Julio 2009 • FGLONGATT/R-2009-005

Análisis estadístico de las variables climáticas en la ciudad de Maracay

Programa	Fuentes Alternas de Energía y Generación Distribuida
Acrónimo del proyecto	FAE y GD
Tipo (nivel de distribución)	Público con reservas
Fecha de Entrega	2009
Reporte Numero	Eolo 2-5
Estatus y Versión	Borrador, 1.00
Número de Páginas	41
Supervisor	Francisco M. González-Longatt
Autor	Alejandro J. Carantoña O.

fgLongatt.org.ve

Tabla de Contenido

Contenido **Pág.**

Tabla de Contenido 2
Índice de Figuras 4
Índice de Tablas 5
Introducción 6
Fuentes de datos climatológicos 7
Consideraciones de Escala de Tiempo para las mediciones de los parámetros Climáticos 7
Datos Obtenidos de la Estación Meteorológica 8
Métodos de Análisis 8
Análisis de las Mediciones 9
Precipitación 9
Temperatura 11
Presión Atmosférica 12
Viento 13
Velocidad del Viento 13
Dirección del Viento 14
Rosa de los Vientos 14
Análisis de la velocidad y dirección del viento en Maracay 15
Enero 2007 15
Febrero 2007 16
Marzo 2007 17
Abril 2007 19
Mayo 2007 20
Junio 2007 21
Julio 2007 22
Agosto 2007 23
Septiembre 2007 25
Octubre 2007 26
Noviembre 2007 27
Diciembre 2007 28
Anual 30
Calculo de la densidad del aire en Maracay 32
Calculo de la potencia disponible en el viento para la ciudad de Maracay 34
Resultados finales de los análisis ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Conclusiones 37

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Referencias Documentales.....38
Anexos 39

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la estación meteorológica de la base Gran Mariscal Sucre……8
Figura 2. Precipitación de Maracay en el 2007 medida en mm……...10
Figura 3. Temperatura ambiente (ºC) mensual a 10m de la superficie terrestre. Maracay……12
Figura 4. Presión atmosférica (Kpa) mensual y promedio anual en Maracay para el 2007……13
Figura 5. Representación de las posibles direcciones del viento……...14
Figura 6. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Enero de 2007……15
Figura 7. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Enero de 2007……16
Figura 8. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Febrero de 2007……..17
Figura 10. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Marzo de 2007……...17
Figura 9. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Febrero de 2007……18
Figura 11. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Marzo de 2007……..18
Figura 12. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Abril de 2007……19
Figura 13. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Abril de 2007……19
Figura 14. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Mayo de 2007……...20
Figura 15. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Mayo de 2007……...21
Figura 16. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Junio de 2007……...21
Figura 17. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Junio de 2007……..22
Figura 18. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Julio 2007……23
Figura 19. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Julio de 2007……23
Figura 20. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Agosto 2007……24
Figura 21. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Agosto de 2007……24
Figura 22. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Septiembre 2007……...25
Figura 23. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Septiembre de 2007……..25
Figura 24. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Octubre 2007……....26
Figura 25. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Octubre de 2007……...27
Figura 26. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Noviembre 2007……...27
Figura 27. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Noviembre 2007……...28
Figura 28. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Diciembre 2007……....29
Figura 29. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Diciembre de 2007……...29
Figura 30. Rosa de los Vientos para el 2007……29
Figura 31. Densidad de Probabilidad del año 2007 para Maracay……30
Figura 32. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Diciembre de 2007……31
Figura 33. Densidad de potencia disponible en W/m2 para la ciudad de Maracay en 2007……....35
Figura 34. Mapa de la ciudad de Maracay con las características climáticas para el año 200……....36

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

fglongatt.org.ve

Índice de Tablas

Tabla 1.Valores promedios de precipitación en la ciudad de Maracay en el 2007 [mm]……..…...9
Tabla 2. Clasificación de los climas según los niveles de precipitación……...10
Tabla 3. Temperatura Ambiental (°C) Mensual a 10m de la superficie Terrestre de Maracay…….....11
Tabla 4. Promedio Mensual de Presión Atmosférica (kPa) de Maracay año 2007……...13
Tabla 5. Conversión de unidades de la temperatura y presión atmosférica……...32
Tabla 6. Densidad del aire mensual y promedio anual para Maracay en el 2007……33
Tabla 7. Densidad de potencia existente en el viento de Maracay en el 2007……..34
Tabla A. Escala de Velocidades de Vientos……..39
Tabla B. Velocidades de Viento del 2007 medida de forma Diaria en [m/s]……40
Tabla C. Direcciones del Viento durante el 2007 mediadas de forma Diaria [Grados]……41

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Introducción

En este reporte de investigación se presenta un análisis estadístico descriptivo de las variables climáticas de Maracay, Estado Aragua, Venezuela. Esta ciudad se encuentra ubicada geográficamente en la parte norte de Venezuela, específicamente en 10.247º latitud norte y a 67.596º longitud oeste.

Entre los parámetros que se consideran se encuentra, la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica, la precipitación de lluvia y la temperatura ambiental. Para cada uno de estas variables se presentan los valores tabulados con los datos obtenidos gracias a estaciones climáticas, y además se ha incluido una serie de figuras para mostrar en forma grafica el comportamiento de las variables. Los registros de mediciones asociadas a las variables consideraras se realizaron en un intervalo de tiempo comprendido desde el año 2005 a 2007, se presentan comparaciones de los parámetros para cada año.

Adicionalmente en este reporte se muestra la rosa de los vientos para cada mes del año 2007 y de manera general, donde se refleja de manera clara, el comportamiento de los vientos de la zona. También se presenta el cálculo de la densidad del aire y de la densidad de potencia para la ciudad de Maracay. Se tomaron solo valores del año 2007 ya que es los registros disponibles más recientemente y por tanto la mejor para la realización de análisis y pronósticos.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Fuentes de datos climatológicos

La obtención de los datos climatológicos necesarios para definir las variables ambiéntales para el recurso eólico realizo gracias al apoyo del *Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana* (SMFAV) [1], cuya oficina central se encuentra en la avenida Bolívar Este, Edificio El Prado, Maracay - Estado Aragua, Venezuela.

Este servicio de meteorología cuenta con una red de estaciones climatológicas en ubicaciones tanto rural como metropolitana, principalmente en aeropuertos y bases militares. Entre las capacidades del servicio de meteorología de la aviación [1]:

1. Elaboración de pronóstico de tiempo a corto y mediano plazo.
2. Elaboración de pronósticos de ruta, área y aeródromo.
3. Suministro de información climatológica.
4. Elaboración de publicaciones climatológicas (Boletín Climatológico mensual y anual).
5. Elaboración del almanaque venezolano (Información de fase lunar, salida y puesta del sol, promedios climatológicos, eclipses, etc.).
6. Elaboración del boletín Agroclimatológico.
7. Elaboración de trabajos de investigación climatológica.

Adicionalmente estas estaciones están dotadas con dispositivos para colectar datos de: temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, humedad, precipitación, presión atmosférica, insolación y otras variables climáticas de interés [2], los cuales de manera automatizada a través de equipos electrónico envían los datos recolectados por medio de cableado a la estación central para su utilización posterior.

Consideraciones de Escala de Tiempo para las mediciones de los parámetros Climáticos

Varias escalas de tiempo son usadas en la evaluación del recurso eólico: anual, estacional, mensual, diario y horario. Los valores medios anuales están basados en el promedio de observaciones horarias de la velocidad del viento en el período registrado. Sin embrago, datos de un calendario completo (cubriendo desde 1 de enero hasta el 31 de diciembre) es usado para calcular las medias individuales anualmente [2].

En el caso particular de Venezuela, no existen cuatro estaciones climáticas. Sin embargo, dos pseudosestaciones son evidentes, una estación *lluviosa* (Mayo a Octubre) y otra de *verano o estación seca* (Noviembre a Abril). Estas dos estaciones son definidas por dos períodos de seis meses cada uno [2].

La frase estacional se refiere al cambio de los valores medios mensuales sobre el período de dos estaciones. Los valores promedios mensuales están basados en tantos datos horarios como sea disponibles para los meses de cada año del período registrado [2].

La escala usada en las mediciones se tomaron se forma diaria para las velocidades de viento, y posteriormente calculando los valores promedios para cada mes y año correspondiente. Mientras que para las variables de humedad, temperatura, precipitación y presión atmosférica se tomaron valores mensuales y se calculo su promedio anual.

Cabe destacar que se aprovecho el hecho de que los datos suministrados de manera digital por el SMFAV fueron hojas de cálculo el programa Microsoft® Excel™, y se utilizó el mismo para calcular los respectivos valores promedios.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Datos Obtenidos de la Estación Meteorológica

La estación meteorológica de donde se obtuvieron los diferentes los datos climáticos se encuentra ubicada en la Base Aérea Gran Mariscal Antonio José de Sucre (Longitud 10º 1 Latitud 67º 5), exactamente a unos 800m al sur de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada (UNEFA).

Figura 1. Ubicación de la estación meteorológica de la base Gran Mariscal Sucre.

Dicha estación meteorológica es automatizada marca *campbell scientifics ltd*, modelo CR 10x. El período de registro de los datos por el fue de un año con una frecuencia de toma de datos de 1 hora a una altura de 10 m sobre la superficie terrestre. Los parámetros climáticos medidos por esta estación son: velocidad de viento, presión atmosférica, dirección del viento, humedad, precipitación y temperatura.

Método de análisis

Inicialmente se tomo los datos aportados por el SMFAV correspondientes a series de tiempo de las variables: velocidad y dirección del viento, niveles de precipitación, temperatura y presión atmosférica. Los registros corresponden a mediciones diarias, correspondientes a los 365 días del año 2007.

Para el procesamiento de la data se tomo en consideración que los registros fueron aportados por SMFAV en formato Excel™ y se uso el software Matlab®, para la representación grafica del comportamiento de los parámetros antes mencionados. Esto gracias a que este software permite insertar los datos que se tienen en formato Excel y asignarle una variable para cada parámetro, posteriormente con el empleo del comando para graficar *plot*(*x*,*y*) (siendo *x*, *y* los valores de los parámetros climáticos), se obtiene las graficas deseadas. Además también se utilizó Matlab para generar la rosa de los vientos.

Igualmente se utilizo un concepto de densidad de probabilidad llamado *Distribución de Weibull*, el cual permite establecer las características de los regímenes de viento, ésta varía dependiendo del lugar donde se esté realizando el estudio, ya que las condiciones climáticas no son las mismas en todas partes del mundo. Por lo tanto la Distribución de Weibull puede variar tanto en la forma como en el valor medio [3], [4].

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Además de lo antes mencionado, se realizo un tratamiento estadísticos de los datos pertinentes a cada variable climática (precipitación, temperatura, presión, viento). Dicho tratamiento consistió en la aplicación de distintos criterios y conceptos estadísticos para de esta manera reforzar los distintos análisis y fiabilidad de las mediciones. Los conceptos utilizados fueron [5]:

- *Desviación Estándar*: la desviación estándar esta íntimamente relacionada con un concepto llamado varianza, la cual, es el cuadrado de las desviaciones de las mediciones con respecto a su media, es decir, que a mayor varianza de un conjunto de mediciones, corresponde a una mayor variación dentro del conjunto; por ende se tiene que la desviación es la raíz cuadrada positiva de la varianza, entonces se tiene que dicho estudio puede utilizarse para dar una idea bastante exacta de la variación de los datos de un solo conjunto de mediciones.

- *Moda:* es el valor que cuenta con una mayor frecuencia en una distribución de datos, es decir, el número más repetido.

- *Mediana*: es el valor de la variable que deja el mismo número de datos antes y después que él, una vez ordenados estos, es decir, el conjunto de datos menores o iguales que la mediana representarán el 50% de los datos, y los que sean mayores que la mediana representarán el otro 50% del total de datos de la muestra.

Análisis de las Mediciones

Precipitación

La precipitación es cualquier forma de agua que cae del cielo y llega a la superficie terrestre [6]. Esto incluye granizo, llovizna, nieve y granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto terrestre se llama *pluviosidad*.

Tabla 1.Valores promedios de precipitación en la ciudad de Maracay en el 2007 [mm] [1].

Mes	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*	*Prom*
Precip.	26.0	0.2	32.9	30.6	98.8	127.3	89.6	241.3	90.6	146.0	8.4	2.1	74.51

La Tabla 1 presenta los valores promedios mensuales de precipitación en la ciudad de Maracay para el 2007, así como también el promedio anual el cual fue de 74.51mm. Si se presta atención a los valores de la Tabla 1 se aprecia que desde el mes de Mayo hasta Octubre se presentan valores de precipitación por encima del promedio anual. Adicionalmente el máximo valor de precipitación fue de 241.3 mm en el mes de Agosto, mientras que el menor fue de 0.2 mm para el mes de Febrero.

Utilizando los datos de la Tabla 1, es posible mostrar en la Figura 5, los niveles de precipitación en la ciudad de Maracay para el año 2007, cabe destacar que la precipitación equivale a un litro de agua por metro cuadrado.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

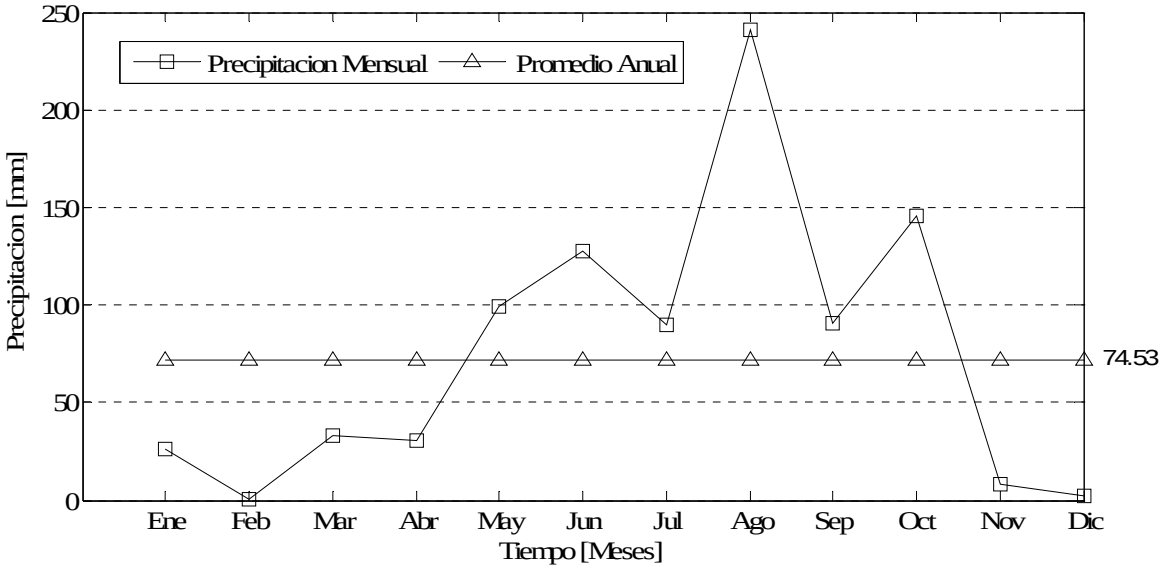


Figura 2. Precipitación de Maracay en el 2007 medida en mm.

La Figura 2 muestra que los meses desde Mayo hasta Octubre fueron donde se registraron mayores niveles de precipitación, este periodo de tiempo es lo que se conoce como estación *lluviosa.* Mientras que en los meses restantes de Noviembre hasta Abril, se registraron los menores niveles de precipitaron, estos meses son los correspondientes a la estación *seca*.

Aplicando los conceptos estadísticos antes mencionados se tiene que la precipitación presenta una desviación estándar de 72.5 mm lo que representa una variación de ± 97.3% respecto al promedio anual. Este valor tan elevado se debe a la gran variación existente en el promedio mensual de la precipitación durante todo el año es de 241.2 mm, lo que implica una diferencia bastante considerable. Esto confirma lo antes mencionado referente a que en Venezuela no existen cuatro estaciones sino dos grandes eventos estacionales.

Adicionalmente se tiene que la mediana es de 61.25 mm, esto significa que esta cantidad es el valor céntrico de las mediciones realizadas, además que en para este parámetro climático no existe una moda, ya que es muy poco probable que el promedio de lluvia que ocurre en un mes vuelva a repetirse en los meses posteriores.

De la Tabla 1 se tiene que el promedio anual de precipitación fue de 74.71 mm de agua. Ahora bien, teniendo en cuenta este valor y la Tabla 2 donde se muestran los diferentes tipos de climas de acuerdo a los niveles de precipitación, se determina que la ciudad de Maracay, esta clasificada como de clima *Desértico costero*.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Tabla 2. Clasificación de los climas según los niveles de precipitación [6]

Tipo de Clima	*Niveles de Precipitación*
Ecuatorial	Las precipitaciones anuales sobrepasan los 1.500 mm e incluso, en algunas áreas, los 3.000 milímetros. La duración del día y de la noche es muy similar.
Tropical	Las precipitaciones oscilan entre los 400 y los 1.000 mm anuales.
Desértico	*Desértico cálido:* precipitaciones inferiores a los 200 mm. *Desértico costero:* precipitaciones insignificantes, por debajo de los 100 mm anuales.
Templado	*Mediterráneo:* El promedio de precipitaciones se sitúa entre los 400 y los 700 mm. *Chino*: El promedio de precipitaciones sobrepasa los 1.000 mm. *Oceánico:* unas precipitaciones importantes (1.000-2.000 mm) y bien distribuidas a lo largo del año, aunque el máximo se sitúa en la estación invernal.
Polar	Precipitaciones insignificantes que se producen en forma de nieve.
De Alta Montaña	Más abundantes en verano que en invierno, superan los 1.000 mm anuales.

Cuando se efectúa la planificación de una instalación de tipo eólica es de importancia de conocer los valores de precipitación en la ubicación, ya que la teoría indica que durante la temporada de lluvias las velocidades de los vientos tienden generalmente a aumentar.

Temperatura

La temperatura es un factor climático importante que se debe tener en cuenta a la hora de un estudio de recurso eólico, ya que al igual que la presión modifican el contenido energético del aire. Es por ello que a continuación se presenta los resultados obtenidos en la ciudad de Maracay (Latitud 10.247º N, Longitud 67.596º W).

Tabla 3. Temperatura Ambiental (°C) Mensual a 10m de la superficie Terrestre. Maracay [1]

Mes	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*	*Prom*
Temp.	24.5	25.9	28.0	26.7	26.8	25.7	24.5	24.9	25.6	25.9	24.9	23.7	25.59

La Tabla 3 presenta los valores de promedios mensuales de temperatura en la ciudad de Maracay para el 2007, así como el promedio anual el cual fue de 25.59ºC. También es posible notar que el mayor valor de temperatura fue de 28ºC en el mes de Marzo, mientras que la menor ocurrió en el mes de Diciembre con 23.7ºC.

La Figura 3 presenta una grafica de los promedios de temperatura para cada mes junto con el promedio anual. Así mismo puede observarse que existen siete meses (Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Septiembre y Octubre) en los cuales la temperatura se encuentra por encima del promedio anual, además la variación existente del promedio mensual durante todo el año es de 4.3ºC.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

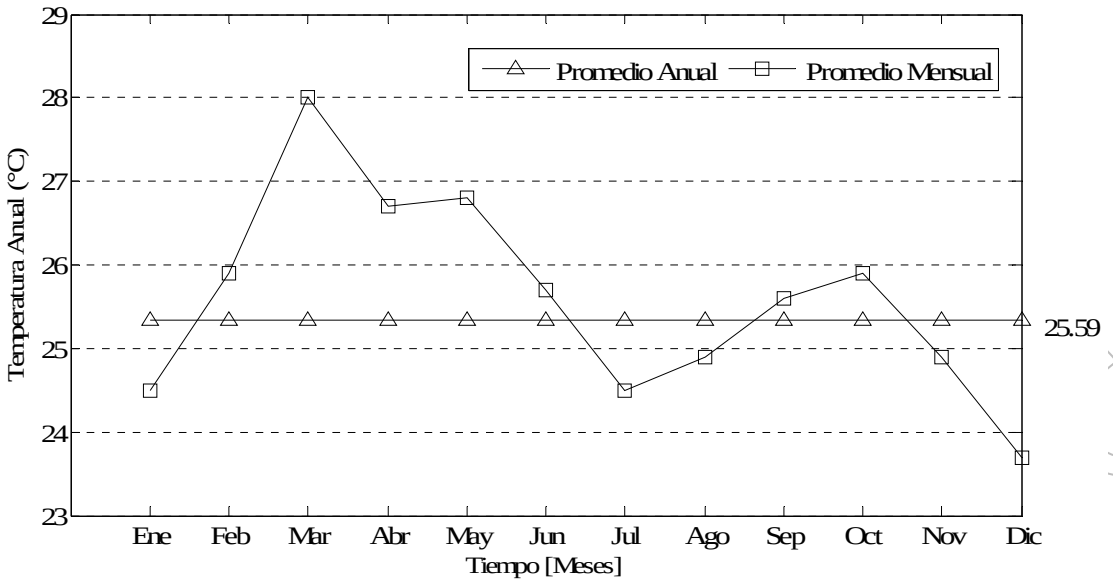


Figura 3. Temperatura ambiente (ºC) mensual a 10m de la superficie terrestre. Maracay

Cabe destacar que los análisis y comentarios están basados en las mediciones mas recientes para así lograr un criterio lo más cercano posible a la realidad.

Ahora bien la desviación estándar de la temperatura fue de ± 1.19ºC lo que equivale a un 4.65% respecto al promedio anual, esto que indica que a lo largo de todo el año los valores de temperatura son poco variables. Mientras que el valor de mayor ocurrencia mejor conocido como moda fue de 24.5ºC y la mediana de 25.65ºC, es importante resaltar que este es el valor céntrico de las mediciones obtenidas además de que los valores por encima o por debajo de éste representa el 50% de las mediciones totales.

Presión Atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el peso del aire sobre cada unidad de superficie terrestre [7]. La presión atmosférica ejerce sobre cada cuerpo, sobre cada objeto, sobre cada superficie, una presión que depende del peso del aire que hay encima. Esta columna no es igual de larga si el cuerpo se encuentra a nivel del mar, o en la cima de una montaña. Cuanto más alto este un cuerpo, menor será la columna de aire encima de este y por consiguiente mayor será la presión atmosférica, y viceversa [7].

Al igual que con la temperatura y precipitación, la mediciones de temperatura fueron realizadas con una frecuencia de medición horario, pero para este análisis se tomaron los promedios mensuales además del anual.

También es importante resaltar el hecho de que se considera la presión atmosférica como uno de los parámetros climáticos a estudiar, ya que esta influye de manera directa, al igual que la temperatura, en el valor de la densidad del aire y por tanto en el contenido energético del mismo como se verá en lo sucesivo.

La Tabla 4 presenta los valores de presión atmosféricas obtenidos para Maracay en el año 2007, donde se aprecia que el pro medio anual fue de 98.71 Kpa, además de que el máximo valor de presión fue de 98.81 Kpa en los meses de Enero, Junio y Julio, mientras que el menor valor fue de 98.61 Kpa en el mes de Noviembre.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Tabla 4. Promedio Mensual de Presión Atmosférica (kPa) de Maracay año 2007 [1]

Meses	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*	*Prom.*
Presión	98.81	98.72	98.71	98.61	98.71	98.81	98.81	98.8	98.7	98.62	98.61	98.71	98.718

Utilizando los datos de la Tabla 4 se tiene la Figura 4, en donde se observan los meses con mayor presión atmosférica lo conforman Enero, Junio, Julio y Diciembre, los demás se mantienen cercanos al valor promedio anual, pero por debajo de este, aunque los valores de la presión son relativamente constantes.

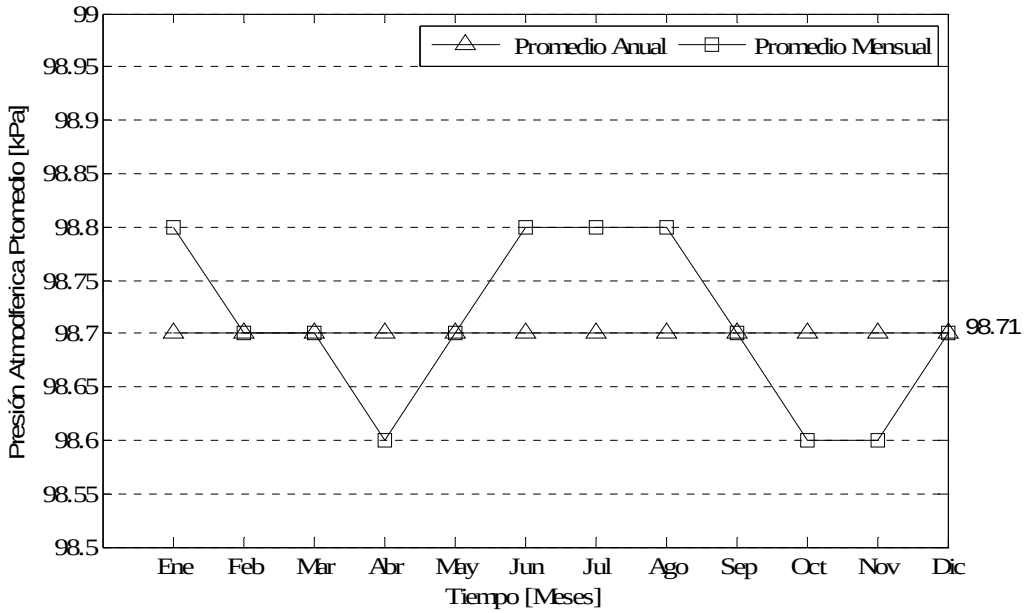


Figura 4. Presión atmosférica (Kpa) mensual y promedio anual en Maracay para el 2007.

También se tiene que para la presión atmosférica la desviación estándar fue de ± 0.077 Kpa este valor representa el 0.078% con respecto al promedio anual, lo que quiere decir que durante todo el año las variaciones de presión son muy poco frecuentes. Por su parte el valor de mayor ocurrencia fue de 98.81Kpa el cual se encuentra por encima del promedio. Mientras que el cálculo de la mediana fue de 98.71 Kpa, siendo este el mismo valor promedio.

Viento

Una de las características del viento es que la velocidad en cualquier momento no puede ser estimado basado en su velocidad en un momento anterior; lo que indica, que el viento sigue básicamente un parámetro aleatorio de un momento al próximo. Sin embargo, mediciones sobre un período de tiempo muy largo, permite que la tendencia de vientos muestre una distribución de frecuencia generalmente predecible [2].

Para la evaluación de la energía contenida en el viento es necesario ponderar dos variables: magnitud y dirección del viento [2].

Velocidad del Viento

Para ponderar la velocidad del viento, se toma el promedio mensual de la velocidad del viento para un mes dado. Los valores de localidad del viento son inicialmente ponderados para el caso de una altura de 10m sobre la superficie del terreno. Cada valor promediado mensual es evaluado como el promedio numérico de valores de cada 1 hora para un mes dado [1].

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Dirección del Viento

Es de gran importancia, para el estudio del recurso eólico, conocer también la dirección en que proviene el viento, para ello se utiliza lo que se denomina la rosa de los vientos, el cual es un diagrama que especifica la dirección así como el contenido energético del aire.

Si se observa la Figura 5, puede apreciarse más claramente la idea mencionada, ya que muestra las diferentes direcciones que puede tomar el viento, además de que las direcciones de NNE(Nor Noreste), ENE (Este Noreste), ESE (Este Sudeste), SSE (Sur Sudeste), SSW (Sur Sudoeste), WSW (Oeste Sudoeste), WNW (Oeste Noreste) y NNW(Nor Noreste) se conocen como direcciones secundarias [8].

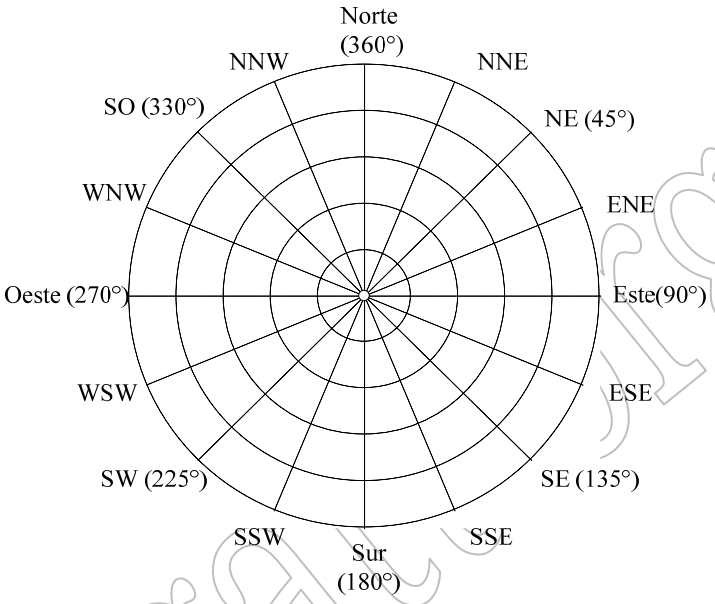


Figura 5. Representación de las posibles direcciones del viento.

Igualmente la Figura 5 puede usarse con valores en grados centígrados, siendo 0° asociado con el norte, 90|° con el este, 180° con el sur, 270° con el oeste y al llegar a 360° que estará cercano al norte se repite el ciclo nuevamente. Además los valores intermedios como 45°,135°, 225° y 330° son asociados a las direcciones Noreste, Sureste, Suroeste y Noroeste respectivamente.

Rosa de los Vientos

Debe tenerse en cuenta que los fuertes vientos suelen venir de una dirección determinada. Para mostrar la información sobre las distribuciones de velocidades del viento y la frecuencia de variación de las direcciones del viento, puede dibujarse la llamada *rosa de los vientos* basándose en observaciones meteorológicas de las velocidades y direcciones del viento [9].

Las rosas de los vientos de las áreas vecinas son a menudo similares, por lo que en la práctica la interpolación (hallando una media) de las rosas de los vientos de las áreas circundantes puede dar resultados seguros. Pero si el terreno es complejo, por ejemplo en montañas y valles que recorren diferentes direcciones, o litorales orientados en direcciones diferentes, no es seguro en general adoptar este tipo de suposiciones [9].

Tal como se mencionó anteriormente para la realización de la rosa de los vientos, fue necesario contar con los datos de direcciones de viento, Velocidades, año, mes y día de la medición, aportados por el servicio de meteorología de la fuerza aérea venezolana.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Análisis de la velocidad y dirección del viento en Maracay

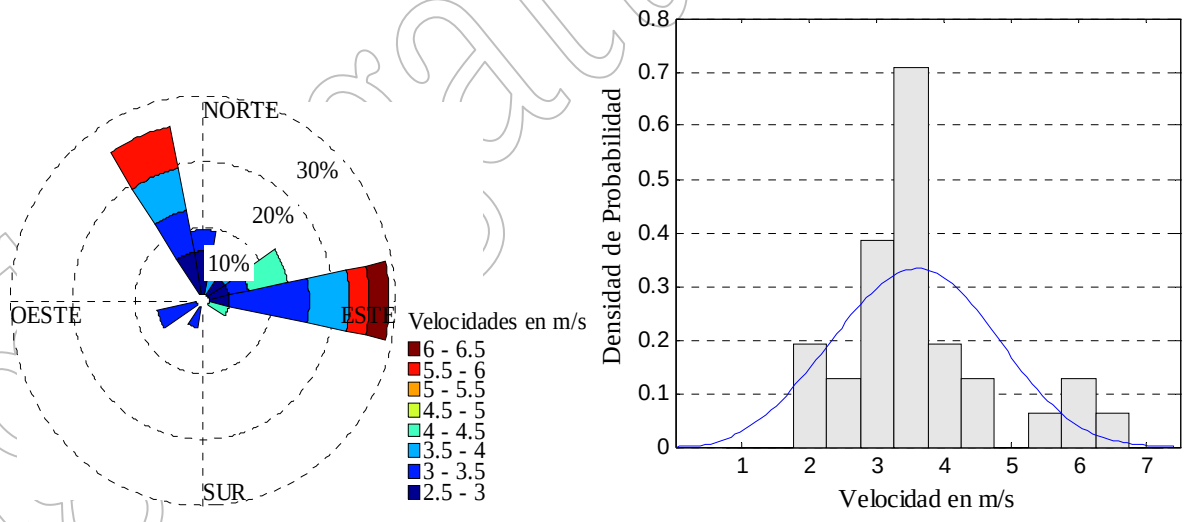
A continuación se presentan la rosa de vientos y la distribución de la frecuencia del viento anual de Maracay para todos los meses el año 2007. Hay que tener en cuenta que los valores de velocidad del viento fueron medidos de forma diaria, por tanto se tendrá una rosa de viento y una grafica de distribución de frecuencia para cada mes, además del comportamiento general del viento durante el mes analizado comparado con el promedio anual.

Enero 2007

En la Figura 6 (a) se presenta la rosa de viento para el mes de Enero de 2007. En ella se muestra que las direcciones de viento predominantes son E con un porcentaje de ocurrencia de 29% aproximadamente, y NNW con una ocurrencia de 25%. La ocurrencia se refiere al porcentaje de tiempo durante el cual los vientos de cualquier velocidad provienen de la dirección mencionada.

Estas direcciones generan una circulación de viento del Este hacia el Oeste y del NNW hacia el SSE, utilizando la nomenclatura descrita anteriormente. Además para ambas direcciones se observa que las velocidades desde 2.5 m/s hasta 4 m/s son las más comunes. Existen también otras direcciones que aportan cierta cantidad de viento pero en menor porcentaje como son. ENE con 14% de ocurrencia, N con 10% y WSW con tan solo 5%, estas direcciones no inciden de gran forma en el análisis.

También puede apreciarse en la Figura 6 (b) la distribución de la frecuencia del viento, también conocida como Weibull, donde para este mes se tiene que las velocidades dominantes están comprendidas entre 3 - 3.5 m/s con un 70% de frecuencia, seguido por 20% de los intervalos de 2-2.5 m/s y 4-4.5 m/s, y por ultimo el intervalo de 5.5 – 6.5 m/s con 10% de frecuencia durante todo el mes. Es importante aclarar que la distribución de frecuencia usada, indica cuales son las velocidades de viento más comunes o dominantes durante el mes estudiado.



(a) **(b)**

Figura 6. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Enero de 2007.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

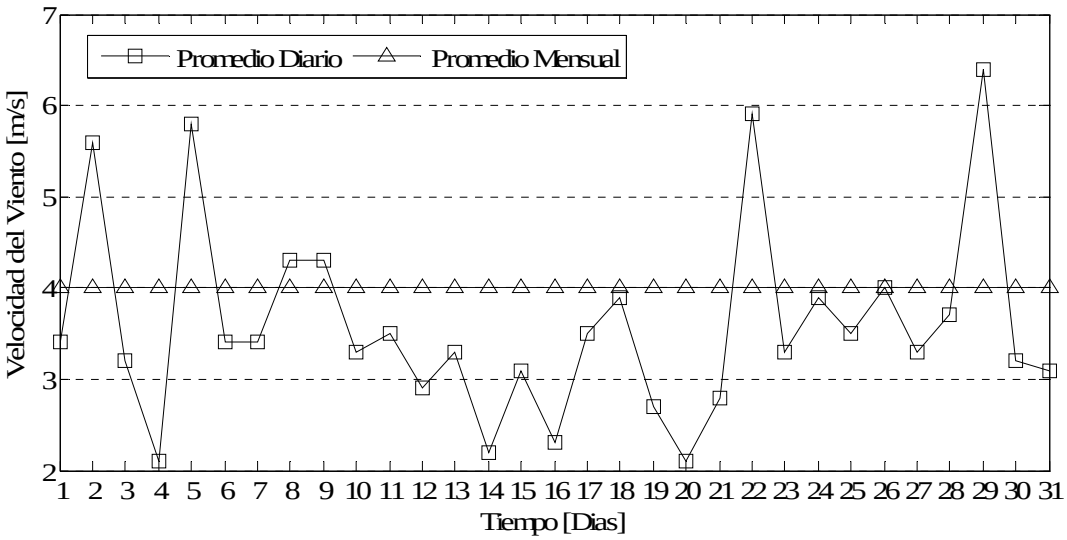


Figura 7. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Enero de 2007.

La Figura 7 presenta el comportamiento del viento diariamente durante el mes de Enero, así como su promedio mensual. La desviación estándar del viento durante este mes fue de 1.077 m/s lo que representa ± 26.93% respecto al promedio mensual de 4 m/s. Este valor de desviación es elevado, lo que significa que existe una diferencia considerable entre las mediciones obtenidas, reflejando así la variabilidad de las velocidades de viento durante es te mes.

Entre las características que se destacan del comportamiento del viento durante este mes, esta el hecho de que tan solo seis (6) días de los treinta y uno (31) del mes, poseen velocidades por encima del promedio. Adicionalmente se tiene que el máximo valor de velocidad registrado fue de 6.40 m/s, mientras que el mínimo fue 2.10 m/s obteniéndose una variación máxima de 4.3 m/s.

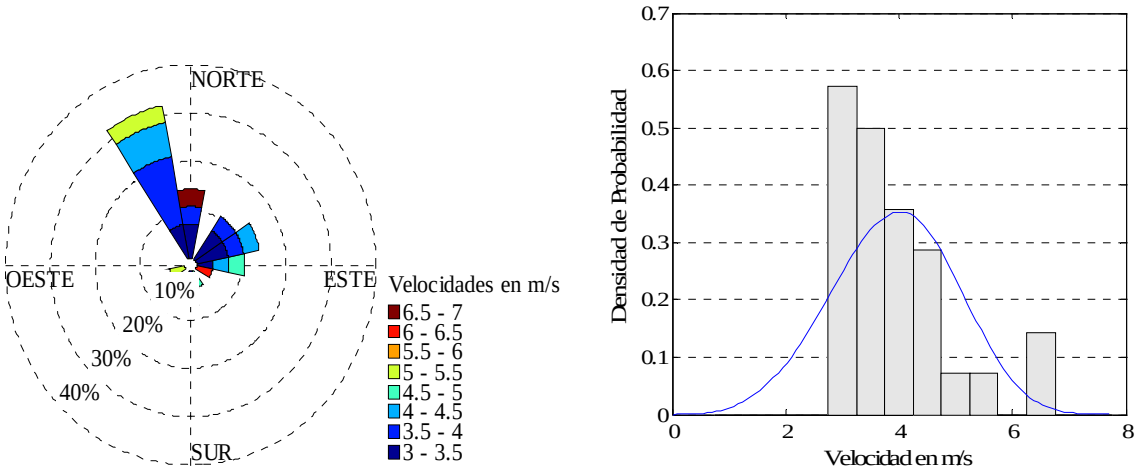
Por otra parte la moda o valor de velocidad de viento de mayor ocurrencia fue 3.3 m/s, dicho valor es el mismo para la mediana, esto quiere decir que cualquier valor superior o inferior a éste representa el 50% de todas las mediciones mensuales.

Febrero 2007

Observando la Figura 8 (a), se tiene que a pesar de que existe viento proveniente del Norte, Este y NE, con un 17% ,15% y 10% del tiempo, la dirección dominante de donde proviene la mayoría del viento es NNW, dicha dirección ocurre durante el 31% del tiempo total del mes. Así mismo en este porcentaje existen distintos intervalos de velocidad, es decir, que del 31% se divide en 22% para velocidades comprendidas entre 3 – 4 m/s, 7% con velocidades entre 4 – 4.5 m/s y 2% con velocidades entre 5- 5.5 m/s

A diferencia del mes de Enero donde se presenta un rango de velocidades dominantes, para el mes de Febrero se tiene que los intervalos de 2.1-3.6 m/s y de 3.6 – 5.7 m/s son los de mayor frecuencia con un 46.4% de ocurrencia cada uno. Esto podría verse como un solo gran intervalo que posee 92.8% de frecuencia comprendido de 2.1 a 5.7 m/s. Mientras que el rango de 5.7 – 8.8 m/s ocupa el 7.1% de frecuencia.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve



(a) **(b)**

Figura 8. a) Rosa de los Vientos, b) Weibul; Febrero de 2007.

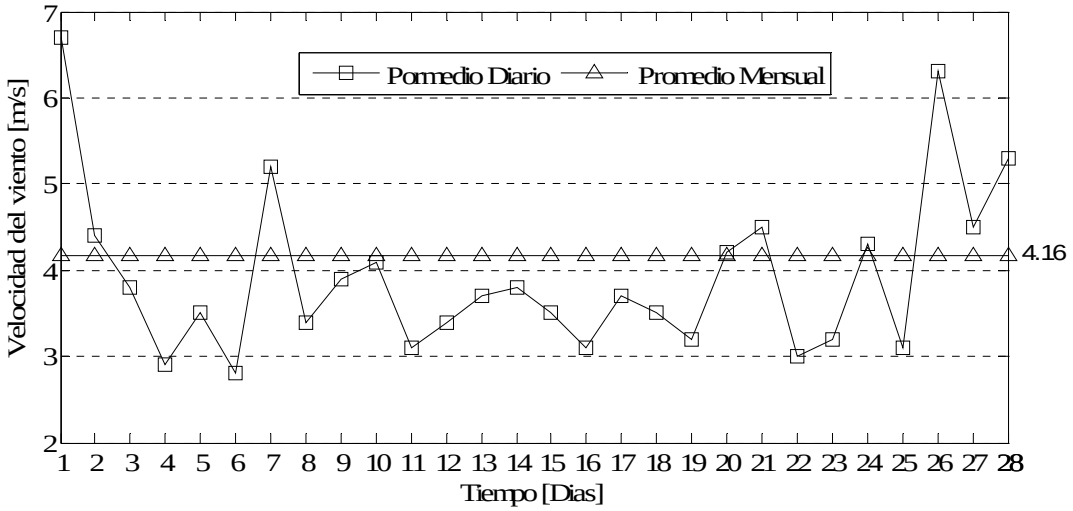


Figura 9. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Febrero de 2007.

El comportamiento de la velocidad viento durante Febrero se presenta en la Figura 9, donde se aprecia también el promedio mensual que fue de 4.16 m/s, con una velocidad máxima de 6.7 m/s y mínima de 2.8 m/s.

También se tiene que la desviación estándar fue de 0.971 m/s, lo que se traducen ± 23.34% con respecto al promedio mensual. Así mismo se obtuvo un valor de 3.7 m/s para la mediana y una moda de 3.5 m/s. En este caso puede apreciarse que el valor de mediana y moda siempre son iguales, aunque si valores muy cercanos.

Marzo 2007

El mes de Marzo se presentan ciertas particularidades en lo referente a las direcciones de los vientos, ya que, al observarse la rosa de viento para este mes mostrada en la Figura 10 (a), se aprecia que los vientos provienen en gran porcentaje de varias direcciones. A pesar de esto se tiene que la dirección de viento dominante es NNW con un porcentaje de duración del 29% el tiempo total durante el mes. Además de que en esta dirección se obtienen velocidades de 2.5m/s hasta 5.5 m/s.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Sin embargo aunque es claro que la mayoría del viento proviene de NNW, también hay que resaltar que existen 3 direcciones del las cuales provienen una gran cantidad de viento como son, ESE, SE y WSW con el 15%, 19% y 16% de duración en el mes respectivamente.

La Figura 10 (b) muestra la distribución de frecuencia del viento de Marzo, donde se tiene que las velocidades comprendidas entre 3- 3.5 m/s son las comunes con 64% de frecuencia, seguidas por el intervalo de 4- 4.5 m/s el cual posee 34% de frecuencia en el mes.

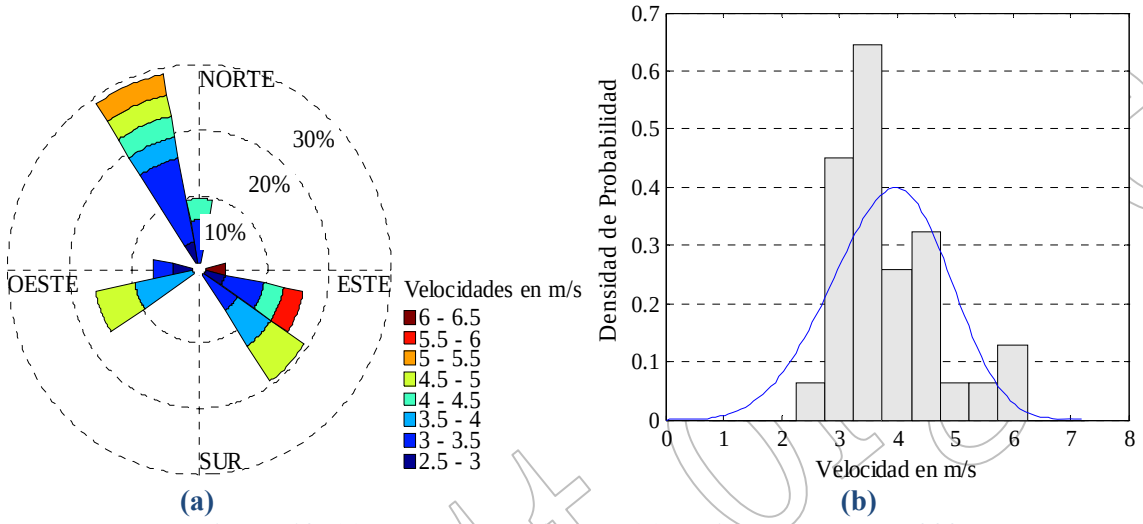


Figura 10. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Marzo de 2007.

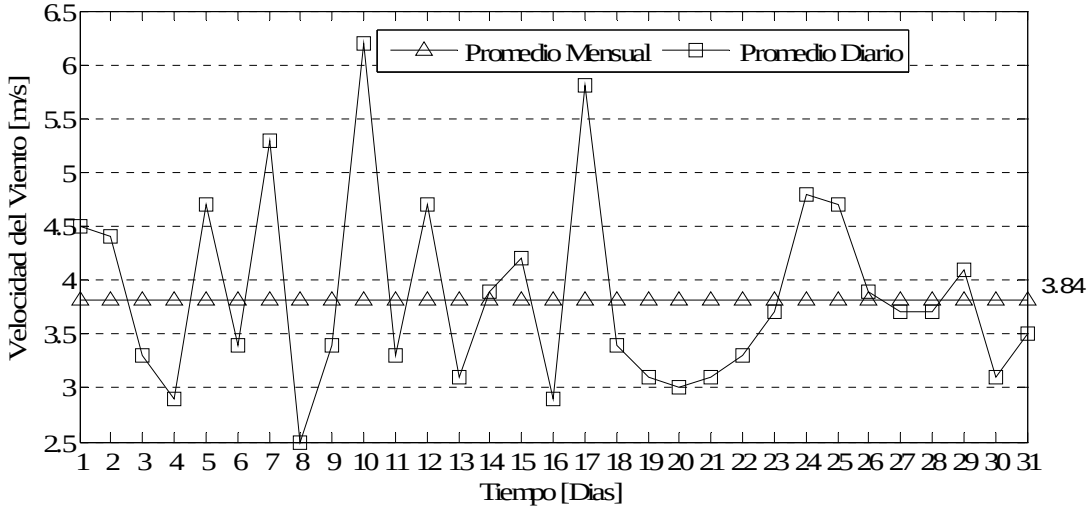


Figura 11. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Marzo de 2007.

En la Figura 11 se tienen como fue el comportamiento del viento para este mes, donde se aprecia que el promedio mensual fue de 3.84 m/s, dicho valor es menor en comparación con los meses anteriores. La velocidad máxima para este mes fue de 6.2 m/s mientras que la minina fue de 2.5 m/s, obteniéndose una variación máxima de 3.7 m/s. Del 100% de los valores el 38.79% supera el promedio mensual, es decir, que existen doce (12) valores de velocidad de los treinta y uno (31) medidos que se encuentran por encima de promedio.

Adicionalmente se tiene que la desviación estándar en este mes fue de ± 0.089 m/s, lo que equivale al 23.15% respecto al promedio mensual. Un valor de desviación pequeño significa que los valores medidos en

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

el mes no son muy distantes los unos de los otros. De igual forma la mediana fue de 3.7 m/s al igual que en el mes de Febrero, mientras que el valor de velocidad de mayor ocurrencia fue de 3.1 m/s y este se encuentra por debajo del promedio mensual.

Abril 2007

Para la Figura 12 (a) se presenta la rosa de viento del mes de Abril en donde puede apreciarse que la dirección dominante del viento sin duda alguna es SW, ya que posee 43% de ocurrencia del tiempo total en el mes. Además genera una circulación de viento de SW-NE diferenciándose así de los meses anteriores donde la circulación era en su mayoría NNW-SSE. También puede apreciase que para esta dirección se obtienen velocidades desde 3 m/s hasta 5m/s, donde el intervalo de 3- 3.5 es el dominante con 10% del porcentaje total perteneciente a esta dirección.

Aunque en menor proporción también existe viento proveniente del S, con 18% del tiempo total de ocurrencia durante el mes y velocidades variantes entre 3.5– 4 m/s y del E con 11%. Ahora bien, observando la Figura 12 (b) se tienen la velocidades de mayor ocurrencia durante este mes son las comprendidas en el intervalo de 3 -4.5 m/s con el 55.71%.

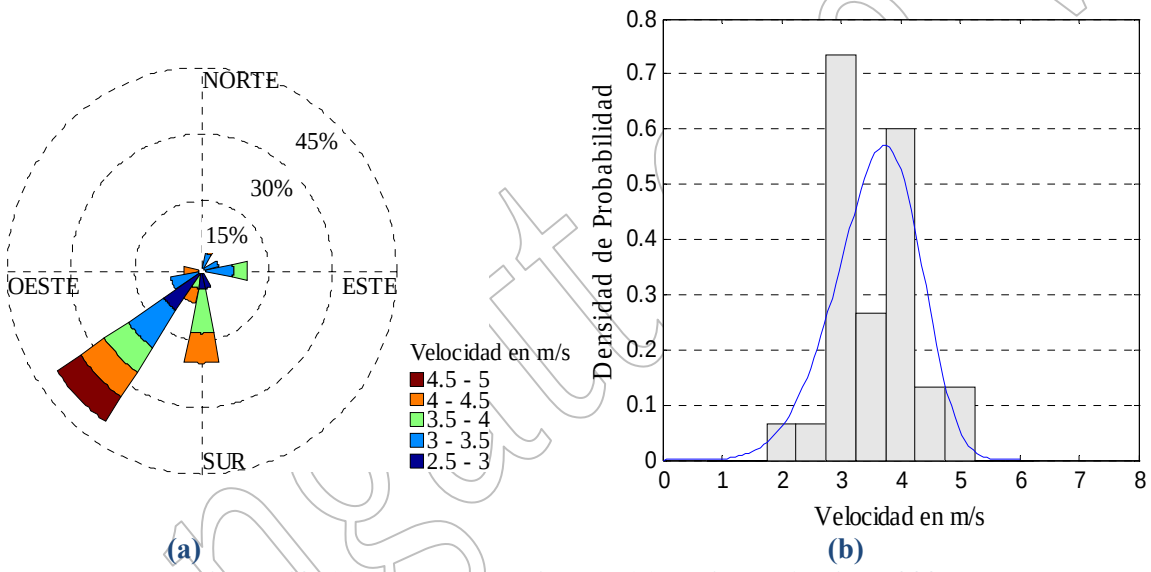


Figura 12. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Abril de 2007.

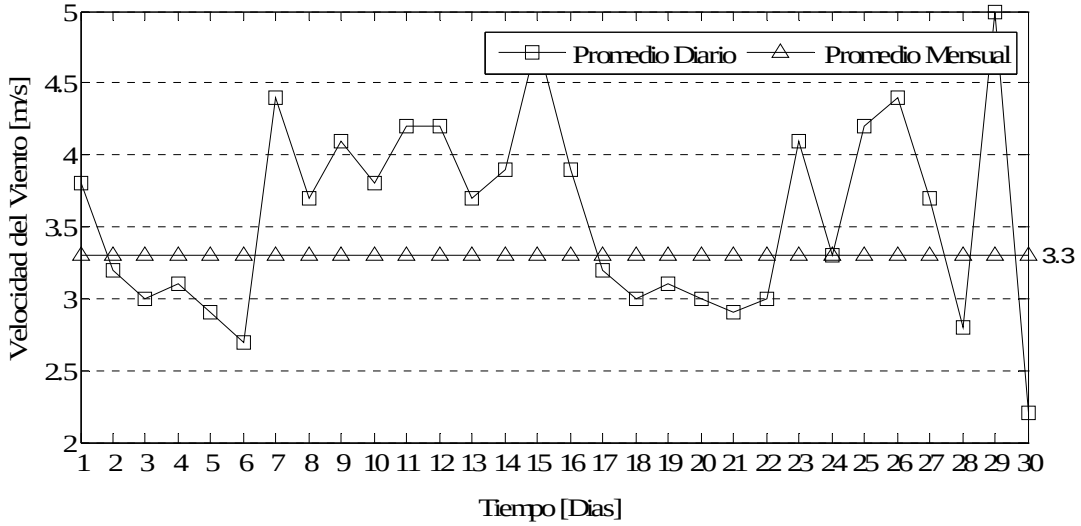


Figura 13. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Abril de 2007.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Si se observa la Figura 13 se aprecia que el promedio de velocidad fue de 3.3 m/s, así como valores máximo y mínimo de 2.2 m/s y 5 m/s obteniéndose una variación máxima de 2.8 m/s. Una característica resaltante es que el 53.33% de las mediciones se encuentran por encima del promedio mensual.

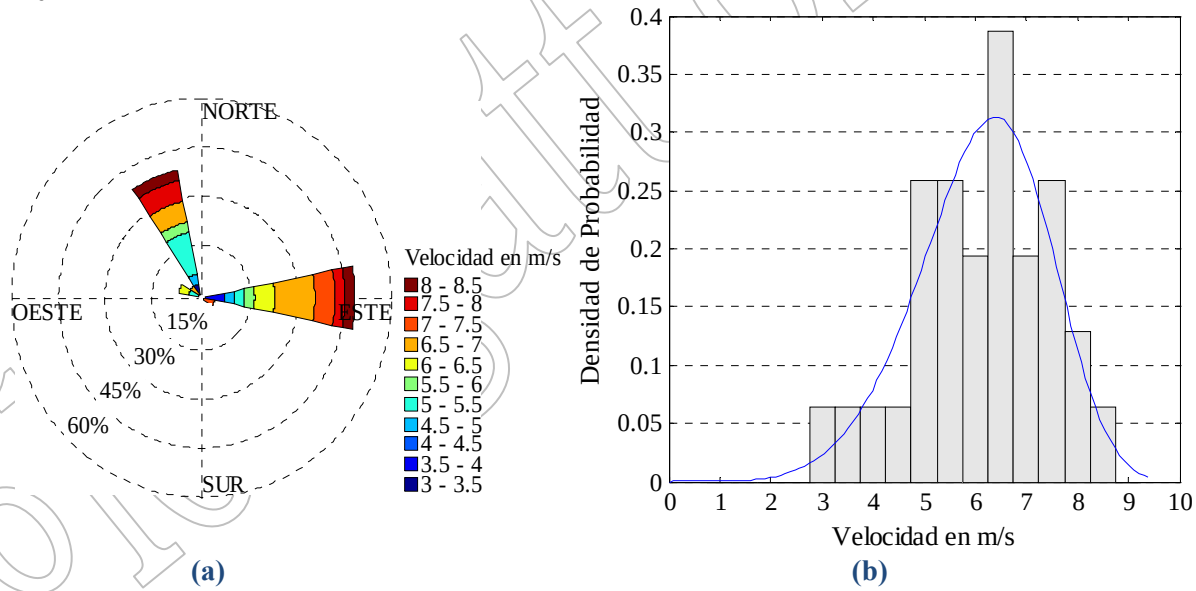
La desviación estándar obtenida en es mes fue de ± 0.68 m/s lo que equivale a 20.61% del promedio mensual, mientras quela moda fue de 3 m/s, tal y como lo confirma la Figura 12 (b) donde se aprecia que dicho valor tiene el 70% de ocurrencia. Por su parte la mediana obtenida fue de 3.7 m/s, teniendo la particularidad de que este valor esta por encima del promedio.

Mayo 2007

En la Figura 14 (a) se observa la rosa de viento del mes de Mayo, donde se aprecia que existen dos direcciones dominantes de donde proviene la mayoría del viento E con el 47% de ocurrencia y WNW con 40% de ocurrencia del tiempo total de todo el mes.

Además es posible notar que en estas direcciones se exhiben las diferentes velocidades existentes en un rango muy variable, el cual va desde los 3.5m/s hasta los 8.5 m/s. Para la dirección E el rango de viento mas amplio fue el que comprende las velocidades entre 6.5- 7 m/s, mientras que para la dirección WNW el intervalo de ocurrencia mas amplio fue el de 5- 5.5 m/s.

De igual forma en la Figura 14 (b) se muestra que las velocidades mas frecuentes están comprendidas entre 5 – 7.5 m/s ya que poseen el 33% de ocurrencia durante el mes. Ahora si se compara este mismo rango con el de los meses anteriores es posible destacar que son totalmente opuestos, es decir, para los meses anteriores éste rango de velocidades es el que posee el menor porcentaje de ocurrencia. y en la Figura 14 (b) es el de mayor ocurrencia.



(a) **(b)**

Figura 14. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Mayo de 2007.

El promedio mensual para este mes fue de 5.2 m/s, tal y como se muestra en la Figura 15, además de que la máxima velocidad lograda fue de 8.4 m/s y la minina de 3 m/s. Estos valores convierten a Mayo en el mes con los mayores registros de viento durante el 2007, ya que posee el promedio mensual, el valor máximo y el rango de valores de velocidad mas elevado de todo el año.

En este mes se presento una desviación estándar de ±1.35 m/s, siendo equivalente al 25.38% respecto al promedio mensual. Por su parte el valor de la mediana fue de 6.3 m/s el cual se encuentra por encima del promedio, mientras que la moda indico un valor de 5.3 m/s. Adicionalmente detallando la Figura 15, es posible mencionar que en este mes la mayoría de los valores de las mediciones se encuentran por encima del promedio mensual, de manera mas exacta tan solo el 26 % de los valores es inferior al promedio.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

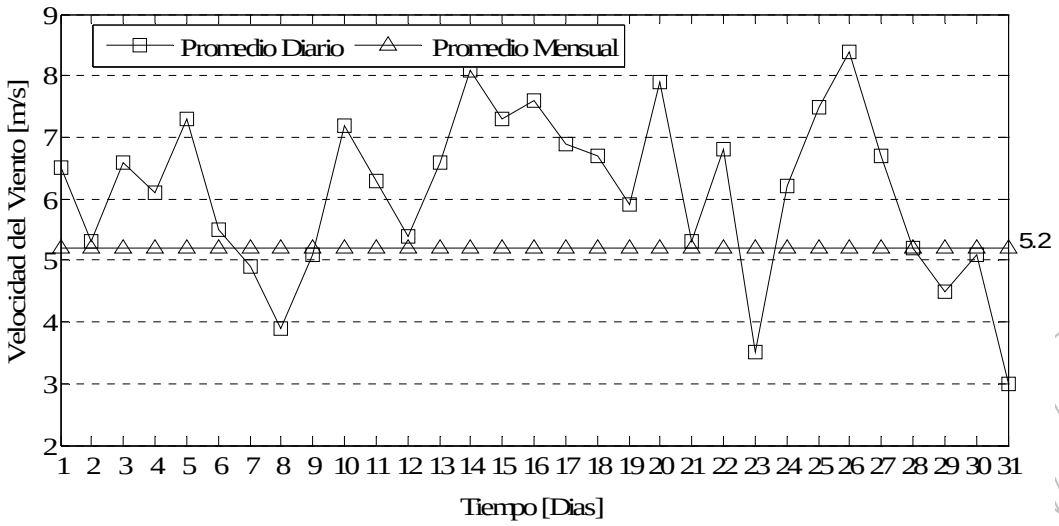
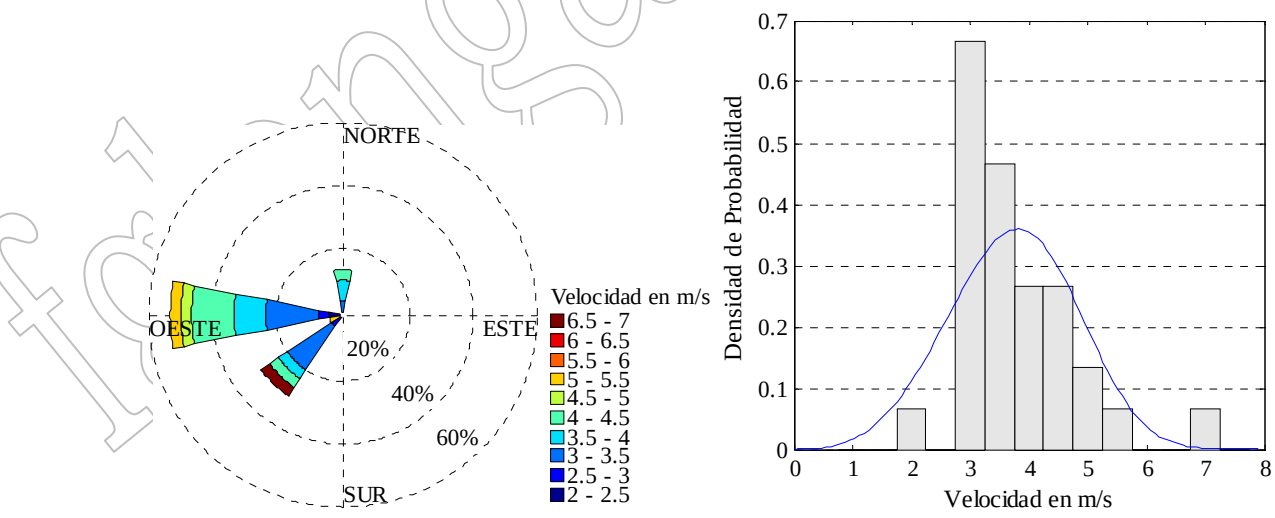


Figura 15. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Mayo de 2007.

Junio 2007

La dirección Oeste es de donde se originan la mayoría de los vientos durante el mes de junio, tal y como se observa en la Figura 16 (a), al poseer el 55% de ocurrencia. También en se presentan vientos provenientes del SW pero en menor proporción con el 33% de ocurrencia y por ultimo con un 10% de ocurrencia durante todo el mes, vientos provenientes de N. Las velocidades que se obtuvieron para este mes varían desde 2 m/s hasta los 7 m/s en algunas ocasiones.

La frecuencia con que ocurren las diferentes velocidades de viento para el mes de junio viene dada por la Figura 16 (b). En este caso vuelve la tendencia que se presento en los meses de Enero, Febrero y Marzo, donde el intervalo de 3- 3.5 m/s es el mas común y en este caso ocupando el 55% de frecuencia.



(a) **(b)**

Figura 16. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibul; Junio de 2007.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

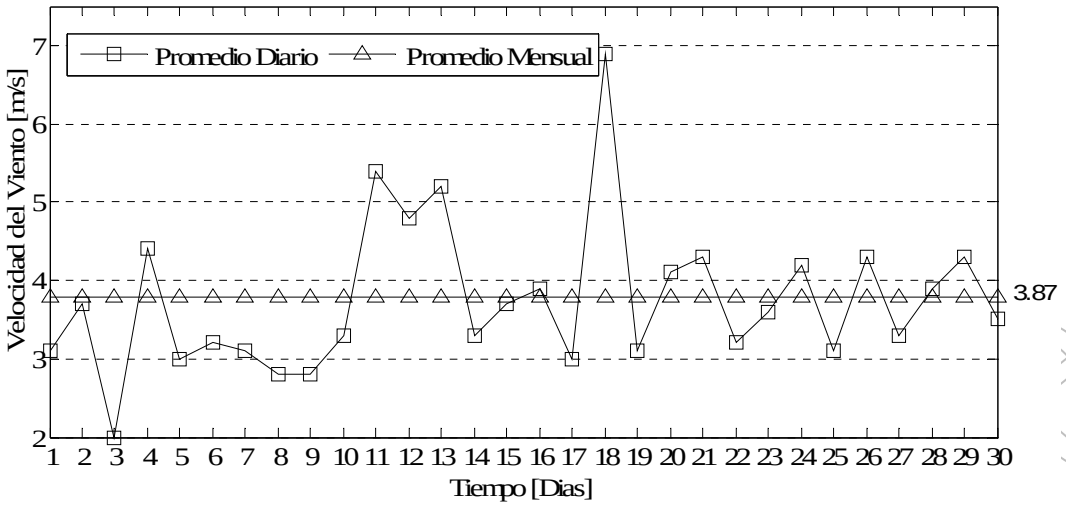


Figura 17. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Junio de 2007.

El promedio de velocidad de viento para este mes fue de 3.87 m/s, como se aprecia en la Figura 17, además es posible notar que al igual que en meses anteriores la gran mayoría de los valores obtenidos se encuentran por debajo del promedio. Adicionalmente se obtuvo que 6.9 m/s fue la velocidad máxima, mientras que 2m/s fue la mínima registrada para este mes.

Por su parte la moda fue 3.1 m/s, lo cual se ve respaldado en la Figura 15 (b), mientras que para la mediana se obtuvo un valor de 3.55 m/s, este valor indica que vuelve la tendencia ocurrida en los meses anteriores al mes de Mayo, donde las medianas oscilan entre 2.5- 3.8 m/s. Por última se tiene una desviación estándar de ± 0.96 m/s, lo que equivale respecto al promedio mensual al 30.97%.

Julio 2007

La Figura 18 (a) muestra la rosa de viento para el mes de Julio. En esta rosa se aprecia una sola la dirección dominante de donde provienen la mayoría de los vientos, la cual posee 59% de ocurrencia, dicha dirección es NNW, generando una circulación de viento NNW- SSE. En esta dirección se presentan velocidades que van desde los 2.5m/s hasta los 5.5 m/s y más específicamente el intervalo que más se obtuvo en esta dirección fue el de 3-3.5 m/s con una ocurrencia de 27% con respecto al 59% totales.

Sin embargo también pueden notarse que existe viento del W con 22% de ocurrencia, S con 17% y con 10% esta SW. Las velocidades registradas para estas direcciones oscilan entre 2.5 – 4.5 m/s.

Por su parte la Figura (b) muestra la distribución de frecuencia del viento para Julio, donde se aprecia que las velocidades entre 3- 3.5 m/s son las más comunes con 51% de frecuencia, seguido del intervalo de 3.5- 4.5 m/s con 24% de frecuencia.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

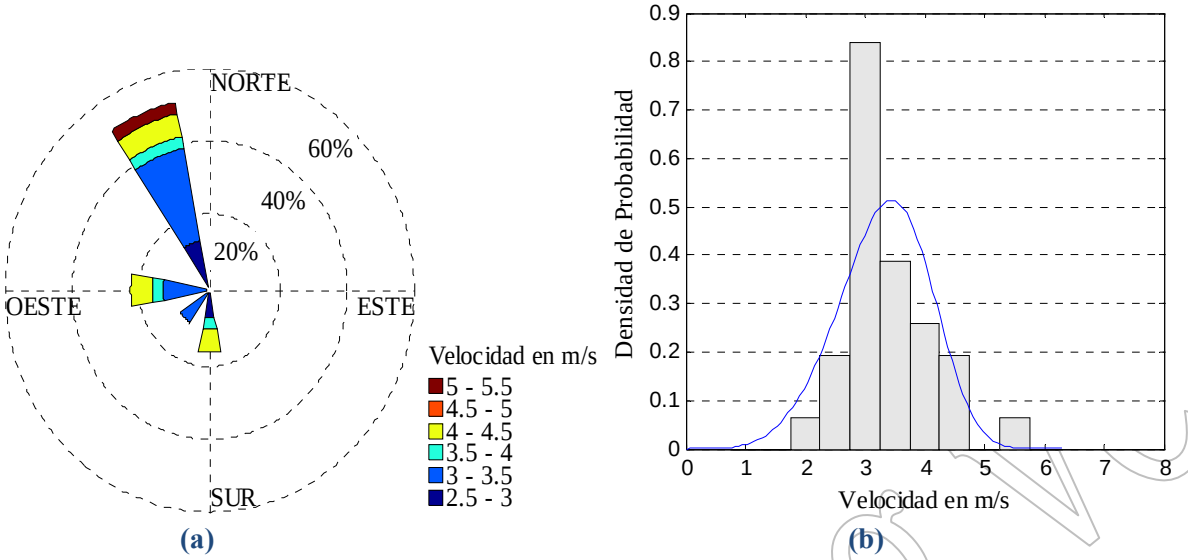


Figura 18. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Julio 2007.

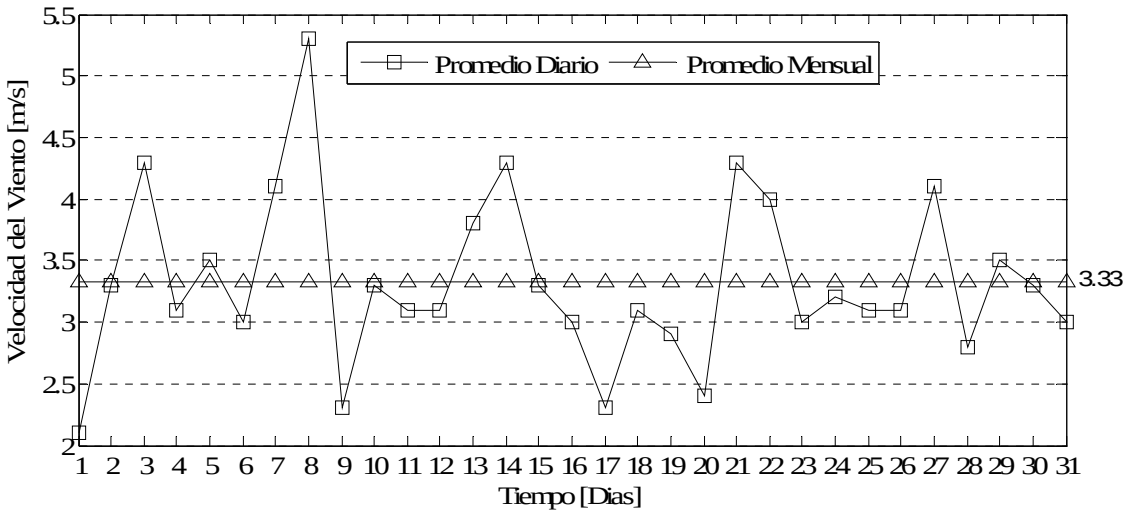


Figura 19. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Julio de 2007.

Para este mes se obtuvo un promedio mensual de 3.33 m/s como se muestra en la Figura 19 además que la máxima velocidad obtenida fue de 5.3 m/s, mientras que la mínima fue de 2.1 m/s. En este mes también se observa que la mayoría de los valores se encuentran por debajo del promedio, ya que tan solo el 35.48% de los datos son superiores al promedio.

La moda para la velocidad fue 3.1 m/s, este valor se confirma en la Figura 18 (b) ya que posee un 84% de frecuencia, adicionalmente para este caso dicho valor también es el mismo para la mediana. Mientras que la desviación estándar obtenida fue de ± 0.69 m/s lo que significa un 20.72% referente al promedio mensual.

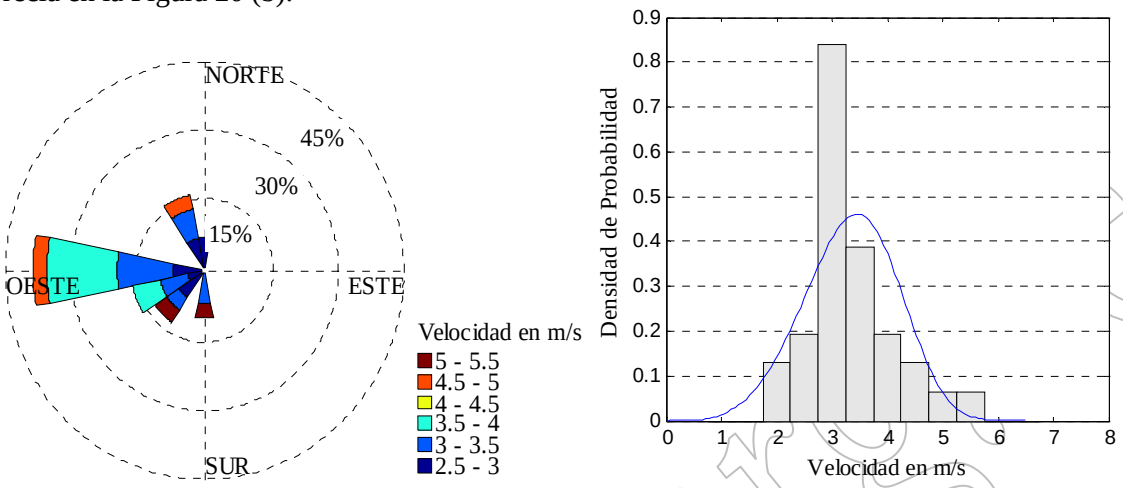
Agosto 2007

La rosa de viento del mes de Agosto mostrada en la Figura 20 (a) al igual que en mes Junio presenta que el viento proveniente del W es el dominante, con un 38% de ocurrencia del tiempo total durante el mes. Los vientos provenientes de esta dirección poseen velocidades que oscilan entre 2.5 m/s y 5 m/s. En este caso se presentan una sola dirección dominante, es decir que la gran mayoría de la circulación de viento ocurre en sentido W-E. También existen vientos provenientes de otras direcciones aunque en menor proporción, como

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

lo son S, SW, WSW y NNW, los cuales presentan 10%, 12% 15% y 16% del tiempo durante el mes respectivamente.

Las velocidades más comunes durante este mes con 46% frecuencia son la comprendidas en el intervalo de 2.5 – 3.5 m/s, seguidas por el intervalo de 3.5 – 5 m/s con un porcentaje de frecuencia d 19%, como se aprecia en la Figura 20 (b).



(a) **(b)**

Figura 20. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Agosto 2007.

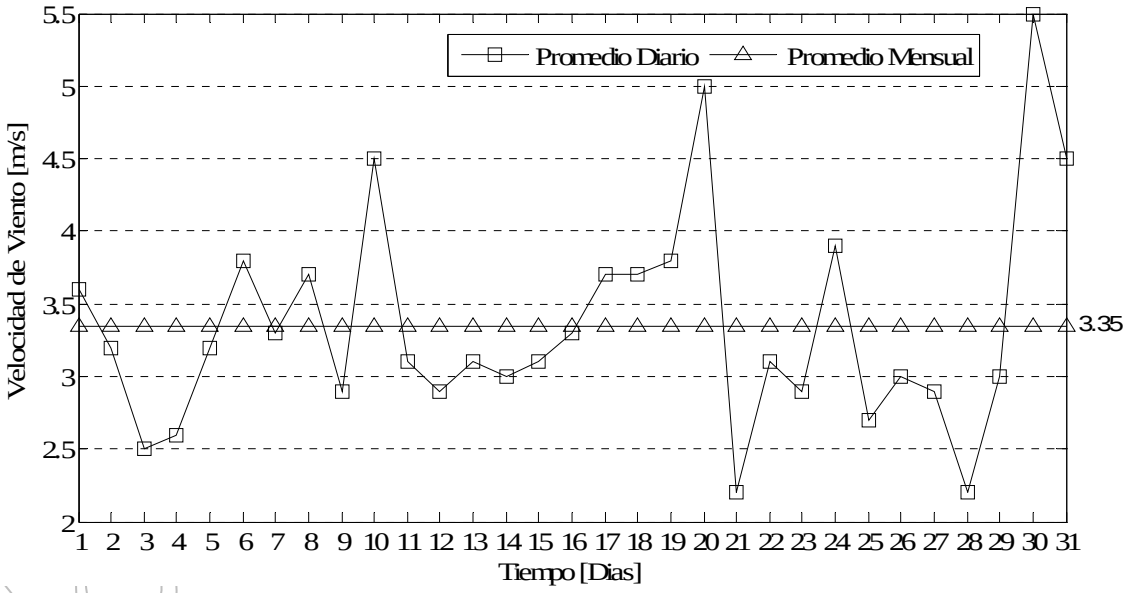


Figura 21. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Agosto de 2007.

La Figura 21 presenta el comportamiento general del viento para Agosto, en donde se destaca que el promedio fue de 3.35 m/s el cual es ligeramente superior en comparación con el mes anterior, además de que la velocidad máxima que se registro fue de 5.5 m/s y la mínima de 2.2 m/s. En este mes sigue la tendencia que se ha presentado en la mayoría de los meses, de que la mayoría de las mediciones son inferiores al promedio. Para este caso el 64% de los valores están por debajo del promedio.

Ahora bien se obtuvo un valor de desviación estándar de ± 0.75 m/s es decir 22.39% del promedio mensual. Además el valor para la moda fue 2.9 m/s, y la mediana arrojo un valor de 3.1 m/s el cual es el

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

mismo que el obtenido en el mes de Julio, esto indica las similitudes existentes en las características del viento durante estos meses.

Septiembre 2007

La Figura 22 (a) muestra la rosa de viento del mes de Septiembre y se aprecia que la procedencia del viento es mayormente del NNE con 33% de ocurrencia y una circulación NNE-SSW, además de un rango de velocidades desde 2 m/s hasta 5 m/s. De este rango de velocidades se destacan el intervalo 3- 3.5 m/s y el de 3.5- 4 m/s por ser los de mayor ocurrencia. Existen también vientos provenientes del E con una ocurrencia de 20%, donde el intervalo de velocidades mas frecuentes es el de 3- 3.5 m/s.

Aunque existen otras direcciones que aportan viento, se consideren despreciables, ya que ninguna de ella supera el 10% de ocurrencia durante todo el mes. Por su parte la Figura 22 (b) indica que el intervalo de 3- 4 m/s posee un 50% de frecuencia durante el mes,

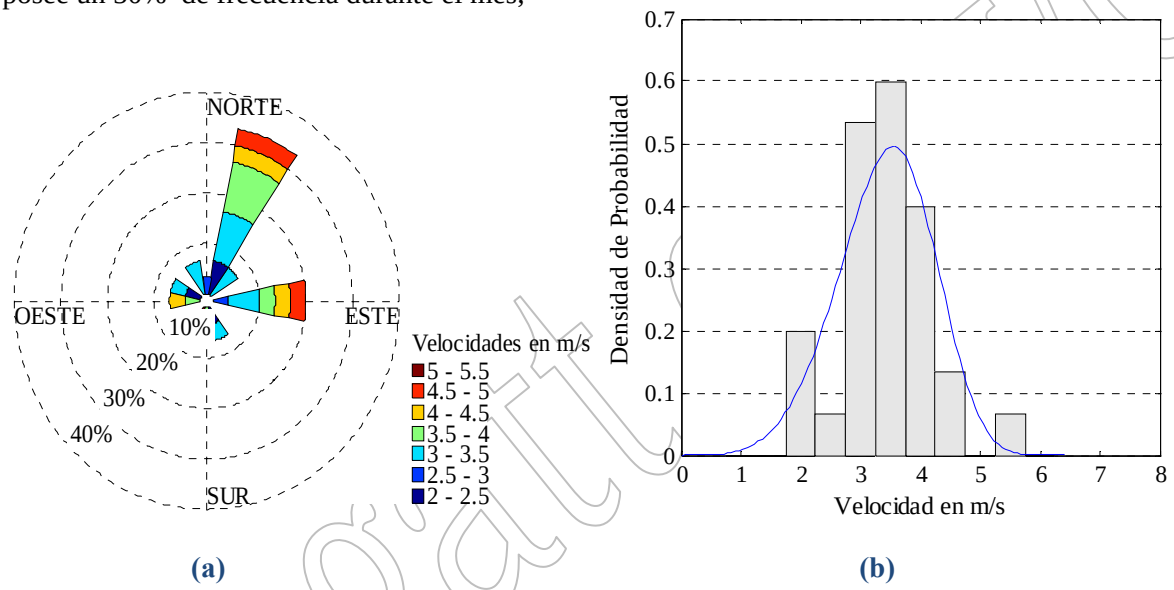


Figura 22. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Septiembre 2007.

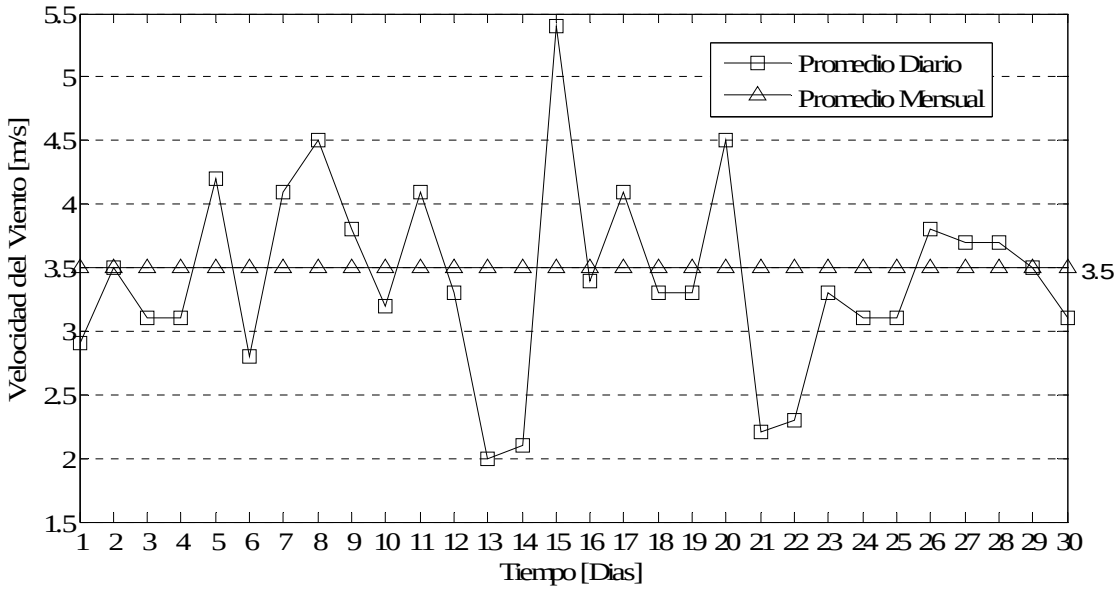


Figura 23. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Septiembre de 2007.

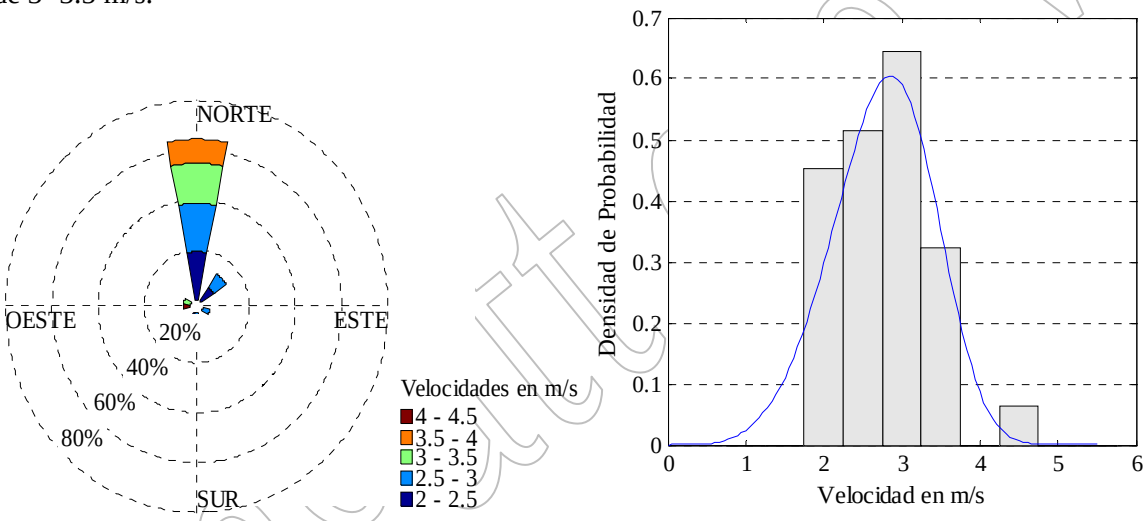
Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

El comportamiento del viento para este mes, mostrado en la Figura 23, indica que se obtuvo un promedio de 3.5 m/s, con una velocidad máxima de 5.5 m/s y una mínima de 2 m/s. Por otra parte el valor de velocidad mas frecuente o moda fue 3.1 m/s al igual que en los meses de Junio y Julio, mientras que la mediana fue de 3.3 m/s. También se obtuvo una desviación estándar de los valores medidos de ± 0.75 m/s, es decir 21.43% respecto al promedio.

Octubre 2007

Para el mes de Octubre según lo mostrado en la Figura 24 (a), se aprecia con total claridad que la dirección de donde proviene el viento con una ocurrencia del 64%, es Norte, lo que implica una circulación de viento Norte-Sur, además de que en esta dirección la velocidades de viento varían en el rango de 2 - 4 m/s, siendo el intervalo de 2.5- 3 m/s el de mayor incidencia. También se tiene viento proveniente del NE aunque en menor proporción con 15% de ocurrencia durante el mes, y velocidades entre 2- 3 m/s.

Con un 60% de frecuencia, el intervalo de velocidades de 2- 3 m/s es el mas constante durante todo el mes de Octubre, como se observa en la Figura 24 (b). Mientras que con un 34% de frecuencia se tiene al intervalo de 3- 3.5 m/s.



(a) **(b)**

Figura 24. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Octubre 2007.

Observando la Figura 25 es posible notar el promedio de este mes el cual fue de 2.73 m/s, con una velocidad máxima de 4.5m/s y una mínima de 1.8 m/s. Es importante resaltar que aunque en este mes se registraron ocasionalmente velocidades por el orden le los 4.5 m/s, no evito que el promedio fuese bajo lo que acredita a Octubre como el mes con el menor promedio de velocidades de viento en el 2007.

La desviación estándar de las mediciones indico un valor de ± 0.59 m/s, lo que equivale 21.61% respecto al promedio mensual. Así mismo la mediana y la moda fueron 2.8m/s y 2.9 m/s respectivamente, e igualmente son las más bajas del año.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

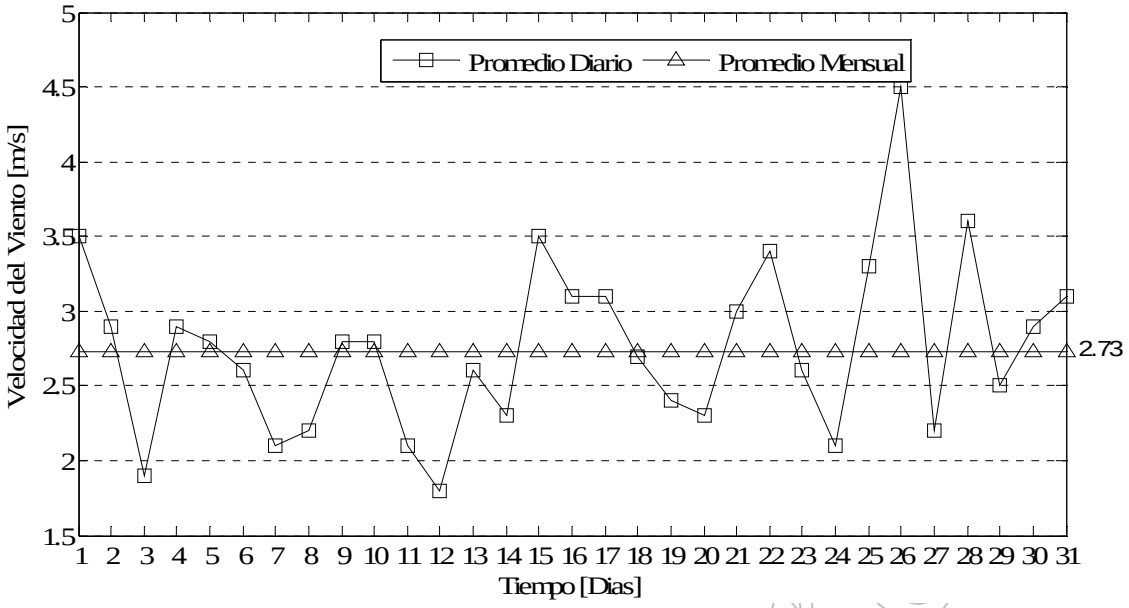
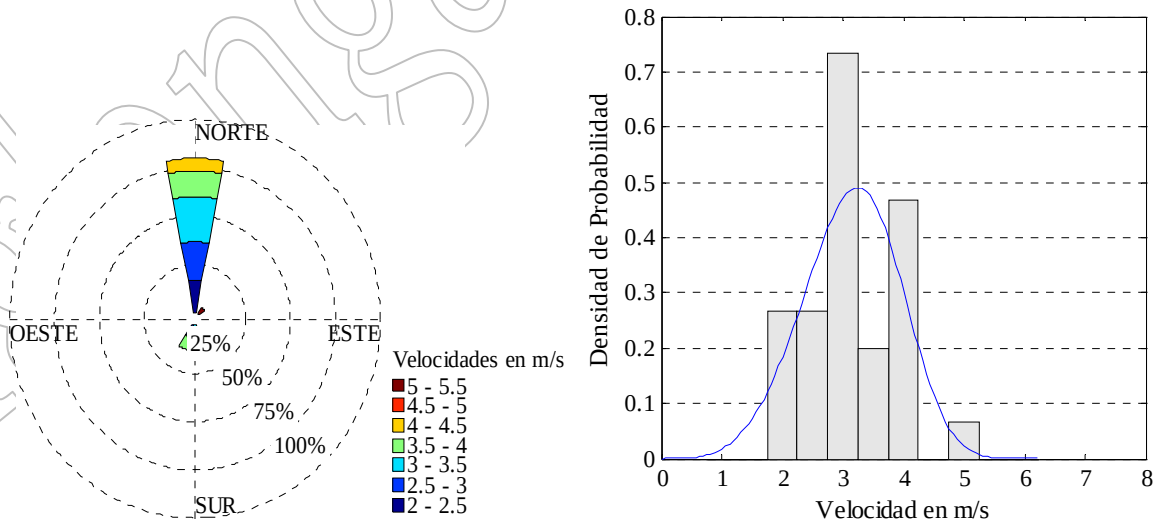


Figura 25. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Octubre de 2007.

Noviembre 2007

El comportamiento del viento en el mes de noviembre mostrado en la Figura 26 (a), es similar al de el mes de Octubre, ya que presenta al Norte como la dirección dominante de donde proviene prácticamente la totalidad del viento, al poseer el 78% de ocurrencia durante todo el mes. Esta dirección genera una circulación de viento Norte-Sur y velocidades que oscilan de 2 a 4.5 m/s.

Por otro lado en la Figura 27 (b) se tiene que el intervalo de 3- 4 m/s es el más frecuente con un porcentaje de 48%, mientras que con el 27% de frecuencia están las velocidades de 2- 2.5 m/s.



(a) **(b)**

Figura 26. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Noviembre 2007.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

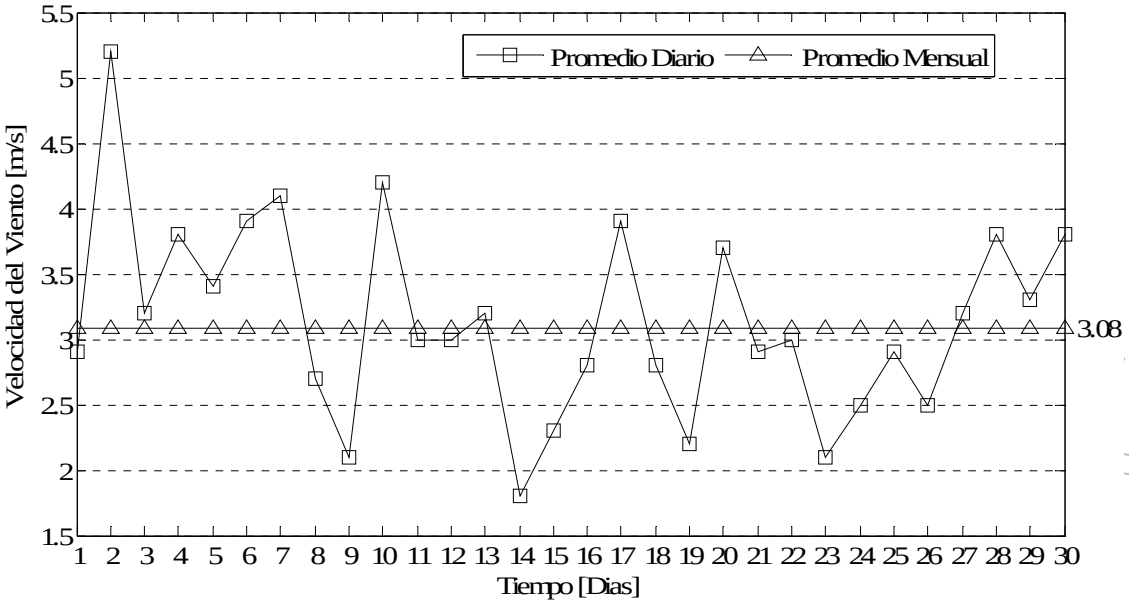


Figura 27. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Noviembre 2007.

Durante el mes de Noviembre se obtuvo un promedio mensual de velocidad de 3.08 m/s., tal como se muestra en la Figura 27. La máxima velocidad registrada fue de 5.2 m/s, mientras que la mínima fue 1.8 m/s al igual que en el mes de Agosto. También se tiene una desviación estándar de ± 0.75 m/s, lo que equivale a 24.35% respecto al promedio mensual. Por su parte la moda y le mediana en este mes poseen el mismo valor de 2.9 m/s.

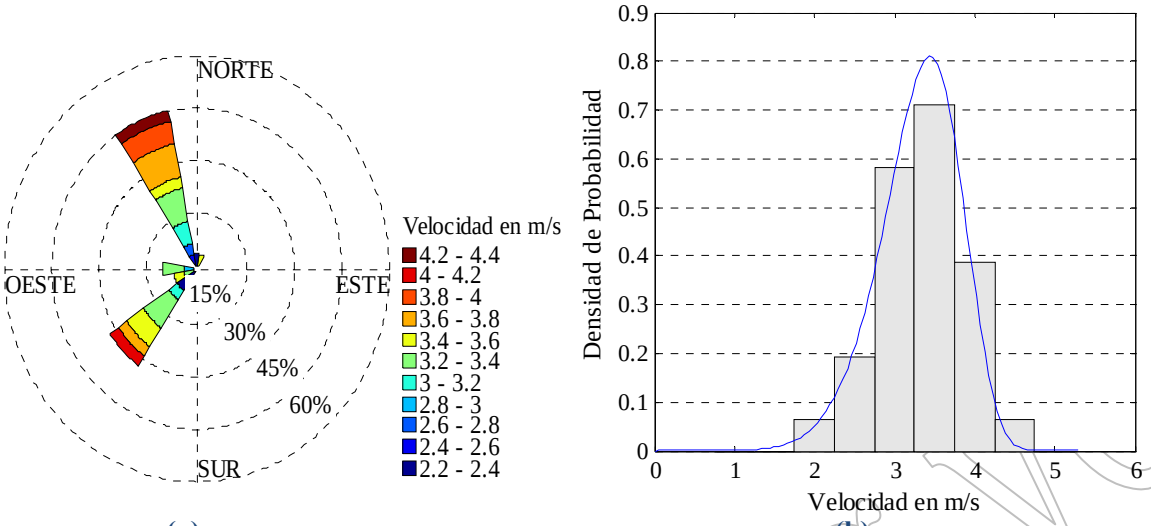
El mes de Noviembre mantiene la tendencia presentada por los meses anteriores, ha excepción de Mayo, donde la mayoría de las valores de las mediciones se encuentran por debajo del promedio del mes, y en este caso se tiene un 53.33% de valores inferiores al promedio.

Diciembre 2007

La rosa de viento del mes de Diciembre mostrada en la Figura 28 (a), en ella se aprecia que la dirección de donde provienen la mayoría de los vientos es NNW, la cual posee el 45% de ocurrencia durante todo el me, además de un rango de velocidades de 2.2- 4.4 m/s. La dirección SW también se destaca en este mes, al tener 32% de ocurrencia con velocidades variables entre 2.2- 4m/s. Con aproximadamente 12% de ocurrencia la dirección W aporta viento durante Diciembre, con velocidades entre 23.8- 3.4 m/s.

Aunque el rango de variación de velocidades para este mes no es muy alto en comparación a otros meses, éste presenta la particularidad de tener una escala mas detallada y de valores muy cercanos entre si. La Figura 28 (b) presenta la distribución de frecuencias de viento en este mes, de donde se tiene que con un 80% de frecuencia el intervalo de 3- 4 m/s es el más destacado durante este mes.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve



(a) **(b)**

Figura 28. (a) Rosa de los Vientos, (b) Weibull, Diciembre 2007.

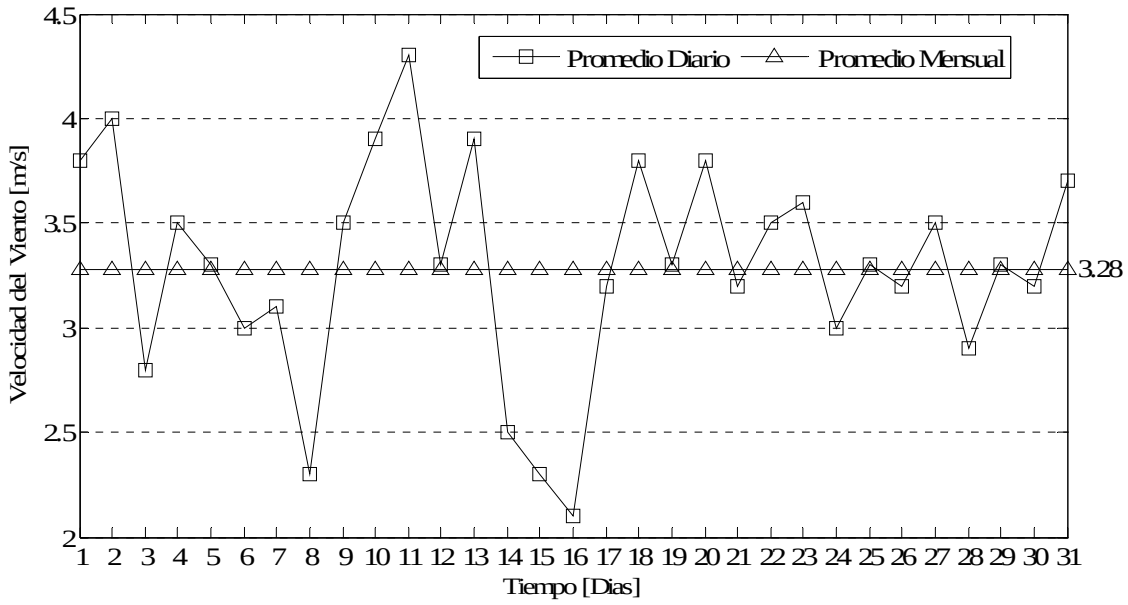


Figura 29. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Diciembre de 2007.

Para el mes de diciembre se tiene que el 58.06% de los valores medidos se encuentran por encima del promedio, que fue de 3.28 m/s.

Adicionalmente presento una velocidad máxima de 4.3 m/s y una minina de 2.1 m/s, con un desviación estándar de ± 0.52 m/s siendo equivalente a 15.85% del promedio mensual, siendo ésta la desviación mas pequeña del año lo que indica que la variación existente entre los valores de velocidad obtenidos es muy poca, de ahí el hecho de que la escala de la rosa de viento mostrada en la Figura 28 (a) sea tan detallada. Por ultimo se tiene que tanto la moda como la mediana para este mes fue de 3.3 m/s.

.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Análisis Anual

Anteriormente se realizo el análisis para la rosa de los vientos y distribución de frecuencia de cada mes del año 2007. Ahora se va a realizar el mismo estudio pero para los valores promedios del año, es decir, utilizando los valores mensuales de velocidad y dirección del viento de las Tablas B y C de los anexos, se elaboró la rosa de viento y distribución de viento general, obteniéndose las Figuras 30, 31 y 32.

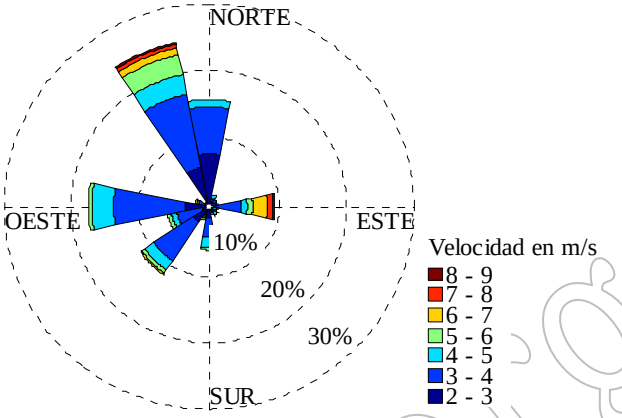


Figura 30. Rosa de los Vientos para el 2007.

La Figura 30 presenta la rosa de viento para el año 2007, en donde puede apreciarse que existen gran cantidad de direcciones que aportan viento durante todo el año, esto a causa de la variabilidad de los vientos a los cuales se ve sometida la ciudad de Maracay, y que varia para cada mes del año, tal y como se observó en los análisis anteriores. Sin embargo es posible indicar una dirección que se destaca por encima de las demás, al contar el 25% de ocurrencia durante todo el año. Esta dirección es el NNW, la cual posee velocidades desde 2m/s hasta los 8 m/s ocasionalmente, aunque el intervalo de mayor continuidad en esta dirección fue el de 3- 4 m/s. Es decir que se generan una circulación de viento NNW-SSE.

Las direcciones de O, N y SW, también aportan buena cantidad de viento con una ocurrencia del 17%, 15% y 12% respectivamente, además de velocidades de 2- 6 m/s. Por último, se presentan la direcciones de E, S y WSW con 9%, 6% y 5% del tiempo durante el 2007.

La intención fundamental de realizar el análisis de la rosa de viento para un año completo, no es más que para determinar, o tener indicios bastante confiables del comportamiento del viento en la zona donde se desea instalar un aerogenerador; ya que aunque la mayoría de los aerogeneradores cuentan con un sistema de orientación, resulta beneficioso colocarlo en la dirección que aporta la mayor cantidad de viento de manera constante.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

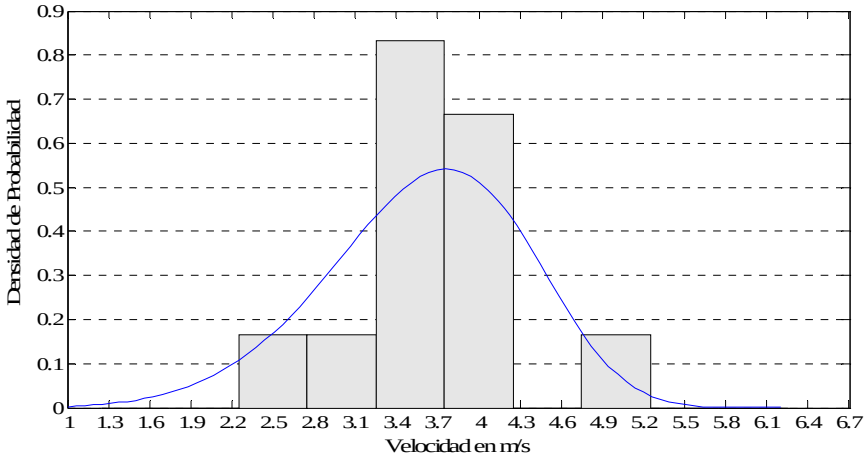


Figura 31. Densidad de Probabilidad del año 2007 para Maracay.

La densidad de probabilidad llamada Weibull, para el año 2007 se muestra en al Figura 31. La utilización del Weibull, como ya se a mencionado, permite conocer cuáles fueron los niveles de ocurrencia de los diferentes intervalos de viento en un tiempo determinado, en este caso de los 12 meses del año.

Ahora bien, observando la Figura 31 se tiene que el intervalo de velocidades de 3.3- 3.7 m/s y de 3.7- 4.3 m/s son los de mayor frecuencia durante el año con 83% y 67% de ocurrencia. Esto refleja la tendencia presentada para cada mes, donde en su gran mayoría al aplicarle Weibull indicaban velocidades comprendidas en estos intervalos.

También se observa que el intervalo de 2.2-3.2 m/s y el de 4.7- 5.2 m/s pose 20% de frecuencia durante todo el año. Estos representan las velocidades menos frecuentes ocurridas en el año pero que de igual forma son resaltadas, ya que otorgan un panorama mas acertado de las distintas velocidades que inciden sobre Maracay.

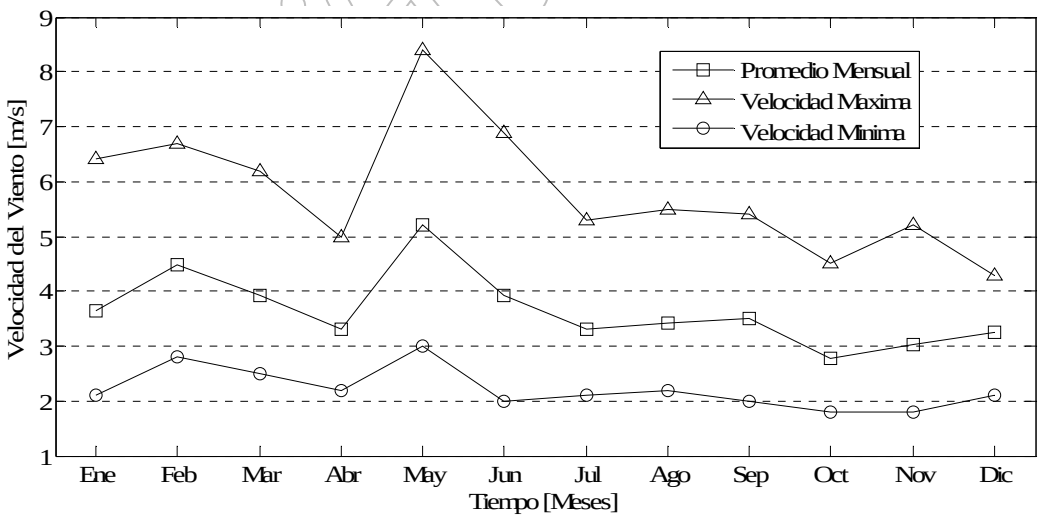


Figura 32. Comportamiento de la velocidad del viento durante el mes de Diciembre de 2007.

El comportamiento del viento para todo el 2007 se presenta en el Figura 32, en ella puede apreciarse el promedio, máximos y mínimos para cada mes. El valor máximo de velocidad alcanzado para este año fue de 8.4 m/s durante el mes de Mayo, mientras que el valor mínimo fue de 1.8 m/s en los meses de Octubre y Noviembre.

Ahora bien el promedio de velocidad de viento para el 2007 en la ciudad de Maracay fue de 3.45 m/s. Por otra parte la desviación estándar de las mediciones fue de ± 1.17 m/s lo que equivale Al 33.91% del

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

promedio anual. Mientras que el valor mas frecuente o moda fue 3.1 m/s y una mediana de 3.3m/s, este valor se corresponde con la tendencia general obtenida en la mayoría de los meses.

Calculo de la densidad del aire en Maracay

Existe una correlación entre la temperatura y la presión atmosférica, ya que ambas pueden modificar la densidad del aire a través (1).

$$\rho = \frac{P}{RT} \tag{1}$$

Donde:

ρ: es la densidad del aire en Kg/m^3
P: presión atmosférica en N/m^2
T: temperatura en °K
R: constante especifica de los gases para el aire seco, R=287.05 Joule/Kg°K

A pesar de que la magnitud de un grado Celsius (1°C) es equivalente a la magnitud de un Kelvin (1°K), puesto que esta unidad se define como igual a la primera, las escalas son diferentes porque la escala Kelvin toma como valor 0 el cero absoluto. Dado que al cero absoluto corresponde un valor de -273.15 °C, la /temperatura expresada en °C y ºK difiere en 273.15 unidades.

$$T(°K) = T(°C) + 273.15 \tag{2}$$

Para la conversión de unidades de la presión se utilizan las ecuaciones 3 y 4:

$$P(mbar) = \frac{P(Kpa)}{0.1} \tag{3}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = 100\,P(mbar) \tag{4}$$

En la Tabla 5 se muestran los valores de presión y temperatura con sus respectivas conversiones de unidades, necesarias para el cálculo de la densidad del aire.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Tabla 5. Conversión de unidades de la temperatura y presión atmosférica.

Meses	Temp (ºC)	Temp (ºK)	Presión (Kpa)	Presión (N/m^2)
Ene	24.5	297.65	98.81	988.1
Feb	25.9	299.05	98.72	987.2
Mar	28	301.15	98.71	987.1
Abr	26.7	299.85	98.61	986.1
May	26.8	299.95	98.71	987.1
Jun	25.7	298.85	98.81	988.1
Jul	24.5	297.65	98.81	988.1
Ago	24.9	298.05	98.8	988
Sep	25.6	298.75	98.7	987
Oct	25.9	299.05	98.62	986.2
Nov	24.9	298.05	98.61	986.1
Dic	23.7	296.85	98.71	987.1
Anual	25.59	298.74	98.718	987.18

Con los parámetros en las unidades correspondiente y utilizando (1) se tienen en la Tabla 6, los valores de la densidad del aire para cada mes y el promedio anual.

Tabla 6. Densidad del aire mensual y promedio anual para Maracay en el 2007.

Meses	Densidad, ρ (kg/m^3)
Ene	1.156478
Feb	1.150016
Mar	1.141881
Abr	1.14567
May	1.146449
Jun	1.151835
Jul	1.156478
Ago	1.154809
Sep	1.150937
Oct	1.148851
Nov	1.152588
Dic	1.158421
Anual	1.151186

Observando los valores obtenidos en la Tabla 6, puede notarse los mismos son relativa mente constantes y que no existe mucha diferencia entre ellos. Esto se debe a que durante todo el año 2007 la variación que se presento en los valores de presión atmosférica y temperatura fue casi nula, por tanto este comportamiento se refleja de manera directa en la densidad del aire.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Calculo de la potencia disponible en el viento para la ciudad de Maracay

Con este cálculo se logro conocer cuántos vatios por metros cuadrados (W/m^2) son posible extraer del viento en la ciudad de Maracay. Esto mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$WPD = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\rho V_i^3 \qquad (5)$$

Donde:

WPD: Densidad de potencia del viento en (W/m^2).
n: Número de de registros en el intervalo utilizado para el promedio.
ρ: Densidad del viento (Kg/m^3) en un mes en particular de observación.
V_i^3: Cubo de la velocidad del viento (m/s) medida de forma diaria del mes de observación.

Es necesario aclarar que los V_i^3 a utilizar son todas las mediciones diarias para un determinado, mientras que la densidad del viento será el valor promedio para ese mes. Por su parte el valor de *n* será de 28, 30 o 31; esto dependerá del numero de días que tenga el mes sometido a estudio. Una vez mencionadas esas aclaraciones en la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 7. Densidad de potencia existente en el viento de Maracay en el 2007.

Meses	Densidad de potencia del viento en W/m^2
Ene	34.4403
Feb	41.8133
Mar	38.1877
Abr	28.9572
May	148.1065
Jun	36.7008
Jul	24.0040
Ago	25.1564
Sep	26.2520
Oct	13.7515
Nov	20.8857
Dic	22.1534
Anual	29.1231

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

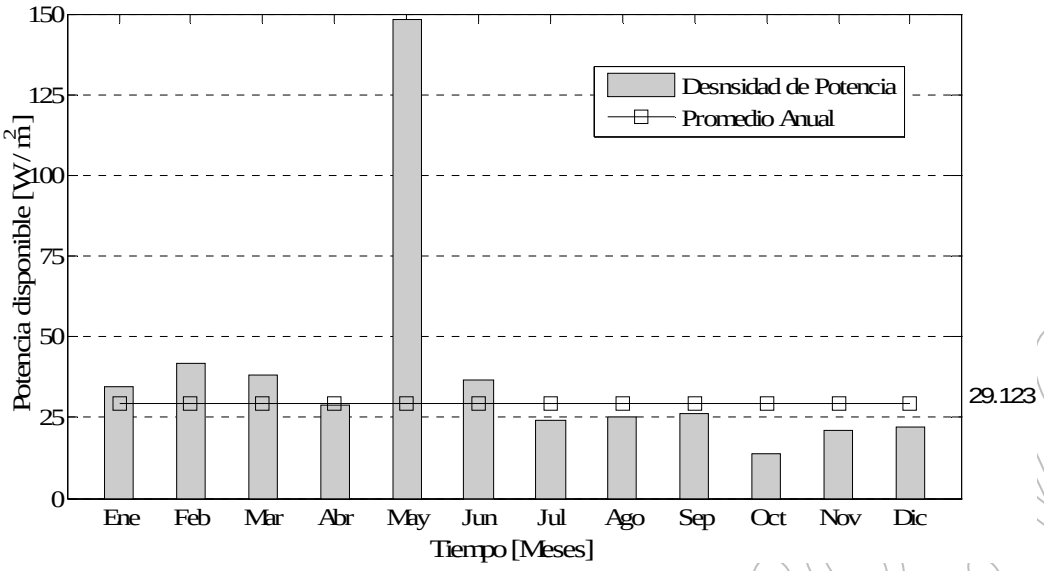


Figura 33. Densidad de potencia disponible en W/m^2 para la ciudad de Maracay en 2007.

Utilizando los valore de la Tabla 7, se obtuvo la Figura 33 la cual muestra de manera grafica la densidad de potencia en W/m2 de Maracay. En dicha figura se aprecia con total claridad que el mes de Mayo es el que presenta el valor mayor de densidad con 148.1065 W/m^2, lo cual era de esperarse debido a que este mes posee el promedio de viento más elevado de año (5.2 m/s). Igualmente el mes de Octubre el es que posee la menor densidad de potencia con un valor de 13.7515 W/m^2, ya que es el mes con menor promedio de viento durante el año (2.73 m/s).

De los resultados anteriores es posible decir, que el comportamiento de la densidad de potencia disponible en el viento, se ve afectada de manera directa por la velocidad del mismo. Esto significa que en lo lugares donde exista gran velocidad de viento existirá mayor potencia disponible. Adicionalmente se tiene que el promedio para todo el año 2007 de potencia disponible por metro cuadrado fue de 29.123 W/m^2.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Análisis de resultados

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, consideraciones y cálculos para las variables climáticas de la ciudad de Maracay, es posible presentar un resumen de todos los resultados obtenidos a través de la Figura 34.

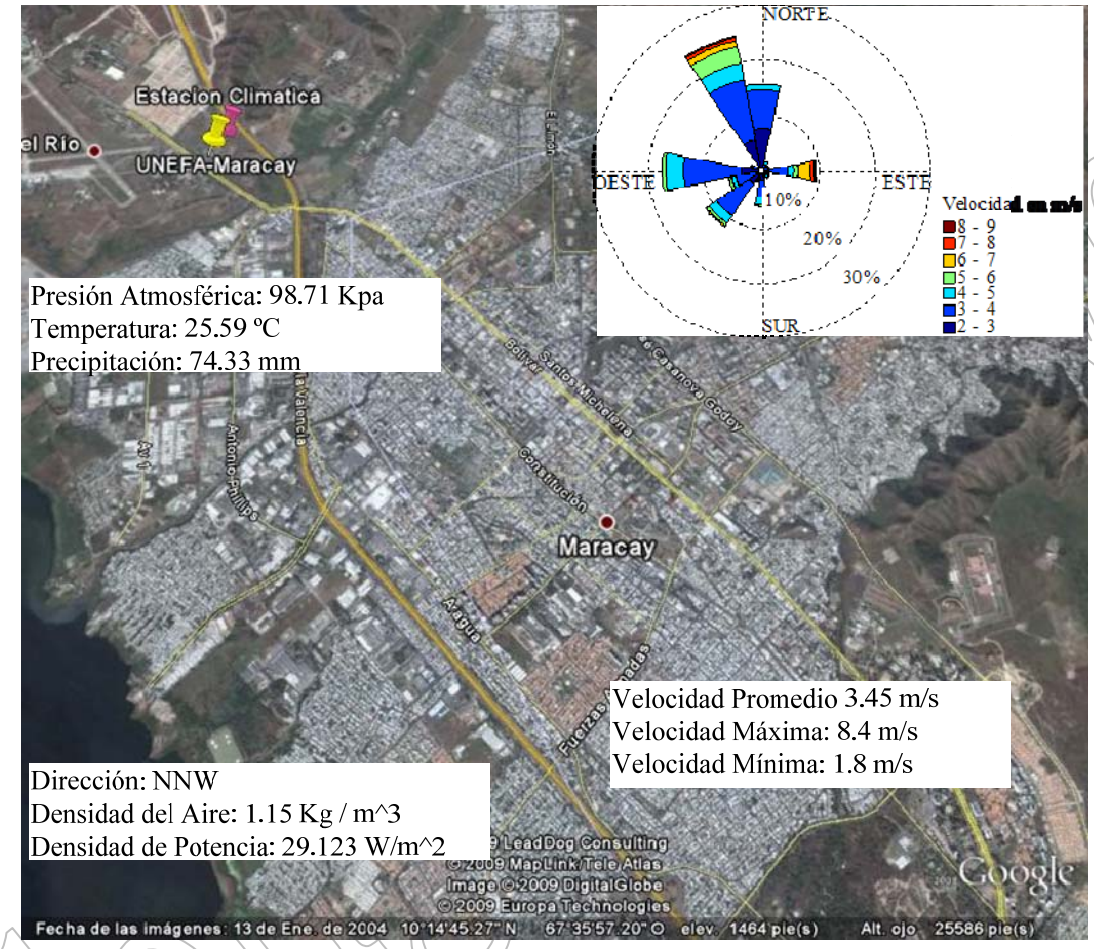


Figura 34. Mapa de la ciudad de Maracay con las características climáticas para el año 2007

En la Figura 34 se presentan los valores promedio para el año 2007 de las variables climáticas que afectan a la ciudad de Maracay. Observando el valor de velocidad de viento anual 3.45 m/s y utilizando la Tabla A de los anexos, la cual dependiendo de la velocidad del viento ofrece una escala de clasificación, por tanto Maracay tiene vientos catalogados en la *escala de Beaufort* como de nivel 2, es decir, *vientos ligeros*.

Adicionalmente se tiene que durante cada mes se registraron valores máximos y mínimos de velocidad, donde se destaca que el máximo valor para todo el año fue de 8.4 m/s durante el mes de Mayo, mientras que el menor fue de 1.8 m/s en los meses de Noviembre y Diciembre. La diferencia entre el valor máximo y mínimo es de 6.6 m/s, lo que indica la gran variabilidad que posee el viento incidente en la zona según el mes del año.

La temperatura promedio fue de 25.59 ºC, lo que indica que durante todo el año Maracay es una ciudad calurosa. Esto puede verse reflejado en los bajos niveles de precipitación que posee, ya que para el 2007 tan solo se obtuvo 74.33 mm de agua como promedio de precipitación.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Conclusiones

Una vez analizado los diferentes valores y graficas de los parámetros climáticos de la ciudad de Maracay, se puede decir que las velocidades de los vientos a lo largo del año se mantienen relativamente constantes o cercanas al promedio que fue de 3.45 m/s, a diferencia del mes de Mayo donde se obtuvo un promedio de 5.2 m/s siendo éste el más elevado, mientras que el mes de Octubre con un promedio de 2.73 m/s es el mes con el menor registro. La diferencia existente entre el mes de mayor registro de viento y el menor es de 2.47 m/s.

El estudio de la dirección del viento indico que en Maracay los vientos provienen de una gran variedad de direcciones, pero la de mayor incidencia para el 2007 fue NNW la cual posee el 25% de ocurrencia durante todo el año, lo que indica una circulación de viento NNW-SSE. Aunque también se resalta el hecho de que para los meses de Agosto, Octubre, Noviembre y Diciembre, se tienen vientos de las direcciones N, O y E.

La temperatura promedio de la zona fue de 25.59°C, mientras que la presión se ubica en 98.71 Kpa, estos dos parámetros tienen una relación inversa, es decir si aumenta la temperatura disminuye la presión. La importancia fundamental de estos parámetros es que ambos modifican la densidad de energía contenida y aprovechable del aire.

El estudio de densidad de potencia mostro que la máxima potencia disponible en el aire medida en W/m^2 fue durante el mes de Mayo, con 148.107 W/m^2. El hecho de que el máximo valor de densidad de potencia haya ocurrido en el mismo mes de la máxima velocidad de viento, es totalmente lógico debido a que dicha densidad se ve afectada de manera directa por lo niveles de velocidad, es decir que a mayor velocidad mayor densidad de potencia y viceversa.

Otra característica importante es el termino llamado calma, el cual se refiere al tiempo en que no existe circulación de viento, es decir 0 m/s y por tanto una dirección de 0º. En la ciudad de Maracay el porcentaje de calma es prácticamente nulo, lo que indica que durante todo el año existe viento, aunque no ha muy altas velocidades.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Referencias Documentales

[1] Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

[2] Francisco M. Gonzalez-Longatt, Rubén Terán, Juan Méndez, Arturo Hernández, Frednides Guillen. "*Evaluación del Recurso Eólico en Venezuela: Parte I*", I Congreso Petrolero Energético ASME-UNEFA, Puerto Cabello, Venezuela 26-28 OCT, 2006.

[3] Burton T, Sharp D, Jenkins N, Bossany E. "*Wind Energy Handbook*". John Wiley & Sons, LTD. Chichester, England, 2001.

[4] Johnny Nahui Ortiz, Ph.D. *ENERGÍA EÓLICA – FUNDAMENTOS*. Documento en Línea disponible en : http://peruahorraenergia.minem.gob.pe/

[5] Jay L. Devore. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 5ta edición, Editorial Thomson Learning

[6] Clasificación de los climas. Disponible en www.si-educa.net/basico/ficha167.html

[7] Presión Atmosférica*:* Documento en línea disponible en: http://www.ciencia.net/VerArticulo/Presi%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica?idArticulo=dsfjuq63bycwc7ia9cfu1ta

[8] Wark, K. Warner C.F., Davis, W.T. *Air Pollution: Its origins control*. 3rd EDITION. Addison Wesley Longman United States, 1998.

[9] Rodríguez, J., Arnalte, S., Burgos, J., "*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*". Madrid; Editorial Rueda.

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Anexos

Tabla A. Escala de Velocidades de Vientos

Velocidad de Viento en m/s a 10m de Altura	***Escala Beaufort***	***Viento***
0.0 – 0.4	0	Calma
0.4 – 1.8	1	Ligero
1.8 – 3.6	2	
3.6 – 5.8	3	Moderado
5.8 – 8.5	4	
8.5 – 11	5	Fresco
11 – 14	6	Fuerte
14 - 17	7	
17 – 21	8	Gale
21 – 25	9	
25 – 29	10	Gale Fuerte
29 – 34	11	
> 34	12	Huracán

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Tabla B. Velocidades de Viento del 2007 medida de forma Diaria en [m/s]

Día / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día 1	3.4	6.7	4.5	3.8	6.5	3.1	2.1	3.6	2.9	3.5	2.9	3.8
Día 2	5.6	4.4	4.4	3.2	5.3	3.7	3.3	3.2	3.5	2.9	5.2	4
Día 3	3.2	3.8	3.3	3	6.6	2	4.3	2,5	3.1	2.9	3.2	2.8
Día 4	2.1	2.9	2.9	3.1	6.1	4.4	3.1	2.6	3.1	3.9	3.8	3.5
Día 5	5.8	3.5	4.7	2.9	7.3	3	3.5	3.2	4.2	4.1	3.4	3.3
Día 6	3.4	2.8	3.4	2.7	5.5	3.2	3	3.8	2.8	2.8	3.9	3.0
Día 7	3.4	5.2	5.3	4.4	4.9	3.1	4.1	3.3	4.1	2.7	4.1	3.1
Día 8	4.3	3.4	2.5	3.7	3.9	2.8	5.3	3.7	4.5	2.9	2.7	2.3
Día 9	4.3	3.9	3.4	4.1	5.1	2.8	2.3	2.9	3.8	2.8	2.1	3.5
Día 10	3.3	4.1	6.2	3.8	7.2	3.3	3.3	4.5	3.2	2.8	4.2	3.9
Día 11	3.5	3.1	3.3	4.2	6.3	5.4	3.1	3.1	4.1	3.1	3,2	4.3
Día 12	2.9	3.4	4.7	4.2	5.4	4.8	3.1	2.9	3.3	2.8	3	3.3
Día 13	3.3	3.7	3.1	3.7	6.6	5.2	3.8	3.1	2	2.6	3.2	3.9
Día 14	2.2	3.8	3.9	3.9	8.1	3.3	4.3	3	2.1	2.9	1.8	2.5
Día 15	3.1	3.5	4.2	4.8	7.3	3.7	3.3	3.1	5.4	3.5	2.3	2.3
Día 16	2.3	3.1	2.9	3.9	7.6	3.9	3	3.3	3.4	3.3	2.8	2.1
Día 17	3.5	3.7	5.8	3.2	6.9	3	2.3	3.7	4.1	3.8	3.9	3.2
Día 18	3.9	3.5	3.4	3	6.7	6.9	3.1	3.7	3.3	3.3	2.8	3.8
Día 19	2.7	3.2	3.1	3.1	5.9	3.1	2.9	3.8	3.3	3.4	2.7	3.3
Día 20	2.1	4.2	3.3	3	7.9	4.1	2.4	5	4.5	2.8	3.7	3.8
Día 21	2.8	4.5	3.1	2.9	5.3	4.3	4.3	2.2	2.2	3.7	2.9	3.2
Día 22	5.9	3	3.3	3	6.8	3.2	4	3.1	2.3	3.4	3,4	3.5
Día 23	3.3	3.2	3.7	4.1	3.5	3.6	3	2.9	3.3	2.9	2.1	3.6
Día 24	3.9	4.3	4.8	3.3	6.2	4.2	3.2	3.9	3.1	3.1	2.5	3
Día 25	3.5	3.1	4.7	4.2	7.5	3,1	3.1	2.7	3.1	3.3	2.9	3.3
Día 26	4	6.3	3.9	4.4	8.4	4.3	3.1	3	3.8	4.5	2.5	3.2
Día 27	3.3	4.5	3.7	3.7	6.7	3.3	4.1	2.9	3.7	2.9	3.2	3.5
Día 28	3.7	5.3	3.9	2.8	5.2	3.9	2.8	2.2	3.7	3.6	3.8	2.9
Día 29	6.4	--	4.1	5	4.5	4.3	3.5	3	3.5	2.5	3.3	3.3
Día 30	3.2	--	3.1	2.2	5.1	3.5	3.3	5.5	3.1	2.9	3.8	3.2
Día 31	3.1	--	3.5	--	3	--	3.0	4.5	---	3.4	---	3.7
Promedio Mensual	4	4.16	3.83	3.3	5.2	3.87	3.33	3.4	3.5	2.73	3.07	3.28

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Tabla C. Direcciones del Viento durante el 2007 mediadas de forma Diaria [Grados].

Día / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día 1	10	330	250	200	320	270	330	270	360	360	360	340
Día 2	340	340	250	20	300	360	330	270	270	50	50	225
Día 3	360	90	250	70	330	270	270	360	50	360	360	340
Día 4	360	50	270	90	300	360	270	360	90	200	360	20
Día 5	90	50	250	225	110	360	270	280	20	360	360	225
Día 6	330	340	250	180	340	225	270	280	90	110	360	225
Día 7	340	250	340	180	340	225	270	270	180	50	360	340
Día 8	330	180	250	180	80	280	330	270	90	200	360	225
Día 9	70	180	250	20	330	225	330	330	180	50	360	225
Día 10	250	90	90	90	90	225	330	330	90	180	360	340
Día 11	50	340	190	200	95	280	330	180	90	360	360	340
Día 12	330	90	190	180	330	280	330	250	160	50	360	230
Día 13	360	340	225	180	100	250	330	250	290	360	360	340
Día 14	330	340	190	180	90	270	330	250	20	360	360	340
Día 15	300	340	225	225	100	270	330	330	200	360	360	225
Día 16	340	360	225	225	90	270	330	330	340	290	360	360
Día 17	340	360	270	250	90	270	330	270	270	360	360	340
Día 18	340	340	270	225	90	230	225	250	340	360	360	340
Día 19	335	90	225	90	90	230	330	250	290	360	360	340
Día 20	335	340	340	250	335	270	180	180	20	360	360	225
Día 21	340	160	140	225	95	270	180	270	160	360	200	250
Día 22	340	90	225	225	330	225	180	180	20	360	360	250
Día 23	90	90	225	225	95	280	270	270	20	360	360	225
Día 24	335	90	140	225	95	270	270	270	20	360	200	340
Día 25	360	70	140	225	330	270	330	330	50	360	360	280
Día 26	360	90	270	270	335	270	225	270	90	270	360	225
Día 27	330	90	140	225	100	270	330	225	20	200	180	340
Día 28	90	340	250	160	340	225	180	225	20	360	200	280
Día 29	330	---	110	225	85	225	180	225	20	360	360	340
Día 30	340	---	270	225	330	360	225	225	20	360	200	280
Día 31	90	---	250	---	330	---	330	270	---	360	---	340

fglongatt.org.ve

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve