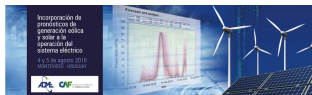


Perspectiva de la energía eólica en Uruguay y análisis del ciclo diario en función del crecimiento de la producción de energía eólica

Sofia Orteli
Claudio Porrini
Andrés Tozzo
Pablo Vogel
Marcos Ribeiro

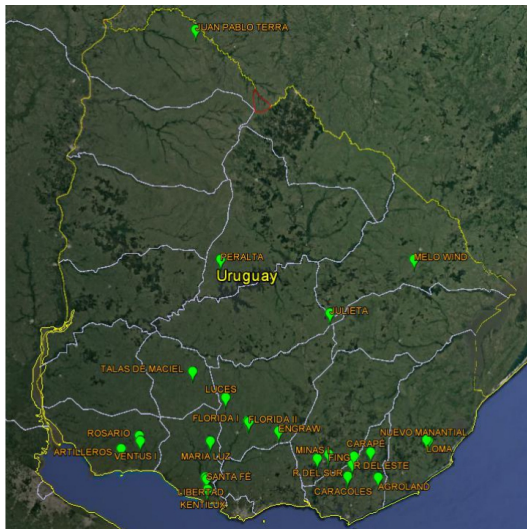


Contenido

Este trabajo se desarrolla en el marco del Convenio UTE-FING.

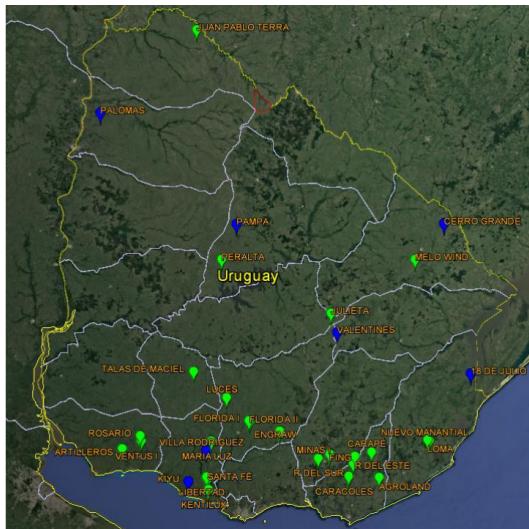
- 1 Evolución en el tiempo de los parques eólicos en Uruguay
- 2 Análisis del ciclo diario en la Capa Límite Atmosférica
- 3 Descripción del ciclo diario de la producción de energía eólica

Año 2016



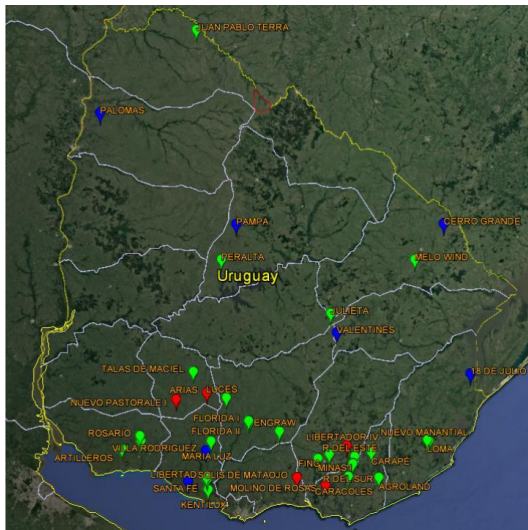
Parque	Pot.Nom [MW]
CARACOLES	20
KENTILUX	17.2
R DEL SUR	50
PERALTA	150
LUCES	88
FLORIDA I-II	100
JUAN PABLO TERRA	67.2
MINAS 1	42
TALAS DE MACIEL	100
ARTILLEROS	65.1
MELO WIND	50
VENTUS 1	9
LIBERTAD	7.7
CARAPÉ	90
SANTA FÉ	0.9
ENGRAB	3.6
AGROLAND	0.3
NUEVO MANANTIALES	4
LOMA	14
FINC	0.15
ROSARIO	9
JULIETA	3.6
MARIA LUZ	9.75
R DEL ESTE	50
TOTAL	951.5

Año 2016



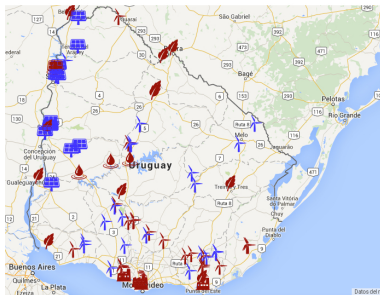
Parque	Pot.Nom [MW]
CARACOLES	20
KENTILUX	17.2
R DEL SUR	50
PERALTA	150
LUCES	88
FLORIDA I-II	100
JUAN PABLO TERRA	67.2
MINAS 1	42
TALAS DE MACIEL	100
ARTILLEROS	65.1
MELO WIND	50
VENTUS 1	9
LIBERTAD	7.7
CARAPÉ	90
SANTA FE	0.9
ENGRW	3.6
AGROLAND	0.3
NUEVO MANANTIALES	4
LOMA	14
FING	0.15
ROSARIO	9
JULIETA	3.6
MARIA LUZ	9.75
R DEL ESTE	50
KIYU	48.6
VILLA RODRIGUEZ	10
CERRO GRANDE	50
PARQUE 18 DE JULIO	10
VALENTINES	70
PAMPA	140
PALOMAS	71
TOTAL	1351.1

Año 2017

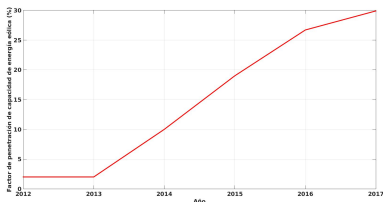


Parque	Pot.Nom [MW]
CARACOLES	20
KENTILUX	17.2
R DEL SUR	50
PERALTA	150
LUCES	88
FLORIDA I-II	100
JUAN PABLO TERRA	67.2
MINAS 1	42
TALAS DE MACIEL	100
ARTILLEROS	65.1
MELO WIND	50
VENTUS 1	9
LIBERTAD	7.7
CARAPÉ	90
SANTA FÉ	0.9
ENGRW	3.6
AGROLAND	0.3
NUEVO MANANTIALES	4
LOMA	14
FING	0.15
ROSARIO	9
JULIETA	3.6
MARIA LUZ	9.75
R DEL ESTE	50
KIYU	48.6
VILLA RODRIGUEZ	10
CERRO GRANDE	50
PARQUE 18 DE JULIO	10
VALENTINES	70
PAMPA	140
PALOMAS	71
MOLINO DE ROSAS	50
NUEVO PASTORALE 1	49.2
SOLIS DE MATAJOJO	10
ARIAS	70
LIBERTADOR IV	50
TOTAL	1580.3

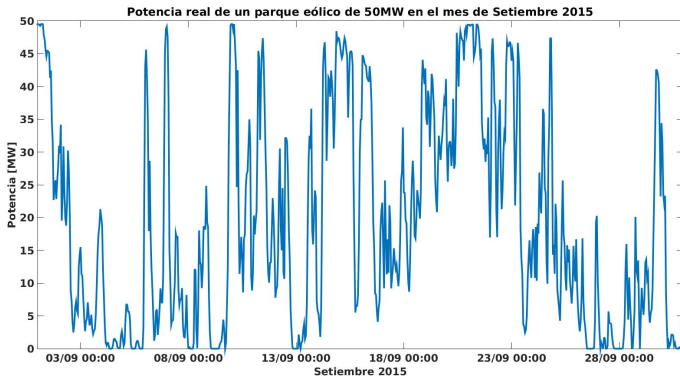
Índice de penetración



$$IP = \frac{P_{Eolica}}{P_{TOTAL}}$$

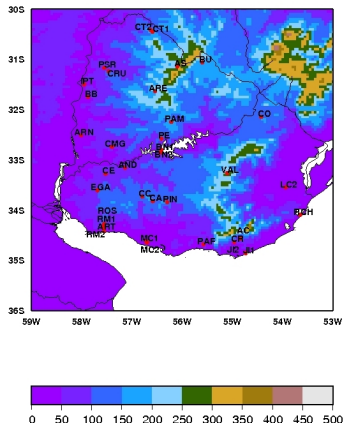


Variabilidad del recurso eólico

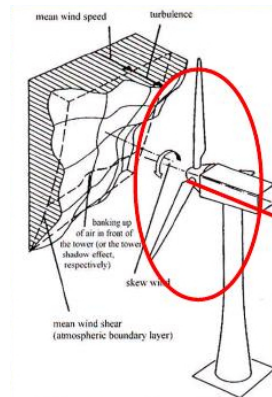


Ubicación de las torres instaladas en el país

Tower measurement location in topography



- En este contexto de crecimiento de la producción de energía eólica se estudiara el ciclo diario de la misma considerando la estabilidad de la atmósfera.
- Para ello buscamos tener una mejor descripción del perfil vertical del viento, la temperatura y la radiación, en el área de barrido de las palas de aerogeneradores.



Descripción

Capa de la atmósfera que interacciona directamente con la superficie del planeta.

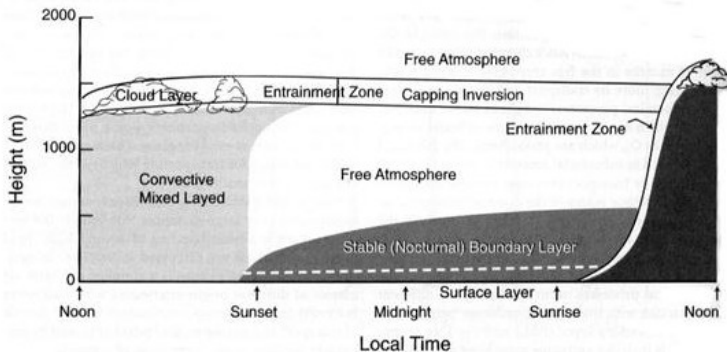


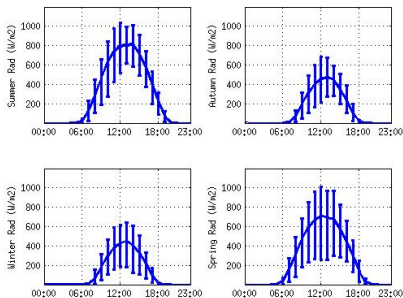
Figura : Stull,1988

Radiación - Temperatura - Velocidad

- Para describir la dinámica de la capa límite atmosférica en las diferentes estaciones del año se procesaron los datos de las torres McMeekan, Colonia Rubio, Rosendo Mendoza.
- Se utilizaron datos de potencia de los parques eólicos operativos en el año 2015-2016 para visualizar su comportamiento en las diferentes estaciones.
- Finalmente para el trimestre Marzo – Abril – Mayo de 2016, se presenta el factor de capacidad con datos de alta calidad y un alto nivel de disponibilidad de potencia nominal total instalada.

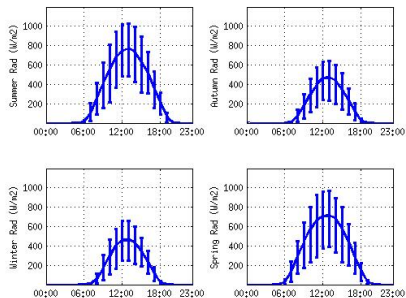
Variación de la radiación solar en diferentes estaciones.

MC irradiancia



Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th. (Gutierrez,2015)

CR irradiancia



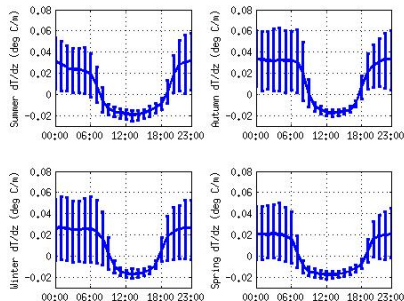
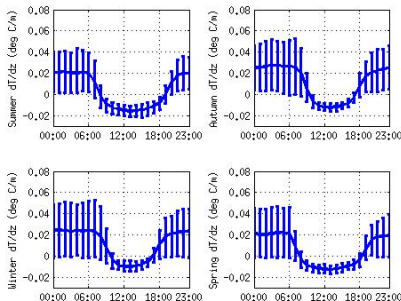
Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th. (Gutierrez,2015)

El análisis muestra que existen cambios significativos en la radiación solar durante el año en latitudes de 30 S y 35 S—invierno, otoño, primavera,y verano—.

Descripción de los regimenes de estabilidad.

RM $\frac{\delta T}{\delta z}$ 2 - 100 m

CR $\frac{\delta T}{\delta z}$ 3 - 99 m



Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\frac{\delta T}{\delta z}$ ($^{\circ}\text{C/m}$).
 (Gutierrez,2015)

Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\frac{\delta T}{\delta z}$ ($^{\circ}\text{C/m}$).
 (Gutierrez,2015)

El gradiente vertical de temperatura se utiliza para definir los casos de estabilidad.

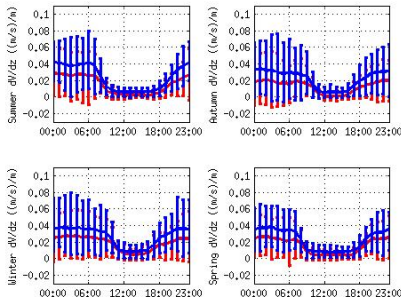
La transferencia de calor negativo se refiere a la transferencia de calor desde la atmósfera a la tierra (régimen estable).
 La transferencia de calor es positivo cuando el suelo está más caliente que la atmósfera (régimen inestable).

Un mayor valor positivo de $\frac{\delta T}{\delta z}$ indica un régimen fuertemente estable.

Un gradiente de temperatura superadiabático indica un régimen fuertemente inestable.

Gradiente vertical del viento horizontal $\frac{\delta V}{\delta z}$

RM 63.5- 81 m (blue), and 81 - 101 m (red).



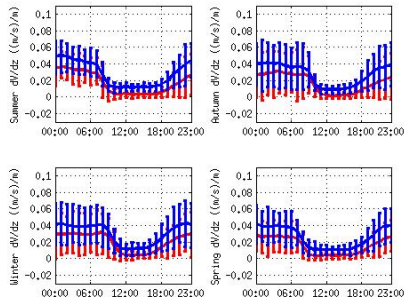
Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\frac{\delta V}{\delta z}$ (1/s).
 (Gutierrez,2015)

Durante la noche y con alturas de entre 60 y 100 m, los rangos de gradiente de velocidad son $0 < \frac{\delta V}{\delta z} < 0,08(1/s)$ entre el percentil 16th y 84th.

El rango y los valores del gradiente de velocidad son mayores que los del gradiente de velocidad después del amanecer,

$0 < \frac{\delta V}{\delta z} < 0,02(1/s)$

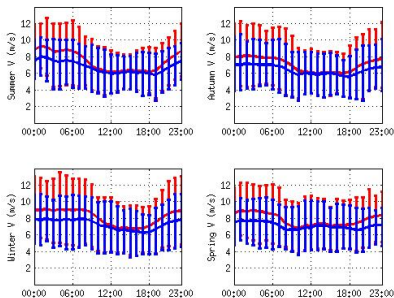
CR 60 - 80 m (blue) and 80 - 101 m (red)



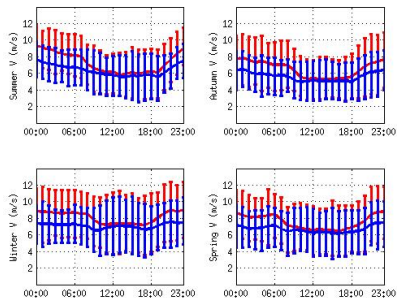
Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\frac{\delta V}{\delta z}$ (1/s).
 (Gutierrez,2015)

Velocidad media $\bar{V}$

RM 63.5 (blue), and 101 m (red).



CR 60 (blue) and 101 m (red)



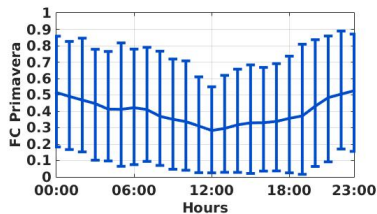
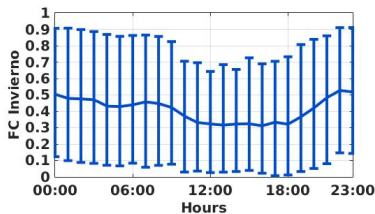
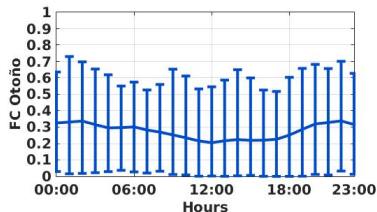
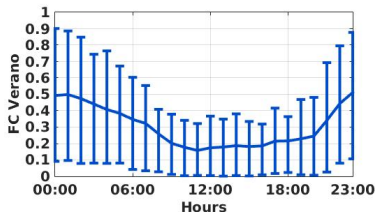
Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\bar{V}$ (m/s).
 (Gutierrez,2015)

Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de $\bar{V}$ (m/s).
 (Gutierrez,2015)

En el nivel superior la velocidad media tiene valores mínimos durante regímenes inestables. Durante la noche el régimen es estable, y la velocidad media tienen un aumento significativo.

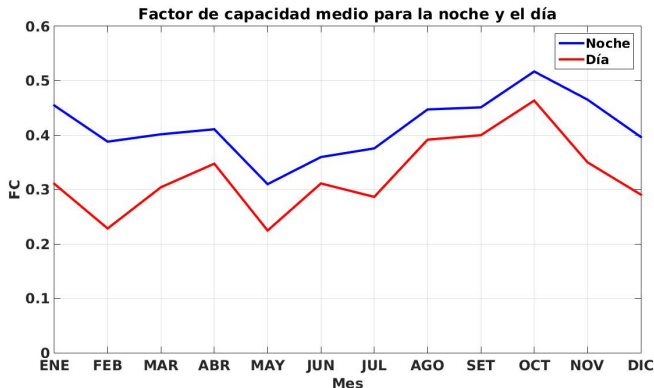
Factor de Capacidad para un parque de 50MW

$$FC(t) = \frac{\bar{P}(t)}{P_{\text{Instalada}}}$$

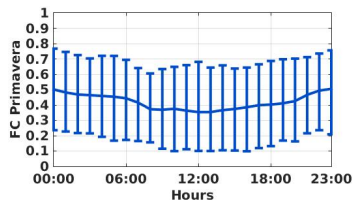
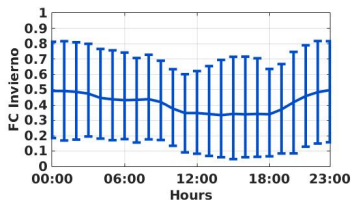
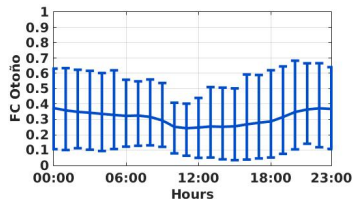
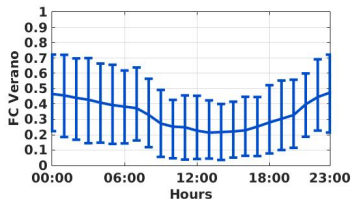


Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de FC

Producción anual de energía eólica. $P_{Nominal} = 561,7MW$



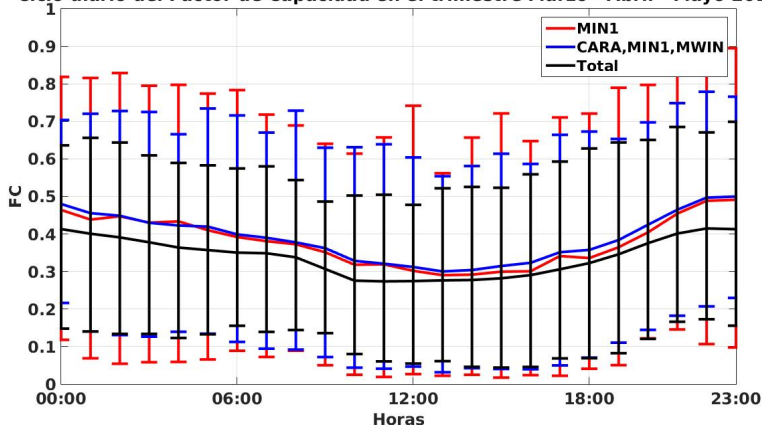
Factor de capacidad para 561.7 MW .



Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th de FC

Potencia nominal de TOTAL 823.6 MW

Ciclo diario del Factor de Capacidad en el trimestre Marzo - Abril - Mayo 2016



Barras verticales muestran los percentiles 16th y 84th.

Se observa una disminución en la dispersión del factor de capacidad a medida que consideramos mayor potencia nominal.

Conclusiones

- Se constato un marcado ciclo diario en la producción de energía eólica para las diferentes estaciones del año, el cual está determinado por la estabilidad en la capa límite atmosférica.

Mayor producción en la noche que en el día.

- El ciclo anual de producción confirmó los resultados presentados por Cornalino, 2015. Teniendose un mínimo de producción en el mes de mayo y una mayor producción en primavera e invierno que en verano.
- La dispersión de la producción de energía eólica disminuye al aumentar la potencia nominal instalada considerada en el cálculo. Esto es un aspecto favorable en el sistema eléctrico.



Muchas Gracias !!!