

Software libre para el procesamiento de datos de viento utilizados en la generación de energía eólica: Diseño y desarrollo de una herramienta computacional

Renzo García

Universidad Nacional del Comahue

Directora: MSc. Adair Martins

Co-Directora: Mg. Lidia López

Noviembre de 2013

Contenido

- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta “VientOnline”
- 5 Validación de la Herramienta “VientOnline”
- 6 Conclusiones



- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta "VientOnline"
- 5 Validación de la Herramienta "VientOnline"
- 6 Conclusiones



Energía Eólica:

- No produce contaminantes ambientales, promoviendo un futuro energético limpio
- Es una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo por su viabilidad técnica y económica
- La potencia eólica instalada en 2011 es de aproximadamente 237 GW. Representa un incremento del 152 % con respecto al 2007 ¹
- En Argentina, la potencia instalada es de aproximadamente 142 MW y se espera que supere los 820 MW en el transcurso de esta década ¹

¹Avances del Plan Energético Nacional 2004-2019 - CLICET (Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas)



Energía Eólica:

- No produce contaminantes ambientales, promoviendo un futuro energético limpio
- Es una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo por su viabilidad técnica y económica
- La potencia eólica instalada en 2011 es de aproximadamente 237 GW. Representa un incremento del 152 % con respecto al 2007 ¹
- En Argentina, la potencia instalada es de aproximadamente 142 MW y se espera que supere los 820 MW en el transcurso de esta década ¹

¹Avances del Plan Energético Nacional 2004-2019 - CLICET (Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas)  R. Dicco  2013



Energía Eólica:

- No produce contaminantes ambientales, promoviendo un futuro energético limpio
- Es una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo por su viabilidad técnica y económica
- La potencia eólica instalada en 2011 es de aproximadamente 237 GW. Representa un incremento del 152 % con respecto al 2007 ¹
- En Argentina, la potencia instalada es de aproximadamente 142 MW y se espera que supere los 820 MW en el transcurso de esta década ¹

¹Avances del Plan Energético Nacional 2004-2019 - CLICET (Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas)  R. Dicco  2013 



Energía Eólica:

- No produce contaminantes ambientales, promoviendo un futuro energético limpio
- Es una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo por su viabilidad técnica y económica
- La potencia eólica instalada en 2011 es de aproximadamente 237 GW. Representa un incremento del 152 % con respecto al 2007 ¹
- En Argentina, la potencia instalada es de aproximadamente 142 MW y se espera que supere los 820 MW en el transcurso de esta década ¹

¹Avances del Plan Energético Nacional 2004-2019 - CLICET (Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas) - R. Dicco - 2013



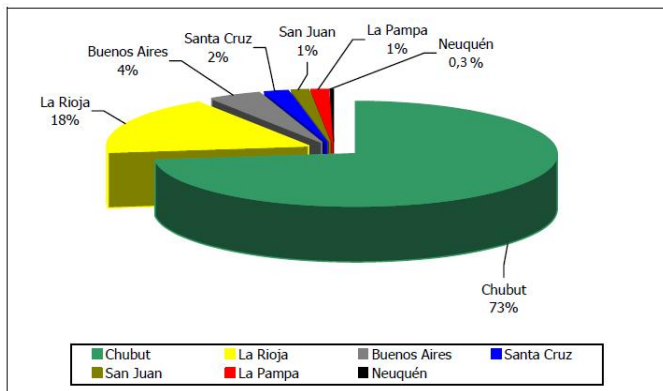
Energía Eólica:

- No produce contaminantes ambientales, promoviendo un futuro energético limpio
- Es una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo por su viabilidad técnica y económica
- La potencia eólica instalada en 2011 es de aproximadamente 237 GW. Representa un incremento del 152 % con respecto al 2007 ¹
- En Argentina, la potencia instalada es de aproximadamente 142 MW y se espera que supere los 820 MW en el transcurso de esta década ¹

¹Avances del Plan Energético Nacional 2004-2019 - CLICET (Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas) - R. Dicco - 2013



Potencia Eólica Instalada en La Argentina



Software de Análisis de Recursos Eólicos:

- Existen varios programas de tratamiento numérico y estadístico de los parámetros del viento
 - Alto Costo
 - Licencias para su uso
 - Llaves físicas, código de acceso y restricción del número de usuarios



Software de Análisis de Recursos Eólicos:

- Existen varios programas de tratamiento numérico y estadístico de los parámetros del viento
 - Alto Costo
 - Licencias para su uso
 - Llaves físicas, código de acceso y restricción del número de usuarios



Software de Análisis de Recursos Eólicos:

- Existen varios programas de tratamiento numérico y estadístico de los parámetros del viento
 - Alto Costo
 - Licencias para su uso
 - Llaves físicas, código de acceso y restricción del número de usuarios



Software de Análisis de Recursos Eólicos:

- Existen varios programas de tratamiento numérico y estadístico de los parámetros del viento
 - Alto Costo
 - Licencias para su uso
 - Llaves físicas, código de acceso y restricción del número de usuarios



- 1 Motivación
- 2 Objetivos**
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta "VientOnline"
- 5 Validación de la Herramienta "VientOnline"
- 6 Conclusiones



Objetivo General

Desarrollo de una Herramienta Computacional

Diseño e implementación de una Herramienta Computacional, basada en Software Libre, para el procesamiento de datos de viento para su aplicación en la evaluación de la generación de energía eólica.



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Específicos

- Identificación de software existente para el tratamiento de datos de viento, selección de una o más herramientas apropiadas
- Análisis de los parámetros característicos (velocidad media, diaria, mensual, anual), para su tratamiento estadístico a través de gráficos representativos
 - Histograma de Velocidad
 - Rosa de los Vientos
 - Perfiles Diurno, Mensual y Vertical
- Integración de las herramientas computacionales, de software libre, a ser utilizadas en el diseño y desarrollo de la herramienta propuesta.
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento**
- 4 Desarrollo de la Herramienta "VientOnline"
- 5 Validación de la Herramienta "VientOnline"
- 6 Conclusiones



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2}\rho AV^3$$



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2}\rho AV^3$$



El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2}\rho AV^3$$

donde:

ρ : Densidad del viento

A : Área por donde pasa el viento

V : Velocidad del viento



Conceptos

El conocimiento estadístico preciso del régimen del viento es el elemento más importante en la especificación de un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Fundamentos:

- La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire (el viento)
- Una forma de aprovechar el viento es mediante aerogeneradores
- La potencia debido a la energía cinética del viento se puede expresar por la ecuación

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

donde:

ρ : Densidad del viento

A : Área por donde pasa el viento

V : Velocidad del viento



Consideraciones

El viento no siempre se mantiene constante en dirección y valor de magnitud, es más bien una variable aleatoria.

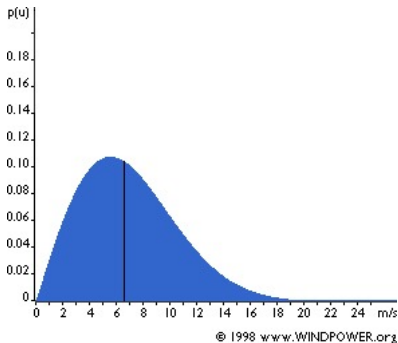


Diagrama Distribución *Weibull*



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporal \Rightarrow Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
- Función Logarítmica $\Rightarrow v(z) = v_{ref} \left(\frac{z}{z_{ref}} \right)^{0.14}$
- Función de Potencia $\Rightarrow v(z) = v_{ref} \left(\frac{z}{z_{ref}} \right)^{0.14}$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \Rightarrow Promedio Horario y Promedio Mensual
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Fórmula Logarítmica $\Rightarrow v(z) = v(z_0) \cdot \ln(z/z_0)$
 - Fórmula de Potencia $\Rightarrow v(z) = v(z_0) \cdot (z/z_0)^{1/n}$
 - Histograma de la Frecuencia Relativa



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \Rightarrow Promedio Horario y Promedio Mensual
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Fórmula Logarítmica $\Rightarrow v(z) = v(z_0) \cdot \ln(z/z_0)$
 - Fórmula de Potencia $\Rightarrow v(z) = v(z_0) \cdot (z/z_0)^{1/n}$
 - Histograma de la Frecuencia Relativa



Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \Rightarrow Promedio Horario y Promedio Mensual
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Perfil de la Frecuencia \Rightarrow f_{ij}
 - Perfil de la Frecuencia \Rightarrow f_{ij}
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \implies Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Función Logarítmica $\implies u(z) = \frac{u^*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$
 - Función de Potencia $\implies u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^p$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \implies Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Función Logarítmica $\implies u(z) = \frac{u^*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$
 - Función de Potencia $\implies u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^p$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \implies Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Función Logarítmica $\implies u(z) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$
 - Función de Potencia $\implies u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^p$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \implies Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Función Logarítmica $\implies u(z) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$
 - Función de Potencia $\implies u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^p$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Cálculos utilizados en el tratamiento estadístico de los datos del viento para la construcción de los gráficos representativos.

- Perfil Temporario \implies Promedio Horario y Promedio Mensual
- Rosa de los Vientos
- Perfil Vertical del Viento Cortante
 - Función Logarítmica $\implies u(z) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$
 - Función de Potencia $\implies u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^p$
- Histograma de la Frecuencia Relativa



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\implies \textit{Weibull} \implies F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\implies \textit{Weibull} \implies F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\Rightarrow \textit{Weibull} \Rightarrow F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\Rightarrow \textit{Weibull} \Rightarrow F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\Rightarrow \textit{Weibull} \Rightarrow F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\Rightarrow \textit{Weibull} \Rightarrow F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



Análisis Estadístico de los Datos del Viento

- Ajuste numérico de la distribución de probabilidad de la velocidad media del viento por Mínimos Cuadrados.

$$\Rightarrow \textit{Weibull} \Rightarrow F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

donde:

c , es el factor de escala,

k , es el factor forma y

v , la variable aleatoria de velocidad del viento.

$$\text{Transformación} \longrightarrow \ln(-\ln(1 - F(v))) = -k \ln(c) + k \ln(v)$$

$$Y = aX + b$$

donde:

$$X = \ln(v)$$

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(v))]$$

$$a = k$$

$$b = -k \ln(c)$$



- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta “VientOnline”**
- 5 Validación de la Herramienta “VientOnline”
- 6 Conclusiones



Aplicaciones Evaluadas:

- *WindRose*
- *MINT*
- *WRPLOT View*
- *Windographer*



Comparación

SOFTWARE	Ventajas	Desventajas	Versión de Prueba Disponible
WINDROSE	Utilizado por empresas e instituciones académicas para cálculos estadísticos especializados de datos de viento	<ul style="list-style-type: none">* Se necesita usar MS-Office* No se puede instalar en versión de 64 bits	30 días de uso
MINT	Muy utilizado para análisis de datos eólicos profesionales	<ul style="list-style-type: none">* Se necesita usar MS Office* No es simple de usar* No se puede utilizar con datos propios	20 días de uso
WRPLOT VIEW	<ul style="list-style-type: none">* Visualiza en forma fácil y rápida la rosa de los vientos en <i>Google Earth</i>* Es totalmente gratuito	<ul style="list-style-type: none">* No realiza los demás gráficos de interés para el análisis de energía eólica* Problemas de lectura en el número de fecha y hora* Solicita datos separados de la columna (mes y día)	La licencia es por 1 año. Al expirar se puede registrar nuevamente.
WINDOGRAPHER	<ul style="list-style-type: none">* Se puede instalar tanto en plataformas <i>Windows</i> como <i>Linux</i>* Muy intuitivo y fácil de usar* No se necesita modificar los archivos de la base de datos* 60 % de descuento en una licencia para uso académico.		15 días de uso

La ingeniería inversa es el proceso de descubrir los principios tecnológicos de un dispositivo, objeto o sistema, a través del análisis de su estructura, función y operación.

- Análisis Estático
- Análisis Dinámico



La ingeniería inversa es el proceso de descubrir los principios tecnológicos de un dispositivo, objeto o sistema, a través del análisis de su estructura, función y operación.

- Análisis Estático
- Análisis Dinámico



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- **Comunicación**
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción

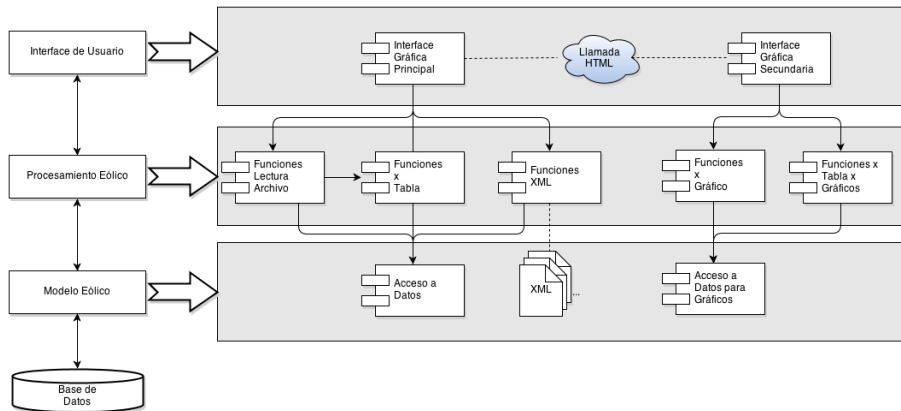


Marco de Trabajo para el Proceso

- Comunicación
 - Requerimientos Funcionales
- Planificación
- Modelado
 - Arquitectura
 - Modelo de Datos
 - Modelo de Diagrama de Clases
 - Diagramas de Secuencias
- Construcción



Arquitectura de “VientOnline”



Modelo de Datos de “VientOnline”

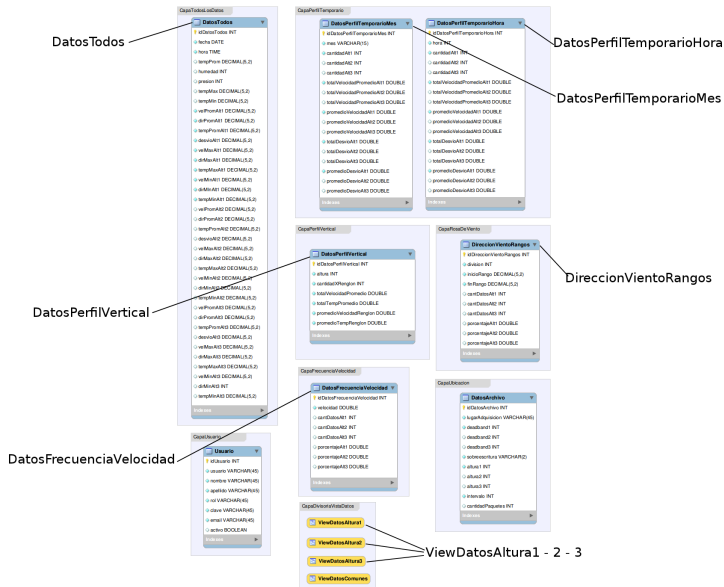


Diagrama de Clases

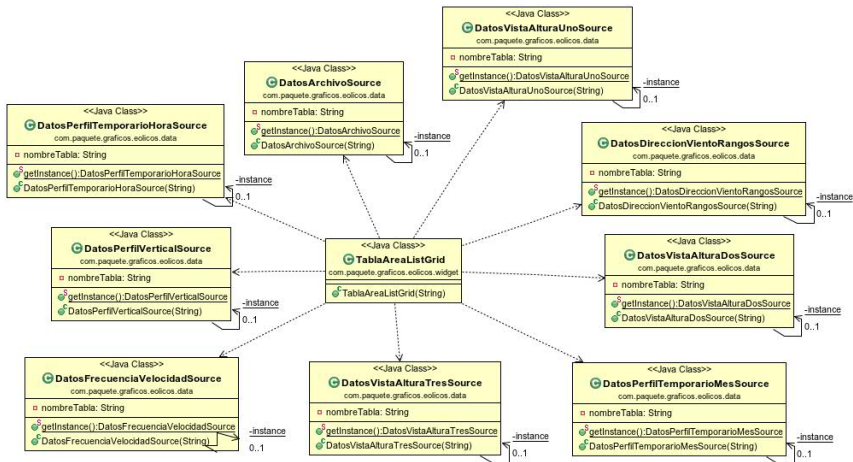
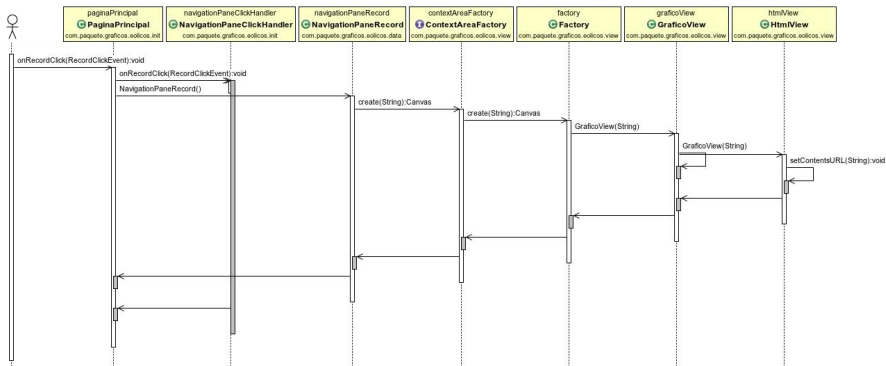


Diagrama de Secuencias

Diagrama de Secuencias Llamada a Gráficos



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - MySQL
 - Entorno MySQL Workbench
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - Eclipse
- Acceso a Base de Datos
 - JDBC
- Lenguaje de Programación
 - Java



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
 - Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
 - Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
 - Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Computacionales Utilizados en el Desarrollo de “VientOnline”:

- Base de Datos
 - *MySQL*
 - *Emma*
 - *MySQL Workbench*
- Entorno de Desarrollo (IDE)
 - *Eclipse*
- Acceso a Base de Datos
 - *Hibernate*
- Lenguaje de Programación
 - *Java*



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - GWT
 - Smart GWT
- Gráficos
 - GWT Visualization
 - Chart

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



Recursos Utilizados en el Desarrollo:

- Framework de Desarrollo
 - *GWT*
 - *Smart GWT*
- Gráficos
 - *GWT Visualizations*
 - *Charts4j*

Herramientas de Uso Libre



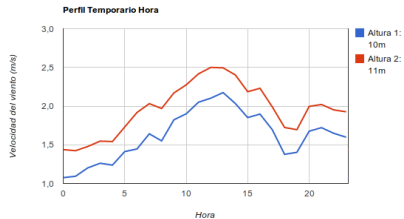
Interface “VientOnline”

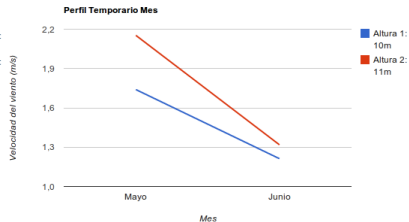
The screenshot shows the VientOnline web application interface. The browser window has a single tab titled "Página principal". The application header includes the "VientOnline" logo and the user's name "Renzo García" with the email "rgarcia.inf@gmail.com".

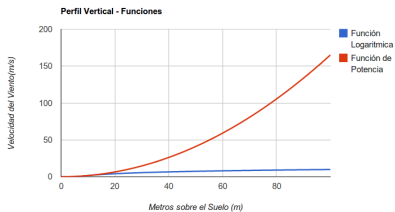
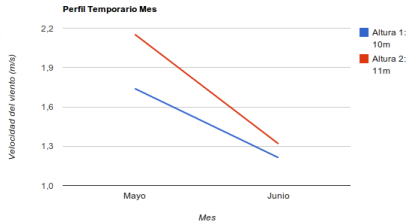
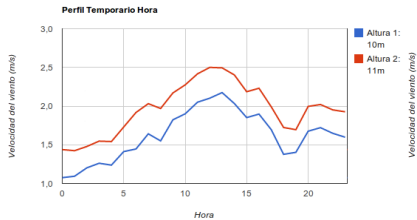
On the left side, there is a navigation menu with two main sections: "Archivo" and "Gráficos". Under "Archivo", the "Tablas" subsection is expanded, showing a list of data tables. "Altura 1" is selected and highlighted in orange. Other options include "Datos de archivo", "Altura 2", "Altura 3", "Perfil Temporario Diurno", "Perfil Temporario Mensual", "Perfil Vertical", "Dirección del Viento", and "Frecuencia de Velocidades". Under "Gráficos", the "G. Todos" option is selected and highlighted in orange. Other options include "G. Perfil Temporario Diurno", "G. Perfil Temporario Mensual", "G. Rosa de los Vientos", "G. Frecuencia de Velocidades", "G. Función Logarítmica", and "G. Función de Potencia".

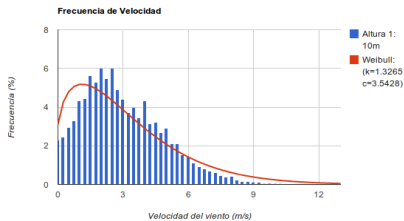
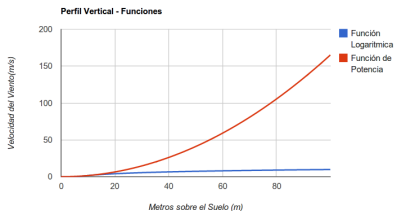
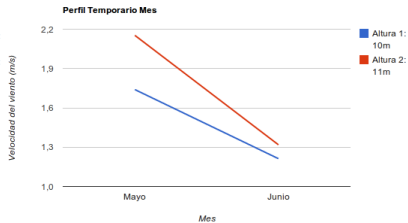
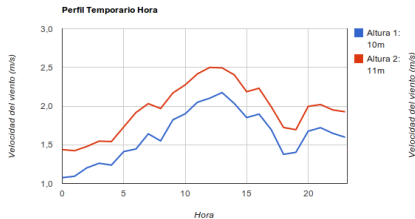
The main content area displays a table titled "Altura 1". The table has five columns: "Fecha", "Hora", "Vel. Prom. Altura Uno", "Dir. Prom. Altura Uno", and "Temp. Prom. Altu". The data represents hourly wind measurements for November 30, 2009, from 21:00:00 to 00:00:00. The temperature is consistently 0.00 °C.

Fecha	Hora	Vel. Prom. Altura Uno	Dir. Prom. Altura Uno	Temp. Prom. Altu
11/30/2009	21:00:00	4.84	243.00	0.00 °C
11/30/2009	21:10:00	5.53	238.00	0.00 °C
11/30/2009	21:30:00	5.80	244.00	0.00 °C
11/30/2009	21:40:00	5.80	245.00	0.00 °C
11/30/2009	21:50:00	5.74	242.00	0.00 °C
11/30/2009	22:00:00	5.30	245.00	0.00 °C
11/30/2009	22:10:00	4.66	246.00	0.00 °C
11/30/2009	22:20:00	4.86	242.00	0.00 °C
11/30/2009	22:30:00	4.97	245.00	0.00 °C
11/30/2009	22:40:00	5.03	245.00	0.00 °C
11/30/2009	22:50:00	4.80	247.00	0.00 °C
11/30/2009	23:00:00	4.16	253.00	0.00 °C
11/30/2009	23:10:00	4.13	247.00	0.00 °C
11/30/2009	23:20:00	4.36	236.00	0.00 °C
11/30/2009	23:30:00	4.52	232.00	0.00 °C
11/30/2009	23:40:00	5.29	234.00	0.00 °C
11/30/2009	23:50:00	5.28	238.00	0.00 °C
11/30/2009	00:00:00	5.59	239.00	0.00 °C

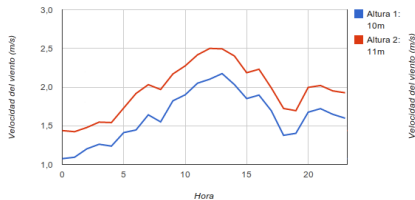




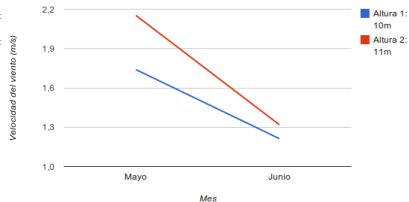




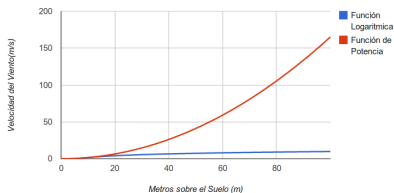
Perfil Temporario Hora



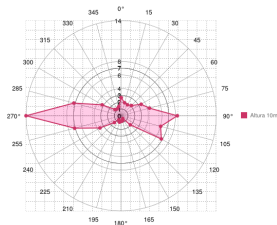
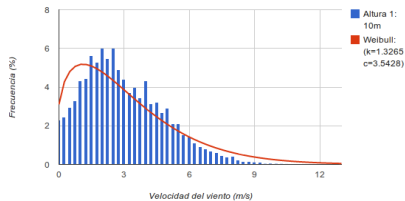
Perfil Temporario Mes



Perfil Vertical - Funciones



Frecuencia de Velocidad



- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta “VientOnline”
- 5 Validación de la Herramienta “VientOnline”**
- 6 Conclusiones



Testing:

- Testing de caja Blanca
- Testing de caja Negra

Comparación

Software “VientOnline” Vs. Software *Windographer*



Testing:

- Testing de caja Blanca
- Testing de caja Negra

Comparación

Software “VientOnline” Vs. Software *Windographer*



Caso de Estudio Analizado

Datos Utilizados para Validación

Fecha	Hora	Temp prom (°C)	Hume- dad (%)	Presión (hPa)	Temp max (°C)	Temp min (°C)	Vel prom alt1 (m/s)	Dir prom alt1 (°)	Temp prom alt1 (°C)	Desvío alt1 (m/s)	Vel max alt1 (m/s)	Dir max alt1 (°)
14/05/08	15:12:12	19,7	44	976	19,9	19,4	1,5	277	22,7	1,2	3,9	277
14/05/08	15:22:12	19,9	44	975	19,9	19,8	1,5	276	22,5	1,2	4	293
14/05/08	15:32:12	20	41	975	20,1	19,9	1,9	266	22,8	1	4,5	253
14/05/08	15:42:12	20	41	975	20,1	19,9	0,7	264	23,4	0,9	3,2	278
14/05/08	15:52:12	20	40	975	20	19,9	0,4	233	22,9	0,8	2,9	236
14/05/08	16:02:12	20	40	975	20,1	19,9	0,5	260	22,9	0,8	2,5	253
14/05/08	16:12:12	20	41	975	20	19,9	0,3	284	23,3	0,7	2,2	284
14/05/08	16:22:12	20,1	42	975	20,2	20	0,8	292	24,4	1,2	5,3	258
14/05/08	16:32:12	20,2	41	975	20,3	20,2	1	293	25,6	1,2	5,4	288

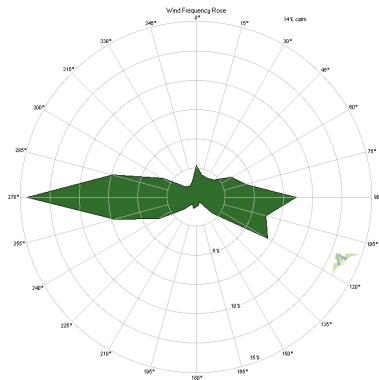
Temp max alt1 (°C)	Vel min alt1 (m/s)	Dir min alt1 (°)	Temp min alt1 (°C)	Vel prom alt2 (m/s)	Dir prom alt2 (°)	Temp prom alt2 (°C)	Desvío alt2 (m/s)	Vel max alt2 (m/s)	Dir max alt2 (°)	Temp max alt2 (°C)	Vel min alt2 (m/s)	Dir min alt2 (°)	Temp min alt2 (°C)
22,9	0	251	22,4	2,1	280	22,3	1	4,2	267	22,5	0	230	22
22,6	0	279	22,4	2	279	22	1,1	4,2	280	22,2	0	319	21,9
23,3	0	233	22,5	2,3	268	22,4	0,8	4,3	255	22,8	0	259	21,9
23,6	0	295	23,1	1,1	264	22,8	1	3,5	264	23,2	0	286	22,5
23,3	0	239	22,6	0,7	233	22,5	0,9	3	233	22,8	0	261	22,1
23,1	0	231	22,6	1	262	22,6	0,9	2,7	252	22,9	0	226	22,1
24,1	0	285	22,9	0,6	285	23,1	0,8	2,5	292	23,9	0	272	22,8
24,8	0	275	24,1	2	299	24,1	1,1	4,9	283	24,5	0	305	23,9
26,1	0	258	24,8	1,8	298	25,2	1,1	5,2	280	25,6	0	255	24,5

- Función Logarítmica
- Función de Potencia
- Perfil Temporario por Mes
- Perfil Temporario por Hora
- Rosa de los Vientos ←
- Histograma de la Frecuencia Relativa ←
- Función Weibull ←

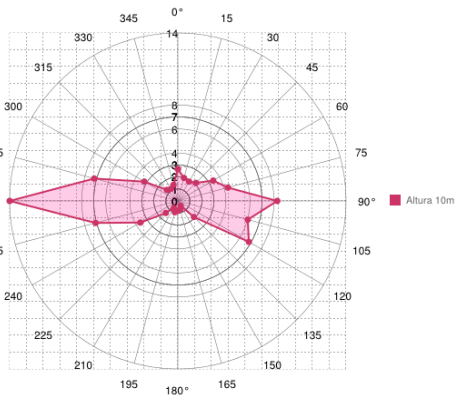


Validación de la Rosa de los Vientos

Rosa de los Vientos



Windographer



“VientOnline”



Validación de la Rosa de los Vientos

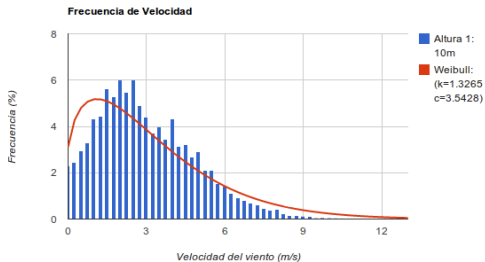
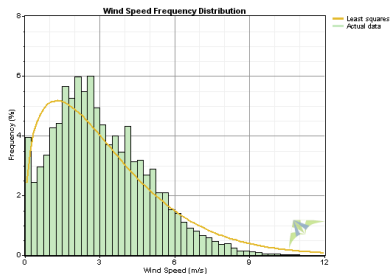
Rosa de los Vientos

	Windographer	VientOnline	
Orientación Punto Medio(°)	Frequency (%)	Frecuencia (%)	Error Relativo %
0°	2,7473	2,7473	0,000 %
15°	2,0452	2,0452	0,000 %
30°	1,9231	1,9231	0,000 %
45°	2,1978	2,1978	0,000 %
60°	3,5104	3,5104	0,000 %
75°	4,4567	4,4567	0,000 %
90°	8,5470	8,5470	0,000 %
105°	6,2271	6,2271	0,000 %
120°	7,0513	7,0513	0,000 %
135°	1,9536	1,9536	0,000 %
150°	0,4884	0,4884	0,000 %
165°	0,7937	0,7937	0,000 %
180°	0,8547	0,8547	0,000 %
195°	1,0073	1,0073	0,000 %
210°	0,7021	0,7021	0,000 %
225°	1,4652	1,4652	0,000 %
240°	3,7241	3,7241	0,000 %
255°	7,3260	7,3260	0,000 %
270°	14,4689	14,4689	0,000 %
285°	7,4481	7,4481	0,000 %
300°	3,3272	3,3272	0,000 %
315°	1,3431	1,3431	0,000 %
330°	1,1905	1,1905	0,000 %
345°	1,4347	1,4347	0,000 %



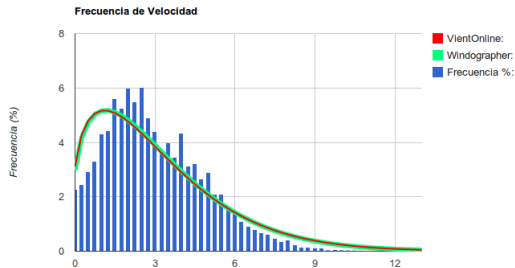
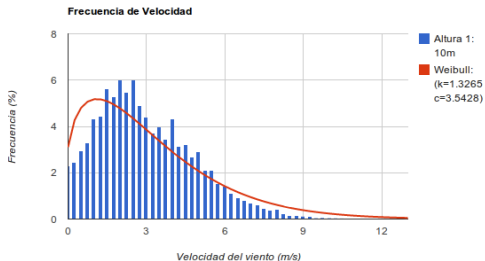
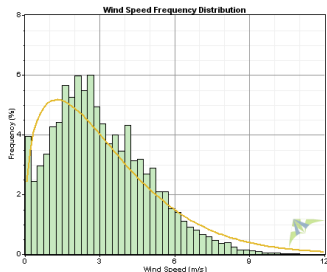
Validación del Histograma de la Frecuencia Relativa

Histograma y Función Weibull



Validación del Histograma de la Frecuencia Relativa

Histograma y Función Weibull



- 1 Motivación
- 2 Objetivos
- 3 Tratamiento Estadísticos de los Datos del Viento
- 4 Desarrollo de la Herramienta "VientOnline"
- 5 Validación de la Herramienta "VientOnline"
- 6 Conclusiones**



Objetivos Alcanzados:

Diseño e implementación de una herramienta Computacional, basada en Software Libre, para el procesamiento de datos de viento para su aplicación en la evaluación de la generación de energía eólica.



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función Weibull
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta “VientOnline”
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Objetivos Alcanzados:

- Selección de un software para el tratamiento de datos de viento e ingeniería inversa de la herramienta
- Análisis de los parámetros característicos del régimen del viento y su posterior tratamiento estadístico a través de gráficos para la aplicación en modelos de energía eólica
 - Ajuste de la distribución de la velocidad media con la función *Weibull*
 - Rosa de los Vientos
 - Perfil de Velocidad
 - Función Logarítmica y de Potencia
- Integración de las herramientas de software libre utilizadas en el desarrollo de la herramienta "VientOnline"
- Diseño, implementación y validación de la herramienta en base a un caso de estudio



Conclusión Final

La herramienta desarrollada “VientOnline”, basada en software libre, será utilizada con fines académicos. Fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario entre la universidad y el medio.



- Estimación de la producción de energía eléctrica
- Simulación del comportamiento de distintas máquinas eólicas en una determinada área
- Evaluación de la influencia de las condiciones topográficas locales en el régimen del viento



¡¡¡MUCHAS GRACIAS!!!