3 am	0,73	
3 am - 4 am	0,80	
4 am - 5 am	0,84	
5 am - 6 am	0,95	
6 am - 7 am	1,14	
7 am - 8 am	1,31	
8 am - 9 am	1,41	
9 am - 10 am	1,54	
10 am - 11 am	1,90	
11 am - 12 am	2,54	
12 am - 1 pm	3,40	1
1 pm - 2 pm	4,52	2
2 pm - 3 pm	5,36	3
3 pm - 4 pm	5,47	4
4 pm - 5 pm	5,22	5
5 pm - 6 pm	4,59	6
6 pm - 7 pm	3,99	7
7 pm - 8 pm	3,33	
8 pm - 9 pm	2,61	
9 pm - 10 pm	2,00	
10 pm - 11 pm	1,62	
11 pm - 12 pm	1,19	

Posibilidad de generar energía Eólica
De **7 Horas** Continuas
Con Aerogenerador Skystream 3.7

Velocidad de arranque= 3,5 m/s

6.2.2 Aerogenerador Inclín 3000 neo de la empresa J-Bornay capacidad en horas de generar energía eólica.

Aerogenerador Inclín 3000 neo

A 15m de altura

Horas	Promedio de Velocidades	
0 am - 1 am	0,87	
1 am - 2 am	0,73	
2 am - 3 am	0,73	
3 am - 4 am	0,80	
4 am - 5 am	0,84	
5 am - 6 am	0,95	
6 am - 7 am	1,14	
7 am - 8 am	1,31	
8 am - 9 am	1,41	
9 am - 10 am	1,54	
10 am - 11 am	1,90	
11 am - 12 am	2,54	
12 am - 1 pm	3,40	1
1 pm - 2 pm	4,52	2
2 pm - 3 pm	5,36	3
3 pm - 4 pm	5,47	4
4 pm - 5 pm	5,22	5
5 pm - 6 pm	4,59	6
6 pm - 7 pm	3,99	7
7 pm - 8 pm	3,33	
8 pm - 9 pm	2,61	
9 pm - 10 pm	2,00	
10 pm - 11 pm	1,62	
11 pm - 12 pm	1,19	

Posibilidad de generar energía Eólica
De 7 **Horas** Continuas
Con Aerogenerador Inclín 3000 neo

Velocidad de arranque= 3,5 m/s

6.2.3 Aerogenerador Inclín 6000 neo de la empresa J-Bornay capacidad en horas de generar energía eólica.

Aerogenerador Inclín 6000 neo

A 15m de altura

Horas	Promedio de Velocidades	
0 am - 1 am	0,73	
1 am - 2 am	0,73	
2 am - 3 am	0,80	
3 am - 4 am	0,84	
4 am - 5 am	0,95	
5 am - 6 am	1,14	
6 am - 7 am	1,31	
7 am - 8 am	1,41	
8 am - 9 am	1,54	
9 am - 10 am	1,90	
10 am - 11 am	2,54	
11 am - 12 am	3,40	
12 am - 1 pm	4,52	1
1 pm - 2 pm	5,36	2
2 pm - 3 pm	5,47	3
3 pm - 4 pm	5,22	4
4 pm - 5 pm	4,59	5
5 pm - 6 pm	3,99	6
6 pm - 7 pm	3,33	7
7 pm - 8 pm	2,61	
8 pm - 9 pm	2,00	
9 pm - 10 pm	1,62	
10 pm - 11 pm	1,19	
11 pm - 12 pm	-	

Posibilidad de generar energía Eólica
De **7 Horas** Continuas
Con Aerogenerador Inclín 6000 neo

Velocidad de arranque= 3,5 m/s

6.3 CALCULO DE LA POTENCIA

Lo primero que se debe realizar, es determinar la potencia del viento para diferentes horas al día, esto se realiza con la totalidad de los datos de velocidad diaria promediados y la ecuación del cálculo de la potencia del viento (Ecuación 2).

Ecuación 3 Calculo de la potencia del viento.

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \text{ (W: vatios)}$$

Donde:

Potencia del viento: Es la potencia en el viento en vatios

ρ : Es la densidad del aire

V: Es la velocidad del viento en m/s

A: Es el área perpendicular al viento en m²

Potencia del Viento.

Horas	Potencia del viento Wats	K Wats
0 am - 1 am	3,58	0,00
1 am - 2 am	2,08	0,00
2 am - 3 am	2,11	0,00
3 am - 4 am	2,78	0,00
4 am - 5 am	3,24	0,00
5 am - 6 am	4,73	0,00
6 am - 7 am	8,13	0,01
7 am - 8 am	12,16	0,01
8 am - 9 am	15,15	0,02
9 am - 10 am	19,74	0,02
10 am - 11 am	37,43	0,04
11 am - 12 am	89,49	0,09
12 am - 1 pm	214,75	0,21
1 pm - 2 pm	502,61	0,50
2 pm - 3 pm	838,32	0,84
3 pm - 4 pm	890,12	0,89
4 pm - 5 pm	776,31	0,78
5 pm - 6 pm	528,22	0,53
6 pm - 7 pm	346,27	0,35
7 pm - 8 pm	200,87	0,20
8 pm - 9 pm	96,54	0,10
9 pm - 10 pm	43,82	0,04
10 pm - 11 pm	23,09	0,02
11 pm - 12 pm	9,16	0,01

$\rho =$ 0,957 kg/m³
 $A = \pi r^2$
 $r =$ 1,903333333 m
 $A =$ 11,3811 m²
 $\emptyset =$ 3,806666667 m

Para el cálculo de la ecuación de potencia del viento (Ecuación 2), en esta investigación, se realiza un promedio de los diámetros de los 3 aerogeneradores seleccionados, para así hallar el área correspondiente para su aplicación. También hay que tener muy claro el valor de la densidad del aire que cambia de acuerdo a la altura sobre el nivel de mar, la temperatura de la zona y su humedad.

Cálculos Tipo:

Calculo del Área:

Promedio de los diámetros de los rotores:

$$= (3,72+3,85+3,85)/3 \\ = 3,806 \text{ m}$$

Radio:

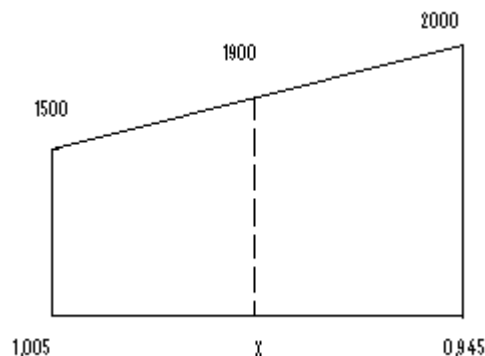
$$= 3,806/2 \\ = 1,9033 \text{ m}$$

Área:

$$\text{Área} = \pi * r^2 \\ = \pi * 1,9033^2 \\ = 11,3805 \text{ m}^2$$

Calculo de la densidad del aire ρ :

Interpolación:



$$\left[\frac{1500 - 2000}{1500 - 1900} = \frac{1,005 - 0,945}{1,005 - x} \right]$$

$$X = 0,957$$

La densidad del aire en el sector es de $0,957 \text{ kg/m}^3$

Cálculo de la potencia:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$
$$= \frac{1}{2} \left(0,957 \frac{kg}{m^3}\right) (11,3805 m^2) \left(5,47 \frac{m}{s}\right)^3$$
$$= 890,12 \text{ Wats}$$

6.3.1 Calculo de Potencia para los Aerogeneradores seleccionados:

Contando con la distribución de frecuencia y la curva de potencia de cada aerogenerador se puede estimar la producción de energía en el periodo de análisis.

Tabla 8 Distribución de Frecuencia para el mirador del Chicamocha 172 días de información.

Tabla de frecuencia Velocidades a 15 m de altura		
Intervalo	Horas 173 días	Porcentaje en Tiempo
0-1.1	1.532,00	37,11
1.1-2.2	942,00	22,82
2.2-3.3	422,00	10,22
3.3-4.4	336,00	8,14
4.4-5.5	339,00	8,21
5.5-6.6	325,00	7,87
6.6-7.8	208,00	5,04
7.8-8.9	23,00	0,56
8.9-10	1,00	0,02
10-11,1	-	0,00
11,1-12,2	-	0
Sumatoria Valores:	4.128,00	

Teniendo las características técnicas de cada aerogenerador a probar, la distribución de frecuencia para el mirador del Chicamocha con el número de horas presentes en cada intervalo de los 172 días almacenados, calculamos la potencia de la siguiente manera:

De cada aerogenerador se tiene la curva de potencia, la cual muestra la capacidad de generación de potencia (Wats) a diferentes velocidades (m/s).

En base a la curva de potencia, se realiza una tabla, que muestra la capacidad de generación en Wats a diferentes velocidades en m/s, cada aerogenerador tiene una potencia de producción diferente, esta varía dependiendo de las características técnicas, los elementos usados en su elaboración y la tecnología utilizada.

Es importante recalcar la importancia de comparar aerogeneradores con diámetros de rotores iguales o muy similares, la producción de potencia es directamente proporcional al área de barrido del rotor, a mayor diámetro del rotor del aerogenerador, mayor será la potencia a generar.

Con los intervalos de velocidades que van desde 0 m/s hasta 10 m/s, cada 1,1 m/s, se determina la velocidad media de cada intervalo, esta velocidad media es producto de un promedio, y corresponde a la velocidad media para los 172 días almacenados de cada intervalo.

Hallada la velocidad media para cada intervalo, hay que dirigirse a la tabla de potencia de cada aerogenerador y realizar una interpolación para hallar la potencia capaz de producir el aerogenerador en cada intervalo. Posteriormente se multiplica este valor por el número de horas de cada intervalo, y se determina la energía producida en Wats.

Se realiza una sumatoria de la energía producida de todos los intervalos para obtener el estimado total de energía, por ultimo dividimos el total en el numero de días estudiados (172 días) para obtener la producción de energía en 1 día.

Este procedimiento se realiza para los tres aerogeneradores seleccionados, y con esto se logra seleccionar el aerogenerador adecuado.

Cálculos Tipo:

Aerogenerador Inclín 6000 neo:

Promedio del intervalo de la velocidad media:

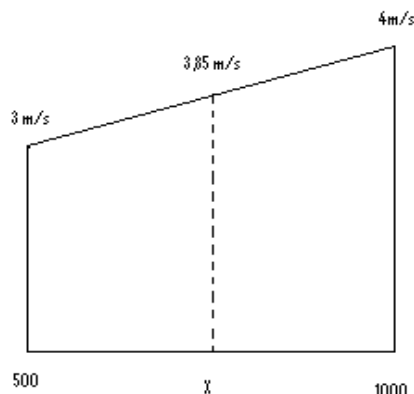
Intervalo: [3,3 – 4,4]

$$= (3,3 + 4,4)/2$$

$$= 3,85 \text{ m/s}$$

Calculo de la Potencia del intervalo:

Interpolación:



$$\left[\frac{3 - 4}{3 - 3,85} = \frac{500 - 1000}{500 - x} \right]$$

$$X = 925 \text{ Wats}$$

Energía Producida:

$$= 925 \text{ Wats} * 336 \text{ Horas}$$

$$= 310800 \text{ Wats / Hora}$$

$$= 310800/1000 = 310,8 \text{ Kwats / Hora}$$

Energía producida total por día:

Se realiza una sumatoria de las energías producidas para cada intervalo de hora:

$$\Sigma = (310,8 + 545,1 + 651,7 + 659,2 + 92,7 + 4,8)$$

$$= 2264,3 \text{ Kwats / Hora}$$

Se divide el valor en el número de días totales que se tomaron los datos, esto se hace para conocer la energía producida por el aerogenerador.

$$= 2264,3 / 172$$

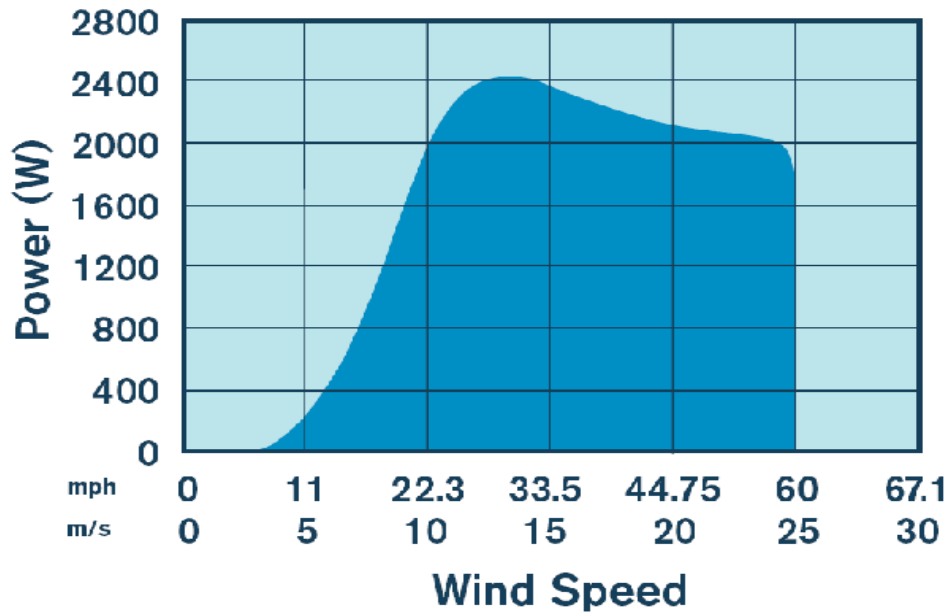
$$= 13,09 \text{ Kwats Día}$$

6.3.2 Curva rendimiento aerogenerador Skystream 3.7.

Especificaciones Técnicas

Modelo:	Skystream 3.7
Diámetro del rotor:	3,72 m/s
Peso:	77 kg
Numero de Aspas:	3
Material de las aspas:	Fibra de vidrio reforzada
Potencia Nominal:	2400 W
Velocidad de arranque:	3,5 m/s
Velocidad Nominal:	13 m/s
Velocidad de frenado:	63 m/s
Nivel de ruido:	45 dbs-12 m

m/s	W
1,5	0
2	0
3	0
4	100
5	250
6	320
7	400
8	700
9	1600
10	2000
11	2100
12	2300



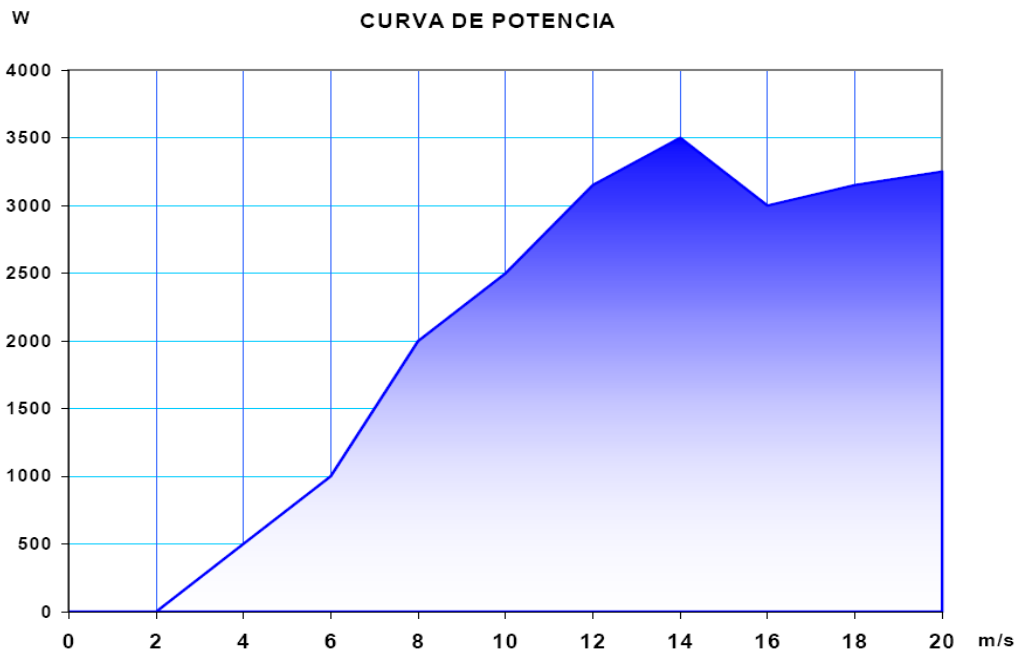
Horas 173 días	% en tiempo	Intervalo (m/s)	V media (m/s)	potencia (W)	energía Kw/h
1532	37,0	0-1.1	0,55	0	0,0
942	22,9	1.1-2.2	1,65	0	0,0
422	10,2	2.2-3.3	2,75	0	0,0
336	8,2	3.3-4.4	3,85	85	28,6
339	8,2	4.4-5.5	4,95	242,5	81,7
325	7,9	5.5-6.6	6,05	323,5	104,5
208	5,0	6.6-7.8	7,2	416	85,7
23	0,5	7.8-8.9	8,35	805	17,7
1	0,0	8.9-10	9,45	2005	2,0
0	0	0	0	0	0
Sumatoria=					320,2
Energía x día:					1,85 Kwats/día

6.3.3 Curva rendimiento aerogenerador Inclín 3000 Neo.

Especificaciones Técnicas

	Inclín 3000
Modelo:	neo
Diámetro del rotor:	3,85 m
Peso:	60 kg
Numero de Aspas:	2
Material de las aspas:	Fibra de vidrio y carbono
Potencia Nominal:	3000 W
Velocidad de arranque:	3,5 m/s
Velocidad Nominal:	12 m/s
Velocidad de frenado:	14 m/s
Nivel de ruido:	45 dbs-12 m

m/s	W
1,5	0
2	0
3	250
4	400
5	750
6	1000
7	1500
8	2000
9	2250
10	2500
11	2900
12	3000



Horas 173 días	% en tiempo	Intervalo (m/s)	V media (m/s)	potencia W	energía Kw/h
1532	37,0	0-1.1	0,55	0	0,0
942	22,9	1.1-2.2	1,65	0	0,0
422	10,2	2.2-3.3	2,75	0	0,0
336	8,2	3.3-4.4	3,85	377,5	126,8
339	8,2	4.4-5.5	4,95	732,5	246,9
325	7,9	5.5-6.6	6,05	1012,5	327,0
208	5,0	6.6-7.8	7,2	1600	329,6
23	0,5	7.8-8.9	8,35	2175	47,9
1	0,0	8.9-10	9,45	2362,5	2,4
0	0	0	0	0	0,0
Sumatoria					1080,5
Energía x día:					6,25 Kwats/día

6.3.4 Curva rendimiento aerogenerador Inclín 6000 neo.

Especificaciones Técnicas

Modelo:	Inclín 6000 neo
Diámetro del rotor:	3,85 m
Peso:	70 kg
Numero de Aspas:	3
Material de las aspas:	Fibra de vidrio y carbono
Potencia Nominal:	6000 W
Velocidad de arranque:	3,5 m/s
Velocidad Nominal:	12 m/s
Velocidad de frenado:	14 m/s
Nivel de ruido:	45 dbs-12 m

m/s	W
1,5	0
2	0
3	500
4	1000
5	1650
6	2000
7	3000
8	3900
9	4500
10	5000
11	5500
12	6000



Horas 173 días	% en tiempo	Intervalo (m/s)	V media (m/s)	potencia W	energía Kw/h
1532	37,0	0-1.1	0,55	0	0,0
942	22,9	1.1-2.2	1,65	0	0,0
422	10,2	2.2-3.3	2,75	0	0,0
336	8,2	3.3-4.4	3,85	925	310,8
339	8,2	4.4-5.5	4,95	1617,5	545,1
325	7,9	5.5-6.6	6,05	2017,5	651,7
208	5,0	6.6-7.8	7,2	3200	659,2
23	0,5	7.8-8.9	8,35	4215	92,7
1	0,0	8.9-10	9,45	4770	4,8
0	0	0	0	0	0,0
Sumatoria=					2264,3
Energía x día:					13,09 Kwats/día

Realizados los cálculos de potencia con cada aerogenerador, obtenemos que el estimativo de energía producida por cada equipo para el periodo de análisis de 4128 horas sea el siguiente:

Aerogenerador Skystream 3.7: 1,85 Kw/día
 Aerogenerador Inclín 3000 Neo: 6,24 Kw/día
 Aerogenerador Inclín 6000 Neo: 13,09 Kw/día

6.4 ESTIMATIVO DEL CONSUMO DE ENERGIA DE UNA CASA TIPICA DEL SECTOR

Las casa típicas de la mesa de los santos en el sector del mirador, son viviendas de campo donde generalmente son habitadas los días festivos, fines de semana y periodos vacacionales, por ser casas de campo son viviendas sencillas donde el habitante las usa para descansar o de tipo recreacional, el consumo de energía eléctrica en la vivienda no es muy alto.

A continuación se presenta la tabla 9 con una lista del consumo de energía de algunos electrodomésticos.

Tabla 9. Consumo Aproximado de Energía de Algunos Electrodoméstico.

Electrodoméstico	Wattios	kW/h	Electrodoméstico	Wattios	kW/h
Aire acondicionado grande	5000	5	Aire acondicionado pequeño	2000	2
Bombillo 100	100	0,10	Bombillo 150	150	0,15
Bombillo 60	60	0,06	Cafetera	800	0,8
Calentador de agua	2200	2,2	Computador	800	0,8
Congelador grande	800	0,8	Congelador pequeño	400	0,4
Enfriador grande	500	0,5	Enfriador pequeño	350	0,35
Equipo de sonido	150	0,15	Extractor	300	0,3
Extractor jugo eléctrico	180	0,18	Fotocopiadora	1500	1,5
Grabadora	100	0,1	Grecas	1500	1,5
Horno eléctrico	4500	4,5	Horno micro ondas	1800	1,8
Impresora	300	0,3	Lavadora/secadora	1500	1,5
Nevera	300	0,3	Nevera panorámica	1080	1,08
Olla Eléctrica	1200	1,2	Plancha	1000	1
Sandwichera	1200	1,2	Secador de cabello	400	0,4
Teléfono inalámbrico	100	0,1	Televisor	150	0,15

Fuente: www.emsa-esp.com.co

Los electrodomésticos que sus dueños usan habitualmente en la ciudad no son los mismos que acostumbran a usar en este tipo de vivienda, a continuación se presenta una lista con el consumo respectivo de los electrodomésticos existentes en la parcela de campo usada para este estudio ubicada en el conjunto residencia Chicamocha Dorada en el sector del Mirador.

Tabla 10 Consumo de los electrodomésticos para 1 día

Consumo de los electrodomésticos para 1 día				
Electrodomésticos	Cantidad	Consumo Wats	Horas	Consumo en Kwats/Día
Refrigerador	1	300	8	2,4
Televisor de 19 pulgadas	1	120	3	0,36
Bombillas (100 wats)	6	100	5	3
Bombillas ahorrativas (60 Wats)	6	60	11	3,96
Horno microondas	1	1600	0,25	0,4
Equipo de Sonido	1	150	3	0,45
Sandwichera	1	1000	0,25	0,25
			Total día:	10,82

6.5 AEROGENERADOR SELECCIONADO

Conocido el consumo diario de energía eléctrica de una casa típica, y el estimativo de energía producida por los equipos; aerogenerador Skystream 3.7, aerogenerador Inclín 3000 Neo, aerogenerador Inclín 6000 Neo, para el periodo de análisis de 4128 horas, se selecciono el aerogenerador Inclín 6000 Neo, con una producción de 13,09 kw/día es capaz de abastecer el consumo de energía eléctrica de la casa. Por ser casas de campo, generalmente son habitadas de 2 a 3 días a la semana, por lo tanto se puede ahorrar energía de los días restantes, una ventaja de este aerogenerador, es que trae un sistema de almacenamiento de energía en un banco de baterías de celda, muy aplicable en este caso ya que los días en donde no se utiliza la casa se almacena energía en las baterías para su utilización mas adelante.

Energía producida por el aerogenerador Inclín 6000 neo Kwats/día: 13,09
Consumo de energía de la vivienda Kwats/día: 10,82

Energía producida a la semana:
= (13,09 * 7 días de la semana) = 91,63 Kwats/semana.

Consumo de energía de la vivienda a la semana:
= (10,82 * 2 días de la semana generalmente) = 21,64 Kwats/semana.

Energía almacenada en el banco de baterías para su uso futuro:
= (91,63 – 21,64) Kwats/semana = 69,99 Kwats/semana.

7 CONCLUSIONES

- Tras la elaboración de este estudio, se determinó que la capacidad de generar energía eléctrica, en base a la energía eólica en el sector estudiado es viable.

Para determinar esta viabilidad se tuvieron en cuenta diferentes factores muy importantes, un aerogenerador está diseñado y construido para generar energía eléctrica a partir de su velocidad de arranque, con los datos de viento obtenidos, es posible generar energía eléctrica, pero el diferente tipo de vivienda, su ubicación, características del terreno y su consumo en Kwats/Día determina el tipo de aerogenerador a seleccionar, cada aerogenerador tiene una potencia de producción diferente, esta varía dependiendo de las características técnicas, los elementos usados en su elaboración y la tecnología utilizada, solo hay que seleccionar el más eficiente.

- Se evidenció en la toma de datos, un periodo de tiempo entre las 12 a.m y las 8 p.m donde la velocidad del viento puede ser aprovechada para la generación de energía eléctrica, este periodo de tiempo cuenta con velocidades moderadas en la escala de Beaufort de 3 (3,4-5,4) m/s.
- Finalmente se seleccionó el aerogenerador Inclín 6000 neo de la empresa J-Bornay, con una velocidad de arranque de 3,5 m/s, por tener una mayor capacidad de generación de energía a condiciones de moderada velocidad de viento. Capaz de generar un total de 13,09 Kw/día para cada día de los 172 analizados, lo que traduciría en alimentar de energía eléctrica una casa residencial típica por día.
- Se concluye que el consumo doméstico eléctrico de una casa en el sector estudiado tiene un rango de 10 a 15 Kwats de energía consumida por día, con el aerogenerador capaz de producir 13,09 Kwats/día y el uso que se le da a este tipo de vivienda, la cual está habitada generalmente 2 de 7 días a la semana, traduce que la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica es viable y no se necesita de grandes turbinas y/o aerogeneradores.
- La energía eólica generada se puede almacenar en un banco de baterías de celda, este tipo de aerogeneradores cuenta con un regulador de carga que es el encargado de proteger las baterías de sobrecargas excesivas. Cualquier equipo de producción eléctrica que pueda sobrecargar excesivamente la batería, requiere un regulador de

carga. Este también tiene la capacidad de disipar la energía restante en una resistencia para aplicarla como calentador de agua, función a la cual se le podría dar uso en este sector de clima frío y así reemplazando el consumo de gas.

8 RECOMENDACIONES

- Instalar la estación meteorológica en mejores condiciones de ubicación y a una mayor altura donde no se presenten obstáculos a su alrededor que pueda interferir y alterar la velocidad del viento, así mismo tener conocimiento del proceso técnico de instalación de la estación.
- Aumentar el periodo de tiempo para la toma de datos a 2 años como mínimo; 1 año para tomar la información y otro año para ratificarla, así obtener una información más precisa y exacta.
- Realizar la instalación de otras estaciones meteorológica en la misma zona, que permitan tomar datos simultáneamente cubriendo un área determinada, libre de obstáculos y así tener información mucho más precisa de la velocidad del viento.
- Aplicar los datos obtenidos a otros aerogeneradores existentes en el mercado con características técnicas muy similares, para realizar mas comparaciones, que puedan estimar una producción de energía mas alta a la presente en este trabajo de grado.
- Realizar mas estudios referentes a este tema en diferentes puntos, invitando a futuros investigadores a que se interesen en el tema el cual es un aporte a la implementación de energías renovables en el departamento.
- Realizar un estimativo de costos del proceso de montaje, instalación y generación de energía eléctrica con un aerogenerador para calcular la rentabilidad de implementar este sistema en el sector.

BIBLIOGRAFIA

BOYLE, Godfrey. Renewable Energy Power for a Sustainable Future, The Open University, 2003. Pag 272-282

PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA, 1997.

RODRIGUEZ ORTEGA, Mario. Energías Renovables. Segunda Edición. España Thomson Paraninfo, 2001. Pag 21 -28

WINDPOWER. Manual de referencia de energía eólica, Website:
<http://www.windpower.org>

JOLIET TECHNOLOGY SL. Cyclone Wind Turbines, Website:
<http://www.joliet-europe.com>

JBORNAY. Aerogeneradores, Website: <http://www.Jbornay.com>

LUCA EOLICA. Miniaerogeneradores Tramuntana, Website:
<http://www.tramuntana.es>

<Http://www.emsa-esp.com.co>

ANEXOS

ANEXO A
TABLA PROMEDIO HORARIO DE TODOS LOS DÍAS

Interval os	10/08/2 008	11/08/2 008	12/08/ 2008	13/08/2 008	14/08/20 08	15/08/2 008	16/08/ 2008	17/08/2 008	18/08/2 008
0	-	0,07	-	0,58	1,18	-	0,20	1,70	-
1	-	-	0,15	0,43	0,58	-	0,20	1,12	-
2	-	-	0,07	0,20	0,50	-	-	1,08	0,52
3	-	-	0,22	0,22	-	-	-	0,30	0,22
4	-	0,07	0,80	-	0,07	0,13	0,07	0,07	0,22
5	-	0,22	0,22	-	-	0,35	0,22	-	-
6	-	0,07	0,95	0,07	0,28	1,38	0,27	-	-
7	-	0,58	1,17	0,45	0,35	2,55	0,07	0,48	0,13
8	-	0,72	1,10	0,35	0,20	1,62	0,37	1,03	0,28
9	-	1,40	1,40	1,17	1,57	0,80	0,20	0,57	0,65
10	-	0,57	1,63	0,57	2,00	0,97	0,73	1,10	1,25
11	-	1,87	1,63	0,73	2,15	2,00	2,37	1,77	1,78
12	-	3,27	1,85	1,32	3,90	4,32	2,10	4,17	1,93
13	5,90	4,12	5,08	1,68	4,85	5,23	2,75	5,37	4,40
14	6,05	3,60	6,43	5,08	6,27	5,60	4,70	5,68	6,12
15	5,28	3,57	4,97	5,60	5,62	4,85	5,15	5,90	5,53
16	6,22	4,62	3,73	5,97	4,57	3,88	5,22	5,60	5,23
17	5,73	4,10	1,40	5,37	4,32	4,70	5,17	4,93	4,17
18	5,52	4,08	0,15	4,63	3,03	3,82	4,83	5,38	4,25
19	5,52	3,95	0,35	4,10	1,02	1,85	4,33	5,00	3,07
20	2,45	3,37	0,58	3,07	0,28	0,07	2,60	4,48	1,78
21	1,17	1,85	1,70	3,20	0,42	0,13	2,37	2,15	1,47
22	0,52	0,95	1,10	2,55	0,28	-	1,63	0,82	2,43
23	0,07	0,43	0,15	1,63	0,13	0,07	0,57	0,13	1,87

19/08/2 008	20/08/2 008	21/08/2 008	22/08/2 008	23/08/2 008	24/08/2 008	25/08/2 008	26/08/2 008	27/08/2 008	28/08/2 008
1,38	1,70	0,37	1,70	0,65	1,40	2,45	0,22	1,02	0,65
-	1,48	0,28	0,07	1,48	0,35	0,28	0,42	0,13	0,28
0,27	0,80	0,65	1,18	1,18	0,30	0,20	0,73	0,22	0,22
0,28	1,08	0,43	1,25	1,85	0,37	0,35	0,95	0,07	0,07
0,52	1,10	1,10	1,27	1,70	1,25	0,78	0,07	0,15	0,88
-	1,17	0,35	-	0,80	1,63	2,07	0,28	-	2,90
0,35	1,55	0,67	-	-	1,93	2,15	2,08	0,28	0,97
0,07	1,55	0,88	0,58	0,15	1,85	2,30	2,07	1,25	1,50
0,28	1,25	0,27	1,40	0,58	2,07	0,93	1,53	1,33	0,95
0,87	0,57	0,50	1,93	0,75	2,07	1,25	0,80	1,70	1,25
1,03	1,18	0,80	1,02	0,72	2,15	1,23	0,87	1,47	1,77
0,78	1,85	1,17	1,18	0,35	1,40	1,93	2,53	1,40	1,33
1,47	3,20	2,98	1,08	0,73	1,02	4,33	4,42	2,02	1,40
2,30	4,72	3,05	2,30	1,23	2,60	6,12	4,02	3,95	1,63
4,03	6,12	4,47	4,18	1,10	1,85	6,25	3,37	4,02	3,18
4,78	6,57	5,45	5,90	3,22	1,55	5,97	3,20	4,55	3,28
2,83	6,42	4,85	4,78	4,17	1,78	5,17	3,27	5,53	3,48
0,22	6,33	4,40	3,50	5,02	2,53	5,67	3,20	5,45	4,03
-	5,60	4,48	1,77	5,88	2,53	6,05	3,87	4,35	4,63
0,20	4,02	4,70	0,42	5,75	1,17	5,52	2,23	3,93	5,60
0,93	2,23	4,27	0,43	5,88	1,02	4,47	0,43	3,43	4,78
1,03	-	4,42	0,07	6,20	1,85	2,53	1,85	2,37	3,87
0,37	0,43	4,32	-	5,97	2,30	2,53	2,47	1,57	2,47
1,25	0,95	2,00	-	3,73	3,73	0,73	1,85	0,52	0,93

29/08/2 008	30/08/2 008	31/08/2 008	01/09/2 008	02/09/2 008	03/09/2 008	04/09/2 008	05/09/2 008	06/09/2 008	07/09/2 008
0,58	0,43	1,42	2,67	0,50	0,65	-	1,32	0,35	0,07
-	0,65	0,50	1,03	1,40	0,07	0,20	0,22	0,95	0,22
0,35	0,28	0,50	-	0,22	-	-	1,10	0,80	-
0,73	0,58	0,80	0,37	0,13	-	-	0,82	0,48	-
1,62	0,52	-	0,43	0,28	0,28	-	1,48	0,72	0,65
1,17	1,47	0,22	0,80	1,05	-	0,13	1,98	1,55	0,90
1,90	1,10	0,65	0,73	0,13	0,15	0,67	2,07	1,10	1,55
0,65	1,03	0,20	0,22	1,23	0,65	1,50	2,30	1,57	2,13
0,42	1,25	0,82	0,50	1,17	1,53	1,85	1,70	1,78	1,75
1,33	0,73	1,17	1,17	1,63	2,53	0,80	1,17	1,35	1,63
0,95	0,93	0,95	2,08	0,87	1,83	1,25	1,62	1,40	1,48
1,32	1,92	0,95	2,67	0,82	2,05	0,93	1,87	1,68	2,08
1,83	1,98	2,98	4,33	2,58	0,95	0,88	2,68	3,27	3,58
4,33	1,55	5,82	5,30	5,20	3,20	1,03	3,80	5,77	5,60
5,22	1,55	6,27	6,13	6,27	3,12	1,32	5,60	6,13	5,80
5,53	3,87	6,43	6,28	6,50	4,68	2,60	6,12	6,20	6,80
6,27	3,27	5,83	5,75	6,65	6,13	2,75	6,80	6,58	7,02
6,50	3,65	5,28	6,20	5,75	6,50	3,05	5,60	6,73	6,82
5,60	1,02	4,10	5,22	4,08	7,60	2,68	4,40	5,60	6,13
5,07	0,80	2,68	4,33	3,27	4,02	2,52	4,55	4,87	4,55
5,28	2,08	2,45	2,22	2,22	1,17	0,50	4,12	4,33	0,80
1,70	2,83	1,03	2,88	1,35	-	1,27	3,05	2,52	0,63
0,67	2,38	2,82	0,93	2,15	0,20	0,50	3,20	1,32	0,65
0,07	2,00	3,72	0,80	0,93	0,07	0,88	1,92	0,30	0,67

08/09/2 008	09/09/2 008	10/09/2 008	11/09/2 008	12/09/2 008	13/09/2 008	14/09/2 008	17/09/2 008	18/09/2 008	19/09/2 008
-	-	0,37	2,28	0,97	0,95	0,28	0,65	0,28	0,88
0,35	0,13	0,13	1,63	1,42	0,48	0,45	1,18	-	0,07
0,43	0,30	0,95	2,30	0,43	0,57	2,07	2,08	0,07	0,57
0,43	1,33	2,17	1,78	1,63	0,13	2,13	1,62	-	1,03
0,13	1,03	1,40	1,40	1,85	1,40	1,40	0,65	-	0,57
0,35	1,70	1,93	0,82	1,62	1,72	1,83	-	-	0,28
0,22	1,98	1,47	0,48	2,77	1,40	2,23	-	-	1,08
1,02	2,17	2,13	0,58	2,75	1,92	1,68	0,13	1,40	1,53
0,95	0,95	1,02	1,40	2,32	2,38	0,73	0,28	2,00	2,68
0,78	1,48	0,97	1,48	1,63	1,85	1,18	1,32	1,48	2,07
1,18	2,37	1,40	1,62	1,90	1,42	1,48	2,90	1,85	1,57
1,25	1,68	1,78	1,32	1,70	1,47	4,53	2,52	3,65	2,17
1,83	1,92	2,08	2,38	1,02	3,97	7,32	3,48	4,57	1,25
2,60	4,92	5,45	4,40	2,02	6,35	7,68	4,38	5,32	2,22
4,55	5,22	6,22	5,92	6,07	6,20	8,27	4,32	5,88	3,80
5,67	3,87	5,52	5,32	6,50	6,58	7,15	4,32	6,13	3,35
5,73	1,77	5,98	4,98	6,48	6,63	6,48	5,07	6,13	2,97
5,15	-	5,53	3,57	3,43	6,35	3,43	4,55	5,13	1,68
2,38	0,07	5,15	3,45	1,18	6,52	1,18	3,58	4,27	0,73
2,83	0,07	4,25	1,98	0,95	4,85	0,95	2,90	4,42	2,15
2,67	0,42	3,07	1,20	1,33	1,42	1,33	0,78	4,25	2,30
1,45	1,03	0,88	2,30	-	1,78	-	0,22	2,90	2,37
0,20	1,33	1,70	1,17	0,52	0,58	0,52	0,45	2,30	3,20
-	0,35	2,37	1,33	0,65	0,07	0,87	0,22	3,65	3,43

20/09/2 008	21/09/2 008	22/09/2 008	23/09/2 008	24/09/2 008	25/09/2 008	26/09/2 008	27/09/2 008	28/09/2 008	29/09/2 008
0,95	1,77	0,82	3,72	0,20	-	0,07	0,48	0,52	1,42
1,78	2,07	1,87	2,22	0,07	-	-	1,02	0,65	1,83
0,28	1,95	1,10	1,32	0,13	0,65	0,28	1,02	0,28	1,40
0,52	1,55	2,00	1,40	0,22	0,88	0,52	0,28	0,52	1,03
1,17	0,63	1,02	0,72	-	1,70	0,13	0,22	-	1,33
1,63	1,40	0,42	0,43	0,37	1,83	0,95	0,07	0,07	0,13
2,37	2,60	0,80	1,85	0,43	1,47	0,13	0,07	0,42	0,20
1,57	2,07	0,20	0,72	0,97	2,07	0,58	0,13	0,97	0,20
0,72	1,25	0,58	0,50	0,73	1,93	1,18	0,87	0,78	0,28
1,33	0,88	0,35	0,95	0,43	1,85	1,62	0,58	0,67	1,10
1,25	1,03	0,80	1,10	0,87	1,38	1,70	0,88	0,72	1,18
1,48	1,48	2,13	2,23	2,75	1,25	1,48	1,93	1,72	1,23
3,28	1,10	3,93	2,97	5,30	4,47	3,80	2,75	3,42	1,55
3,72	1,78	5,07	4,40	5,83	6,28	5,00	4,08	5,82	3,35
4,77	2,75	5,08	5,22	6,20	6,13	4,78	5,30	6,88	3,72
4,70	4,92	5,23	4,85	6,05	6,12	2,22	4,55	6,12	3,13
4,25	4,92	3,97	4,40	5,15	4,85	1,10	2,77	5,73	3,48
4,12	4,33	2,60	4,63	4,10	3,95	1,78	1,85	4,85	1,47
3,82	3,72	1,48	4,17	3,88	2,77	0,37	1,63	4,85	0,67
3,65	3,93	2,22	2,10	2,82	1,40	0,27	2,62	3,27	0,07
3,78	3,27	3,27	1,17	1,25	2,53	0,28	2,70	0,72	0,65
2,53	3,35	1,72	2,00	0,73	1,98	0,35	1,17	0,60	1,78
3,05	2,90	3,65	1,00	1,12	1,40	0,52	1,03	1,55	1,77
2,15	1,38	3,42	0,28	0,22	0,22	-	1,03	1,33	1,32

30/09/2 008	01/10/2 008	02/10/2 008	03/10/2 008	04/10/2 008	05/10/2 008	06/10/2 008	07/10/2 008	08/10/2 008	09/10/2 008
0,58	1,83	0,63	0,37	0,65	0,28	0,88	0,95	0,13	0,07
0,13	1,78	0,28	0,07	1,18	-	0,07	1,78	0,07	-
0,07	0,95	0,73	0,07	2,08	0,07	0,57	0,28	0,13	-
0,07	0,30	2,45	0,07	1,62	-	1,03	0,52	0,28	-
0,72	1,25	0,50	0,42	0,65	-	0,57	1,17	-	0,28
1,27	1,25	1,18	0,58	-	-	0,28	1,63	0,07	0,50
0,52	0,43	0,42	0,28	-	-	1,08	2,37	0,95	1,03
0,57	0,65	0,35	0,48	0,13	1,40	1,53	1,57	1,70	1,48
0,30	0,35	0,80	1,55	0,28	2,00	2,68	0,72	1,47	1,78
0,88	0,73	0,72	1,70	1,32	1,48	2,07	1,33	0,88	1,65
1,02	1,70	0,82	1,02	2,90	1,85	1,57	1,25	0,95	1,63
1,25	1,23	2,02	1,98	2,52	3,65	2,17	1,48	1,25	1,03
3,07	1,10	3,48	3,42	3,48	4,57	1,25	3,28	1,02	2,68
4,98	1,40	5,15	5,30	4,38	5,32	2,22	3,72	1,98	5,52
5,30	2,17	5,32	5,70	4,32	5,88	3,80	4,77	6,20	7,08
5,28	3,13	5,75	6,42	4,32	6,13	3,35	4,70	7,03	7,10
6,05	3,35	5,37	5,90	5,07	6,13	2,97	4,25	6,27	5,67
5,95	2,82	4,12	5,15	4,55	5,13	1,68	4,12	5,02	4,25
4,57	1,85	3,13	4,55	3,58	4,27	0,73	3,82	4,47	5,22
3,95	1,23	2,97	3,95	2,90	4,42	2,15	3,65	2,53	4,48
1,17	0,72	2,98	2,90	0,78	4,25	2,30	3,78	2,07	4,25
0,87	2,43	1,18	1,10	0,22	2,90	2,37	2,53	0,15	3,12
1,70	2,77	0,52	0,35	0,45	2,30	3,20	3,05	-	1,12
1,40	1,85	0,13	1,40	0,22	3,65	3,43	2,00	-	0,20

10/10/2 008	11/10/2 008	12/10/2 008	13/10/2 008	14/10/2 008	15/10/2 008	16/10/2 008	17/10/2 008	18/10/2 008	19/10/2 008
0,07	2,07	2,62	1,03	1,40	-	-	0,20	0,15	0,57
-	1,27	3,12	0,50	1,55	0,28	0,13	1,17	-	0,28
-	1,03	2,13	-	1,38	-	1,03	1,92	0,20	0,43
0,22	0,72	-	0,88	2,40	-	0,80	2,22	0,13	-
-	1,47	0,07	0,87	2,08	0,07	-	2,92	1,17	0,43
0,13	1,25	-	0,80	0,93	0,50	0,28	2,30	1,72	0,43
2,77	1,42	-	2,45	0,28	1,25	0,70	2,30	2,00	0,20
1,10	1,23	-	1,62	0,15	1,72	0,13	1,02	2,00	0,20
0,58	1,02	0,07	0,65	1,17	1,32	0,50	0,42	1,32	0,58
0,13	0,93	0,20	1,08	1,18	1,03	1,55	1,40	1,17	1,10
0,58	1,25	0,82	1,18	1,25	1,02	1,57	1,47	1,03	1,32
1,62	1,57	0,87	1,40	0,88	1,10	1,48	1,10	2,00	1,62
2,67	2,30	1,93	1,83	0,88	3,12	1,48	2,07	3,43	1,02
4,25	3,18	0,73	1,93	0,50	5,38	1,63	2,75	4,85	2,75
5,15	5,00	1,25	4,70	1,25	6,20	3,80	5,38	5,53	4,40
3,88	6,65	1,10	5,53	2,20	6,67	4,87	5,17	5,97	6,57
2,75	6,12	2,52	6,27	3,35	5,77	5,60	3,50	5,98	6,12
1,47	4,77	2,30	6,13	3,52	4,85	5,52	3,20	4,85	5,15
-	4,33	2,45	4,62	3,73	4,77	5,62	3,67	4,92	5,43
-	2,45	3,07	3,80	3,80	3,72	5,23	3,13	3,93	4,38
-	1,92	2,97	2,67	3,50	1,85	2,82	3,12	2,97	4,02
0,37	1,93	2,60	2,22	2,75	0,28	1,98	3,43	2,30	3,03
2,22	2,38	2,73	2,45	0,65	0,15	0,15	1,98	1,70	2,15
2,22	2,83	1,25	3,35	0,13	-	0,28	0,28	1,25	0,95

20/10/2 008	21/10/2 008	22/10/2 008	23/10/2 008	24/10/2 008	25/10/2 008	26/10/2 008	27/10/2 008	28/10/2 008	29/10/2 008
0,65	0,13	0,37	0,22	0,07	0,13	0,07	-	0,58	1,18
1,32	-	0,35	0,35	0,07	0,15	-	0,15	0,43	0,58
2,97	0,52	0,07	1,02	0,45	0,73	-	0,07	0,20	0,50
1,85	1,55	0,22	0,67	1,40	0,07	-	0,22	0,22	-
0,52	2,22	-	1,55	0,07	0,20	0,07	0,80	-	0,07
0,35	1,32	0,35	1,17	0,07	0,33	0,22	0,22	-	-
0,72	1,17	0,22	1,62	1,03	0,15	0,07	0,95	0,07	0,28
0,42	-	1,40	1,57	0,37	0,07	0,58	1,17	0,45	0,35
1,32	0,73	0,72	1,47	1,55	1,63	0,72	1,10	0,35	0,20
1,33	0,57	0,80	1,72	1,92	3,12	1,40	1,40	1,17	1,57
1,55	0,80	1,10	1,02	1,47	4,55	0,57	1,63	0,57	2,00
1,23	2,77	2,47	1,55	1,55	4,42	1,87	1,63	0,73	2,15
1,62	4,10	4,83	5,37	1,70	4,53	3,27	1,85	1,32	3,90
4,47	4,85	5,22	5,83	4,10	4,25	4,12	5,08	1,68	4,85
4,78	5,22	5,37	5,97	6,20	4,32	3,60	6,43	5,08	6,27
4,63	5,38	5,60	6,80	6,73	3,95	3,57	4,97	5,60	5,62
4,40	5,17	5,45	7,33	6,65	3,72	4,62	3,73	5,97	4,57
3,93	4,25	4,93	7,32	6,33	2,58	4,10	1,40	5,37	4,32
3,20	3,27	4,48	6,52	5,97	5,60	4,08	0,15	4,63	3,03
2,68	3,65	4,87	3,87	5,37	4,87	3,95	0,35	4,10	1,02
1,23	3,22	3,35	2,77	2,45	4,33	3,37	0,58	3,07	0,28
0,50	2,17	2,37	1,93	2,07	2,52	1,85	1,70	3,20	0,42
0,15	2,37	0,58	1,98	2,62	1,32	0,95	1,10	2,55	0,28
0,07	1,47	-	0,95	1,10	0,30	0,43	0,15	1,63	0,13

30/10/2 008	31/10/2 008	01/11/2 008	02/11/2 008	03/11/2 008	04/11/2 008	05/11/2 008	06/11/2 008	07/11/2 008	08/11/2 008
-	0,48	0,52	1,42	0,58	0,07	-	0,65	-	2,28
-	1,02	0,65	1,83	0,13	-	0,15	0,07	0,20	1,63
-	1,02	0,28	1,40	0,07	-	0,07	-	-	2,30
-	0,28	0,52	1,03	0,07	-	0,22	-	-	1,78
0,13	0,22	-	1,33	0,72	0,07	0,80	0,28	-	1,40
0,35	0,07	0,07	0,13	1,27	0,22	0,22	-	0,13	0,82
1,38	0,07	0,42	0,20	0,52	0,07	0,95	0,15	0,67	0,48
2,55	0,13	0,97	0,20	0,57	0,58	1,17	0,65	1,50	0,58
1,62	0,87	0,78	0,28	0,30	0,72	1,10	1,53	1,85	1,40
0,80	0,58	0,67	1,10	0,88	1,40	1,40	2,53	0,80	1,48
0,97	0,88	0,72	1,18	1,02	0,57	1,63	1,83	1,25	1,62
2,00	1,93	1,72	1,23	1,25	1,87	1,63	2,05	0,93	1,32
4,32	2,75	3,42	1,55	3,07	3,27	1,85	0,95	0,88	2,38
5,23	4,08	5,82	3,35	4,98	4,12	5,08	3,20	1,03	4,40
5,60	5,30	6,88	3,72	5,30	3,60	6,43	3,12	1,32	5,92
4,85	4,55	6,12	3,13	5,28	3,57	4,97	4,68	2,60	5,32
3,88	2,77	5,73	3,48	6,05	4,62	3,73	6,13	2,75	4,98
4,70	1,85	4,85	1,47	5,95	4,10	1,40	6,50	3,05	3,57
3,82	1,63	4,85	0,67	4,57	4,08	0,15	7,60	2,68	3,45
1,85	2,62	3,27	0,07	3,95	3,95	0,35	4,02	2,52	1,98
0,07	2,70	0,72	0,65	1,17	3,37	0,58	1,17	0,50	1,20
0,13	1,17	0,60	1,78	0,87	1,85	1,70	-	1,27	2,30
-	1,03	1,55	1,77	1,70	0,95	1,10	0,20	0,50	1,17
0,07	1,03	1,33	1,32	1,18	0,43	0,37	0,07	1,18	1,33

09/11/2 008	10/11/2 008	11/11/2 008	12/11/2 008	13/11/2 008	14/11/2 008	15/11/2 008	16/11/2 008	17/11/2 008	18/11/2 008
0,97	0,13	0,37	0,07	-	1,62	1,02	1,23	1,70	2,07
1,42	-	0,13	1,03	-	0,87	0,28	1,03	1,33	1,02
0,43	0,52	-	1,40	-	0,30	1,18	0,22	0,27	0,13
1,63	1,55	-	0,43	-	-	0,73	0,35	0,20	0,28
1,85	2,22	0,65	0,22	0,73	0,28	0,50	0,13	0,13	-
1,62	1,32	1,03	0,50	0,07	-	1,17	1,03	0,07	0,13
2,77	1,17	2,60	0,80	-	0,07	0,27	0,93	1,42	0,07
2,75	-	2,07	0,73	0,22	0,20	1,02	0,88	1,77	0,50
2,32	0,73	1,63	0,87	0,07	0,35	0,87	0,95	1,40	0,57
1,63	0,57	1,33	0,50	0,88	1,70	1,23	0,80	0,58	1,10
1,90	0,80	3,22	1,62	1,18	3,40	1,17	1,25	2,68	1,92
1,70	4,85	3,80	4,63	3,43	5,00	3,03	1,92	3,95	3,13
1,02	6,28	6,50	3,88	5,02	5,38	3,72	1,18	5,52	4,08
2,02	6,90	6,20	4,63	5,37	6,12	4,02	3,05	5,90	3,80
6,07	6,58	6,35	5,15	6,05	5,97	3,80	3,72	6,40	4,33
6,50	6,12	6,48	4,53	5,13	5,22	4,33	4,55	5,30	4,65
6,48	5,90	6,13	3,95	4,48	5,00	4,48	4,33	4,63	3,73
3,43	5,97	5,62	4,85	4,40	3,95	3,87	5,15	4,25	4,10
1,18	5,30	4,48	4,78	4,40	2,90	4,17	4,78	4,62	3,57
0,95	3,50	3,43	1,48	3,43	2,32	4,03	4,83	3,43	2,98
1,33	2,60	3,28	1,33	2,68	1,98	3,50	5,17	3,35	2,58
-	1,10	1,85	0,43	1,33	0,52	3,57	4,40	3,03	2,38
0,52	0,42	0,15	0,67	1,02	1,02	2,30	3,67	2,75	2,30
0,50	0,52	0,13	0,13	1,40	1,10	2,37	2,90	2,15	2,90

19/11/2 008	20/11/2 008	21/11/2 008	22/11/2 008	23/11/2 008	24/11/2 008	25/11/2 008	26/11/2 008	27/11/2 008	28/11/2 008
2,75	2,82	1,42	-	0,73	0,48	1,83	-	-	0,35
2,53	2,37	0,67	0,30	0,95	0,43	0,65	0,13	-	0,28
2,15	1,02	1,10	1,40	0,28	1,03	0,97	-	0,20	0,35
2,20	0,37	0,22	1,63	0,20	1,02	0,27	-	1,03	0,93
1,55	-	-	0,13	0,15	0,37	1,03	0,13	1,02	0,07
0,90	0,30	1,30	0,27	0,07	-	2,30	0,07	1,63	0,22
1,62	1,23	1,32	0,07	-	0,07	0,15	0,43	0,95	0,22
1,08	1,25	0,73	0,28	0,27	-	0,07	0,07	0,40	1,02
0,85	1,33	0,78	0,43	1,02	0,43	0,58	0,43	0,73	0,95
0,42	1,02	1,12	0,87	1,32	0,50	0,88	0,13	0,35	0,78
0,93	1,02	3,13	0,93	1,23	1,70	1,03	0,48	0,20	1,18
3,35	2,67	4,08	0,50	1,03	2,67	2,30	0,35	1,42	1,25
4,85	2,60	4,85	3,07	3,07	3,12	2,90	0,57	2,00	1,83
5,60	2,77	4,98	4,48	5,60	3,42	4,17	0,22	2,68	2,60
5,90	3,27	6,12	4,47	5,37	4,42	4,70	-	2,52	4,55
5,52	4,25	6,13	3,87	4,62	4,50	4,25	0,28	2,75	5,67
4,68	4,33	5,37	3,18	4,53	3,95	4,03	0,50	2,53	5,73
4,03	4,25	3,50	3,58	4,10	3,72	3,58	0,65	2,90	5,15
2,23	4,48	2,53	3,73	3,05	4,10	1,47	0,73	2,82	2,38
1,02	3,48	2,22	3,67	1,77	3,55	0,58	0,28	2,13	2,83
2,30	3,20	1,75	3,73	1,78	2,08	-	0,22	1,25	2,67
3,05	3,13	1,17	2,17	1,38	1,92	0,52	0,13	0,93	1,45
2,53	2,23	0,48	1,55	1,70	2,68	0,20	0,07	0,13	0,20
2,75	1,38	0,07	1,02	0,50	2,30	0,28	-	0,80	-

29/11/2 008	30/11/2 008	01/12/2 008	02/12/2 008	03/12/2 008	04/12/2 008	05/12/2 008	06/12/2 008	07/12/2 008	08/12/2 008
0,28	0,22	1,4	0,13	1,23	0	1,1	0,35	0,78	0,87
0	-	0,87	0	0,95	0	1,7	1,1	2,08	2,15
0	0	1,93	0,13	1,18	0	1,45	0,7	4,17	4,42
0,03	0	2,07	0,13	0,88	0,27	1,1	3,97	5,77	5,9
0	0,58	1,63	0,33	0,93	0,63	1,25	5,62	6,05	7,18
0,07	0,82	0,97	0,65	1,83	0,95	3,27	6,5	6,5	6,88
0,15	0,67	1,92	2,37	3,57	4,18	5,38	5,9	5,67	5,92
0	1,93	4,2	4,47	5,52	5,75	5,38	5,47	5,22	5,37
0	4,25	6,35	5,83	5,68	5,98	5,52	5,32	4,4	5,22
0,52	6,2	5,9	5,6	5,62	6,5	5,9	4,85	3,72	4,17
1,37	6,48	5,43	4,55	5,23	5,82	5,28	3,42	3,42	3,57
1,93	6,05	4,63	4,12	5,15	4,83	4,02	3,35	2,97	3,58
1,98	4,93	4,47	3,35	5,4	4,38	3,5	3,43	3,03	2,32
2,95	4,53	3,67	2,83	4,38	3,73	1,25	3,5	2,28	0,43
3,68	4,32	3,35	2,3	3,65	2,75	1,03	1,4	1,77	0,8
4,5	3,37	3,73	2,67	2,9	1,7	0,87	0,52	1,78	0,95
5,87	2,88	3,2	1,33	2,38	0,58	0,65	0,2	0,95	1,55
6,63	1,47	2,47	0,72	1,98	0,2	0,48	0,43	0,8	1,63
6,87	0,28	0,52	0,93	1,15	1,02	0,07	0,73	1,48	1,62
5,22	0	0,5	2,53	2,38	0,28	0	0,9	1,25	2,07
1,85	0	0,67	3,12	1,7	0,37	0	0,87	0,35	1,93
1,18	0,37	0,15	1,93	2,13	0,37	0,65	0,63	0,65	1,4
0,43	0,37	0,8	1,38	1,78	0,28	0,7	0,93	0,07	1,3
0,72	0,42	0,43	1,57	0,2	0,28	1,25	0,67	0,65	1,83

09/12/2 008	10/12/2 008	11/12/2 008	12/12/2 008	13/12/2 008	14/12/2 008	15/12/2 008	16/12/2 008	17/12/2 008	18/12/2 008
1,25	1,7	0,82	0,28	0,43	0	0,72	0,65	0	1,92
2,08	1,48	1,87	0,57	0,65	0,28	0,28	0	0,43	0,78
3,87	3,22	1,1	0,5	0	0,42	0	0,13	0	0,28
5,47	5,98	2	0,28	0	0,5	0	0,07	0	0
6,35	6,57	1,02	0,15	0,22	0,2	0,67	-	0,35	0
6,5	6,37	0,42	0,13	0,33	0,95	1,38	0,42	0,43	0
6,65	5,75	0,8	0,07	0,8	1,18	0,93	1,42	0,72	0,28
5,43	5,67	0,2	0	1,25	1,77	2,22	1,4	0,28	0,07
4,23	4,62	0,58	0,5	1,02	2,15	2,6	2,53	0,43	0,22
2,52	3,78	0,35	1,38	0,8	1,53	0,78	1,48	0,58	0,88
2,37	2,47	0,8	1,33	0,95	0,78	1,87	1,1	1,62	0,52
2,3	2,52	1,83	1,48	0,72	1,33	1,85	1,33	1,78	0,78
1,12	1,68	0,75	1,85	1,48	1,68	1,47	2,47	1,78	0,97
0,67	0,65	1,48	4,17	3,28	4,02	2,38	4,57	1,72	1,62
0,28	1,02	3,22	5,7	4,62	5,08	5,53	5,75	4,63	2,92
0,22	0,27	5,98	6,05	5,82	5,97	6,73	6,52	5,98	3,43
0,22	0,07	6,57	5,97	6,42	6,13	6,48	7,17	5,8	2,98
0	0,13	6,37	6,35	6,43	5,52	5,97	6,2	5,75	2,9
0,42	0	5,75	5,67	6,03	5,02	5,45	4,62	4,83	3,57
1,1	0,45	5,67	4,55	5,07	4,68	4,7	4,63	3,78	3,57
1,92	0,72	4,62	4,12	4,62	3,95	4,32	3,82	3,58	3,48
2,47	0,33	3,2	3,65	3,28	2,77	4,08	3,65	3,27	2,77
1,77	0,67	1,42	2,37	2	1,38	3,05	1,32	2,58	2,43
1,55	0,72	0,52	0,28	0,57	0,8	1,72	0,65	2,15	2,68

19/12/2008	20/12/2008	21/12/2008	22/12/2008	23/12/2008	24/12/2008	25/12/2008	26/12/2008	27/12/2008	28/12/2008
2,22	1,85	2,67	0,3	0,07	0,73	2,22	2,6	1,78	2,15
1,62	1,55	1,48	0,13	0,35	0,22	0,35	1,62	0,97	2,97
0,42	0,95	1,47	0,5	0,28	0	0,07	1,02	0,58	2,07
0,22	0	0,58	1,02	0,37	0	0,22	0,07	0,07	0,35
0,07	0,07	0,52	0,07	0,95	0	0,07	0	0,15	0,07
0,07	0	0,58	0,28	0,2	0	0	0	0,43	0
0,07	0,07	0,5	0,07	0,95	0,07	0,37	0	0,5	0,43
0	0,07	0	0,43	0,65	0,07	0,07	0	0,93	0,37
0	1,33	0,8	0,5	1,1	1,27	0,07	0,2	1,25	0,67
0,5	1,08	0,95	1,1	1,48	1,33	0,13	0,58	1,17	1,1
1,1	1,18	0,27	0,8	1,98	1,35	0,65	0,65	1,68	0,07
0,8	0,95	0,27	0,72	1,77	1,1	1,25	0,52	1,03	0,35
2,07	0,93	2,45	0,35	1,48	1,02	1,02	1,68	0,88	1,1
3,78	4,17	4,4	3,5	2,08	1,98	1,38	4,33	4,93	3,12
5,37	5,38	4,87	5	4,92	4,17	3,5	5,9	6,05	5,62
5,68	5,73	5,92	6,27	6,97	5,68	5,6	6,27	6,5	6,43
6,05	6,37	6,3	7,1	6,87	6,58	6,35	6,67	6,97	7,47
5,52	5,6	5,97	7,88	5,38	7,1	6,8	6,35	7,03	7,05
4,1	4,53	5,3	6,18	4,93	6,12	6,87	5,68	7,27	6,43
3,33	3,58	5,08	4,53	4,27	5,45	6,8	5,22	6,65	5,45
2,9	2,82	5,3	3,35	4,08	5,58	6,12	4,03	5,68	5,58
2,38	0,72	4,1	3,35	3,42	5,17	4,87	3,5	4,48	3,52
1,77	0	2	1,77	2,77	3,87	1,92	3,12	3,27	3,73
2,37	1,23	0,67	0,65	1,55	3,6	1,93	2,15	1,32	2,45

29/12/2 008	30/12/2 008	31/12/2 008	01/01/2 009	02/01/2 009	03/01/2 009	04/01/2 009	05/01/2 009	06/01/2 009	07/01/2 009
2,23	0,2	1,7	1,4	0,97	0,07	0,07	0,28	1,18	0,28
0,57	0,2	1,12	1,55	1,42	0,07	0,07	1,02	0,52	0,07
0,65	0	1,08	1,38	0,43	0,13	0,13	0,95	0,13	0
0	0	0,3	2,4	1,63	0,28	0,28	0	0	0,13
0	0,07	0,07	2,08	1,85	0	0	0	0,07	1,08
0	0,22	0	0,93	1,62	0,07	0,07	0	0,2	2,13
0,3	0,27	0	0,28	2,77	0,95	0,95	0,07	0,07	1,47
1,47	0,07	0,48	0,15	2,75	1,7	1,7	0,63	0	2,17
2	0,37	1,03	1,17	2,32	1,47	1,4	0,73	0,52	0,93
1,33	0,2	0,57	1,18	1,63	0,88	2,68	0,95	1,63	1,53
2	0,73	1,1	1,25	1,9	0,95	4,85	3,15	3,37	3,37
4,03	2,37	1,77	0,88	1,7	1,25	5,38	4,5	5,6	5,67
4,57	2,1	4,17	0,88	1,02	1,02	6,42	5,37	6,37	6,48
5,53	2,75	5,37	0,5	2,02	1,98	6,37	5,97	6,13	6,63
6,03	4,7	5,68	1,25	6,07	6,2	5,82	6,05	6,72	6,48
5,98	5,15	5,9	2,2	6,5	7,03	5,07	6,03	6,43	5,6
6,13	5,22	5,6	3,35	6,48	6,27	3,28	5,68	5,07	4,27
4,92	5,17	4,93	3,52	3,43	5,02	1,18	5,32	5,08	3,58
4,18	4,83	5,38	3,73	1,18	4,47	0,13	4,48	4,25	3,1
4,42	4,33	5	3,8	0,95	2,53	0	3,87	3,28	2,9
4,18	2,6	4,48	3,5	1,33	2,52	0,13	3,18	2,68	2,37
2,75	2,37	2,15	2,75	0	4,1	0,35	2,52	0,57	2,07
2,37	1,63	0,82	0,65	0,52	3,22	0,42	2,15	1,03	1,33
3,12	0,57	0,52	0,5	0,5	1,63	0,58	1,17	0,95	1,03

08/01/2 009	09/01/2 009	10/01/2 009	11/01/2 009	12/01/2 009	13/01/2 009	14/01/2 009	15/01/2 009	16/01/2 009	17/01/2 009
0,28	0,07	0,13	0,28	0,88	0,22	0,8	0,13	0	0,28
0,2	0	0,07	0,07	0,42	0,15	1,18	0,07	0,07	0
0	0	0	0	0	0,22	0,07	0,58	0,45	0,58
0	0	0	0,07	0,15	0,28	0,22	1,32	0,07	0,35
0,22	0,37	0	0,22	0,65	0,2	0,65	2,07	0,28	0,55
1,55	1,83	0,13	0,78	0,58	0,87	1,4	1,68	0,58	1,1
1,77	2,3	0,13	1,25	0,28	1,32	0,22	1,85	1,33	1,08
1,02	1,98	0,27	2	0,5	1,4	0,87	2,02	1,55	0,72
1,48	1,92	0,57	0,8	0,72	1,48	0,65	1,1	0,28	0,57
1,7	2,3	1,02	1,25	0,58	1,55	1,4	0,97	0,88	1,48
4,47	1,55	3,27	3,35	1,7	3,65	3,5	1,78	3,8	5
5,45	4,38	5	5,88	2,02	5,53	5,53	5,13	5,07	6,27
6,57	5,85	4,93	6,42	2,53	5,45	5,8	5,88	6,12	6,63
6,42	6,73	5,38	6,95	2,62	5,45	5,3	6,07	6,67	6,35
6,37	6,72	4,93	6,65	2,08	4,77	4,77	5,97	7,1	6,5
5,83	6,2	4,17	6,12	1,92	3,72	4,77	5,6	6,63	6,05
4,98	5,45	3,2	6,58	0,22	2,75	2,82	6,13	6,65	5,75
4,48	4,4	2,3	5,43	0,37	2,22	2,38	5,17	4,48	5,38
3,72	4,33	2,53	3,67	0,07	2,13	2,52	4,63	4,55	4,7
1,93	2,45	1,78	1,03	0	0,95	2,07	4,4	3,88	3,87
1,32	1,55	0,87	0,07	0	0,63	1,62	3,12	3,82	1,93
0,95	0,73	0,58	0,13	0,07	1,1	0,87	2,45	1,8	0,07
1,7	0,13	0,13	0,58	0	0,65	0,15	1,1	1,02	0,88
0,45	0,42	0,07	0,65	0,2	0,72	0	0,13	0,65	0,07

18/01/2 009	19/01/2 009	20/01/2 009	21/01/2 009	22/01/2 009	23/01/2 009	24/01/2 009	25/01/2 009	26/01/2 009	27/01/2 009
0	0	1,33	0,13	1,63	0,2	0	0,07	0,48	0,52
0	0	0,07	0	0,88	0,07	0	0	1,02	0,65
0,22	0,07	0,07	0,52	1,32	0,13	0,65	0,28	1,02	0,28
1,12	0	0	1,55	0,07	0,22	0,88	0,52	0,28	0,52
0,42	0	0	2,22	0	0	1,7	0,13	0,22	0
1,4	0,72	0,65	1,32	0	0,37	1,83	0,95	0,07	0,07
0,8	0,28	1,25	1,17	0,07	0,43	1,47	0,13	0,07	0,42
0,87	1,27	1,12	0	0,57	0,97	2,07	0,58	0,13	0,97
0,57	1,55	0,27	0,73	1,1	0,73	1,93	1,18	0,87	0,78
1,47	2,82	1,33	0,57	0,42	0,43	1,85	1,62	0,58	0,67
2,98	4,4	3,95	0,8	1,25	0,87	1,38	1,7	0,88	0,72
5,45	5,9	5,02	2,77	2,07	2,75	1,25	1,48	1,93	1,72
6,27	6,5	6,28	4,1	4,55	5,3	4,47	3,8	2,75	3,42
6,65	5,88	6,57	4,85	5,37	5,83	6,28	5	4,08	5,82
6,35	5	6,65	5,22	5,83	6,2	6,13	4,78	5,3	6,88
5,67	3,12	6,28	5,38	5,9	6,05	6,12	2,22	4,55	6,12
4,53	3,12	5,53	5,17	5,3	5,15	4,85	1,1	2,77	5,73
3,73	2,15	5,3	4,25	5,08	4,1	3,95	1,78	1,85	4,85
3,28	2,3	4,98	3,27	5,38	3,88	2,77	0,37	1,63	4,85
2	2,77	3,85	3,65	5	2,82	1,4	0,27	2,62	3,27
0,65	3,35	2,62	3,22	4,1	1,25	2,53	0,28	2,7	0,72
0,73	2,6	2,17	2,17	2	0,73	1,98	0,35	1,17	0,6
0	2,15	2,37	2,37	0,45	1,12	1,4	0,52	1,03	1,55
0	1,87	1,25	1,62	0	0,22	0,22	0	1,03	1,33

28/01/2009	29/01/2009	30/01/2009	31/01/2009
1,42	0,58	1,83	0,63
1,83	0,13	1,78	0,28
1,4	0,07	0,95	0,73
1,03	0,07	0,3	2,45
1,33	0,72	1,25	0,5
0,13	1,27	1,25	1,18
0,2	0,52	0,43	0,42
0,2	0,57	0,65	0,35
0,28	0,3	0,35	0,8
1,1	0,88	0,73	0,72
1,18	1,02	1,7	0,82
1,23	1,25	1,23	2,02
1,55	3,07	1,1	3,48
3,35	4,98	1,4	5,15
3,72	5,3	2,17	5,32
3,13	5,28	3,13	5,75
3,48	6,05	3,35	5,37
1,47	5,95	2,82	4,12
0,67	4,57	1,85	3,13
0,07	3,95	1,23	2,97
0,65	1,17	0,72	2,98
1,78	0,87	2,43	1,18
1,77	1,7	2,77	0,52
1,32	1,4	1,85	0,13

ANEXO B
CURVAS DE RENDIMIENTO Y GENERACIÓN DE POTENCIA DE LOS TRES
EQUIPOS EÓLICOS ESTUDIADOS.

AEROGENERADOR Sky Stream 3.7.

SKYSTREAM 3.7

3 en 1: Aerogenerador, regulador e inversor. La solución ideal para la generación eólica.

El primer aerogenerador de poca potencia específicamente diseñado para uso en residencias es el nuevo Skystream 3.7 de Southwest Windpower. Especialmente creado para la conexión a red (con posibilidad de cargar baterías), Skystream 3.7 está diseñado para su uso en casas y negocios mediante la venta a red.

Technical Specifications

Model: Skystream 3.7

Rated Capacity: 2.4 kW

Weight: 170 lbs (77 kg)

Rotor Diameter: 12 ft (3.72 m) Swept Area: 115.7 ft² (10.87 m²)

Type: Downwind rotor with stall regulation control

Direction of Rotation: Clockwise looking upwind

Blade Material: Fiberglass reinforced composite Number of Blades: 3

Rated Speed: 50-325 rpm Tip Speed: 213 ft/s (66 m/s)

Alternator: Slotless permanent magnet brushless Yaw Control: Passive

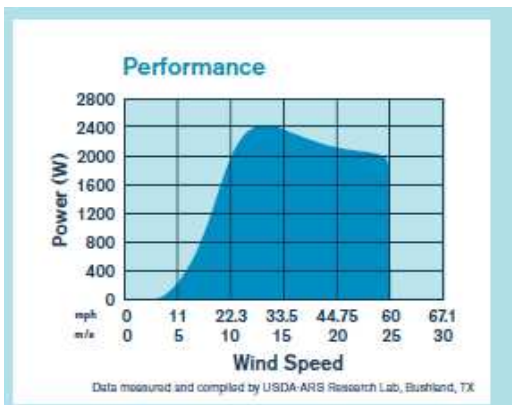
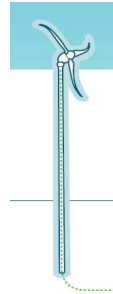
Grid Feeding: Southwest Windpower inverter 120/240 VAC 50-60 Hz

Braking System: Electronic stall regulation with redundant relay switch control

Cut-in Wind Speed: 8 mph (3.5 m/s) Rated Wind Speed: 29 mph (13 m/s)

User Control: Wireless 2-way interface remote system

Survival Wind Speed: 140 mph (63 m/s) Sound: 45 decibels at 40 ft (12 m)



www.skystreamenergy.com



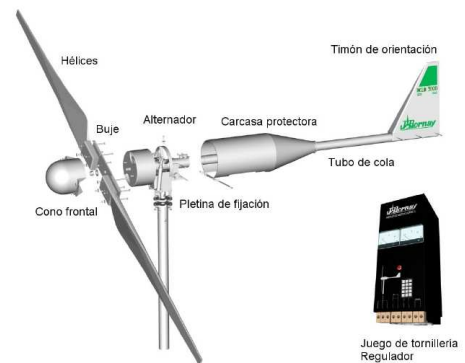
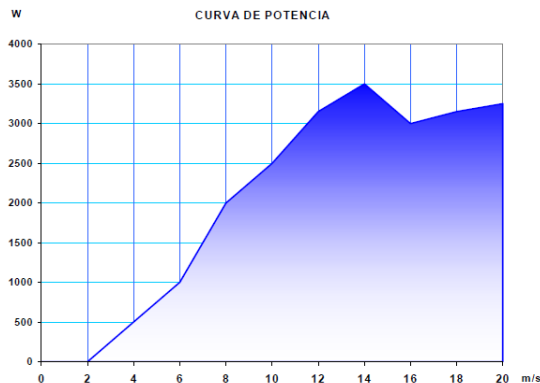
AEROGENERADOR 3000 neo



Los Aerogeneradores Inclín están concebidos para trabajar para trabajar en conjunto con las instalaciones solares. La combinación formada por una instalación mixta garantiza el suministro de energía en cualquier condición climatológica. Los aerogeneradores Inclín abarcan el campo de potencia entre 250 y 6000 W, siendo capaces de dar respuesta a cualquier necesidad energética básica.

DATOS TÉCNICOS

- **Nº de hélices:** 2
- **Diámetro (mts.):** 3,7
- **Material:** Fibra de vidrio y carbono
- **SISTEMA ELÉCTRICO**
 - **Tipo:** Generador trifásico de imanes permanentes.
 - **Imanes:** Neodimio
 - **Potencia nominal:** 3000W
 - **Voltaje:** 24v/48v
 - **Regulador:** Digital
- **FUNCIONAMIENTO**
 - **Para arranque (m/s):** 3,5
 - **Para potencia nominal (m/s):** 12
 - **Para frenado automático:** 14
 - **Peso Neto:** 125Kg
 - **Peso Bruto:** 150Kg
 - **Dimensiones Embalaje (cm):** 218 x 54 x 74



AEROGENERADOR 6000 neo



El nuevo Aerogenerador Inclín 6000, pasa a ser el mayor de la serie Inclín con una potencia nominal de 6000 W, equipado con rotor tripala, con sistema de frenado automático por inclinación y con alternador trifásico de imanes de neodimio.

- El Inclín 6000 es un equipo robusto, dedicado a todo tipo de usos, como repetidores de telecomunicaciones, y para todos aquellos lugares de pequeños consumos, como pueden ser refugios, viviendas, balizas de señalización, etc.
- El Inclín 6000 puede ser instalado sobre cualquier tipo de torre capaz de soportar una presión lateral de 750 Kg, y su mantenimiento se limita a una revisión anual de toda la tornillería, y del engrase de sus partes móviles.

DATOS TECNICOS

Nº DE HÉLICES: 3

DIÁMETRO (m): 4

MATERIAL: Fibra de vidrio / carbono

FUNCIONAMIENTO: VELOCIDAD DEL VIENTO

ARRANQUE: 3.5 m/s

POT. NOMINAL: 12m/s

FRENO AUTOMA: 14 m/s



ANEXO C
POTENCIAL NOMINAL Y CONSUMO (DE ELECTRODOMESTICOS EN UNA
VIVIENDA TIPICA)

POTENCIAL NOMINAL y CONSUMO (DE ELECTRODOMESTICOS EN UNA VIVIENDA TIPICA)

A continuación se presenta una tabla de Potencial nominal de algunos aparatos electrodomésticos utilizados en una vivienda, tanto rural como urbana. Los equipos aquí listados comúnmente operan con corriente alterna (CA) o con corriente continua (CC).

<i>Aparato de Corriente Alterna</i>	<i>Potencia Nominal en Vatios</i>
Licuada	290 - 380
Congelador de 15 pies	340 - 600
Freidora	1100 - 1250
Plancha	1000
Tostadora	1100 - 1250
Cafetera	850 - 1500
Aire Acondicionado	3000 - 4000
Radio	70 - 80
Televisor 19 pulgadas	100 - 180
Bombillas Eficientes	18
Bombillas incandescentes	60

<i>Aparatos de Corriente Continua</i>	<i>Potencia Nominal en Vatios</i>
Ventilador de techo	25
Refrigerador de 16 pies	65
Televisor 10 pulgadas	60
Radio/pasacintas	35
Licuada	80
Ventilador de 8 pulgadas	12 - 30
Bombillas	13

Tabla 01. Potencia nominal y consumo de electrodomésticos.

Fuente: (PINILLA, Álvaro. Manual de Aplicación de la Energía Eólica. Ministerio de Minas y Energía, Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA).

Para evaluar el consumo de energía de cada electrodoméstico se multiplica la potencia nominal por el número de horas de uso diario (o fracciones de hora). Para obtener el consumo total diario de energía se suman los consumos individuales de los aparatos. El consumo será expresado en vatio-hora o kilovatio-hora.

ANEXO D
REGISTRO FOTOGRÁFICO.

UBICACIÓN DE LA ESTACION



Foto 01. Estación Meteorológica Vantage-Pro



Foto 02. Vista de la estación sobre la chimenea a 10 metros de altura.



Foto 03. Vista panorámica de la casa y la estación sobre la chimenea.

ALMACENAMIENTO DE DATOS



Foto 04. Descarga de datos cada 15 días.



Foto 05. Ubicación del modem dentro de la casa.



Foto 06. MODEM Inalámbrico Almacenamiento de datos

