

# Modelos de Mesoescala - Modelos y Errores

Mayo 2023



# Contenido

## 1 Modelos y Errores

# Tratamiento de errores, (Madsen, 2004)

$$e(t+k|t) = P(t+k) - \hat{P}(t+k|t) \quad (1)$$

$$e(t+k|t) = \frac{1}{P_{inst}} (P(t+k) - \hat{P}(t+k|t)) \quad (2)$$

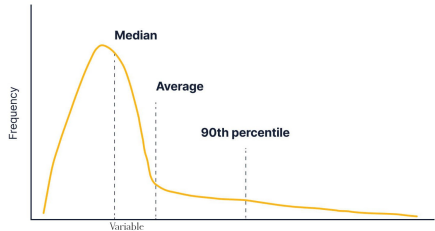
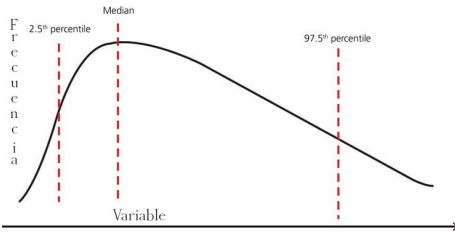
$$BIAS(k) = \bar{e}(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{t=N} e(t+k|t) \quad (3)$$

$$MAE(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{t=N} |e(t+k|t)| \quad (4)$$

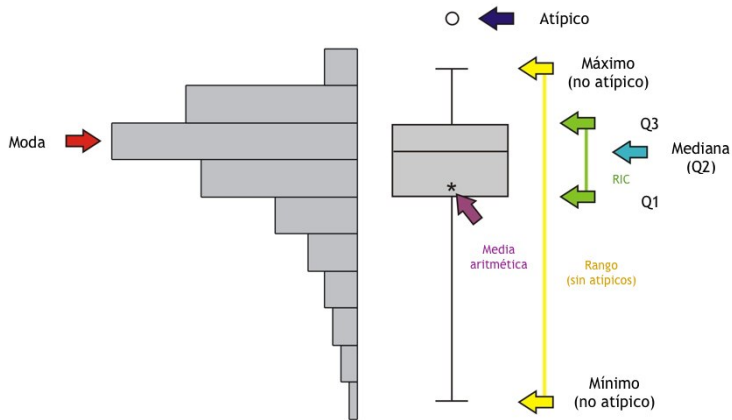
$$RMSE(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^{t=N} (e(t+k|t))^2} \quad (5)$$



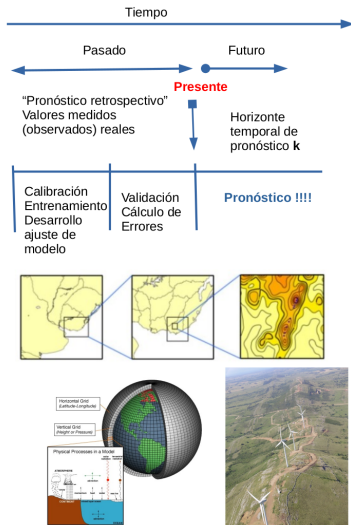
# Percentiles



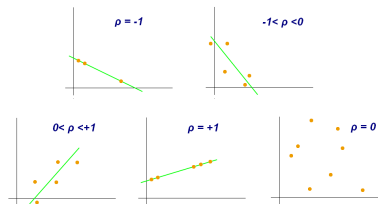
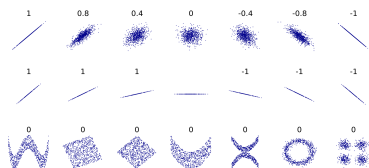
# Diagrama de caja - Box plot



# Desarrollo y Pronóstico

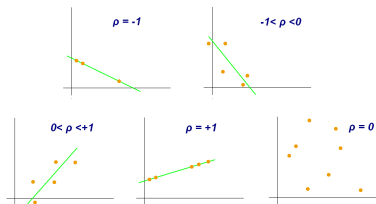


# Correlación



# Correlación

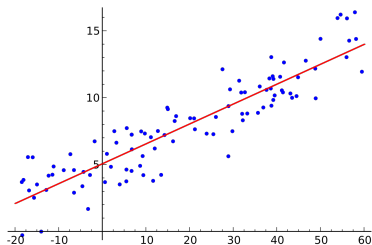
$$\rho_{X, \hat{X}} = \frac{E((X - \text{mean}(X))(\hat{X} - \text{mean}(\hat{X})))}{\sigma_X \sigma_{\hat{X}}}$$





# Regresión Lineal

$$X = a\hat{X} + b$$



# Regresión Lineal Múltiple

$$X = a_1 \hat{X}_1 + a_2 \hat{X}_2 + \dots + a_n \hat{X}_n + b$$

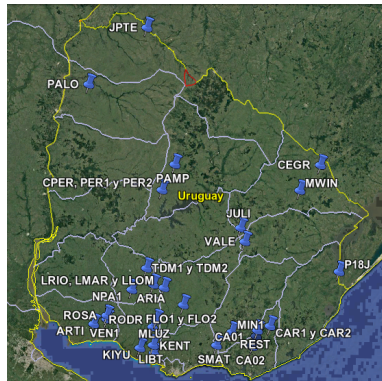
# Análisis

- Condiciones de Borde: ECMWF (50 miembros, datos **cada 6hrs** grilla, 55 Km.
- Entrenamiento RNA: Con **ensembles**. Diferentes input y configuraciones de RNA.
- VARIABLES meteorológicas U, V, P, T100m, T2m.



# Corrección de variables meteorológicas con RNA

- Datos: ECMWF. Grilla 0.5(aprox. 55 km), paso temporal de 6 horas, inicialización 00 GMT, 50 miembros.
- Interpolación espacial: Se hace una interpolación en cada punto de interés (parques eólicos y torres anemométricas).
- Variables: U, V, T2, T100m y P. En base a estas variables se calculan velocidad y dirección del viento, temperatura a 2 m y 100m, densidad del aire y presión atmosférica.

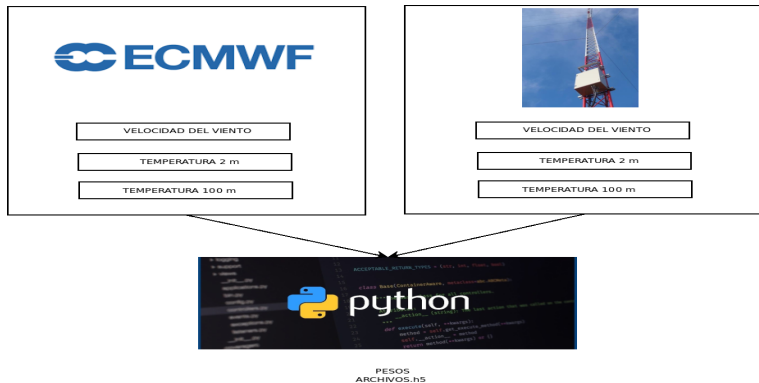


# Corrección de variables meteorológicas con RNA

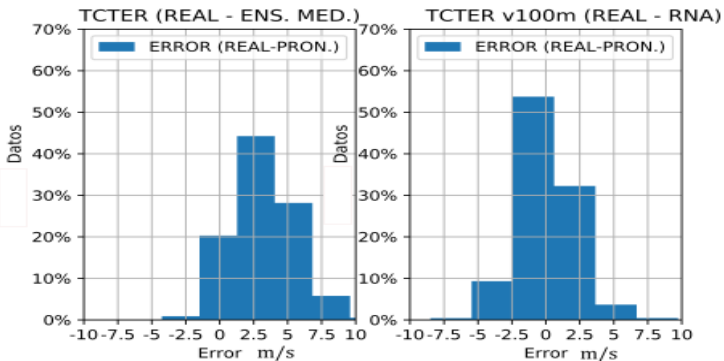
- Interpolación temporal: Se obtiene una serie horaria de los datos a partir de una interpolación lineal.
- Torres Meteorológicas: A partir de un conjunto de torres meteorológicas, se corrigen tres variables pronosticadas por el modelo: velocidad del viento, temperaturas a 2 m y 100 m.
- Aplicación de la Corrección: Dicha corrección se hace en un período de entrenamiento, donde al final del proceso obtenemos "*pesos*" para determinada variable.



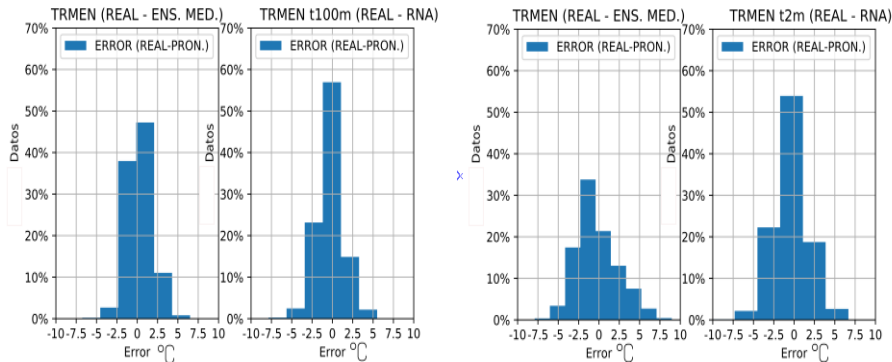
# Proceso de Corrección de Variables Atmosféricas



# Proceso de Corrección de Variables Atmosféricas



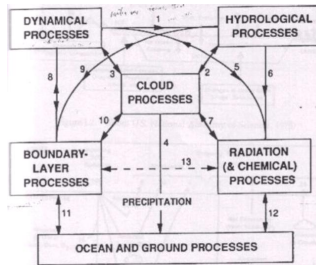
# Proceso de Corrección de Variables Atmosféricas





# Parametrizaciones del WRF

- Microphysics
- Cumulus parameterization
- Surface Layer
- Land-Surface Model
- Planetary Boundary Layer
- Atmospheric Radiation
- Physics Interactions

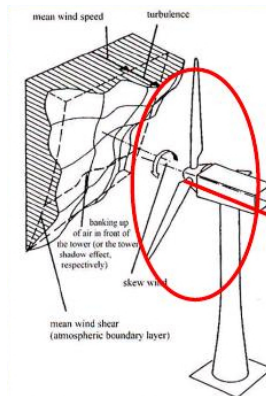


# CLA → Energía Eólica

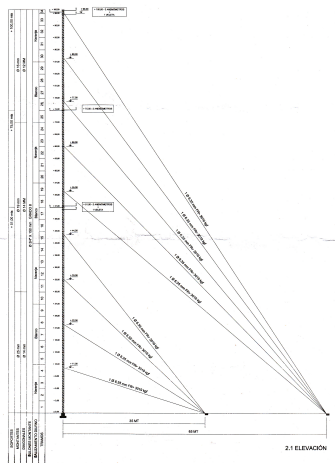
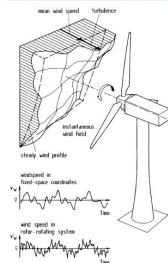
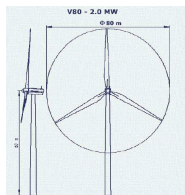
Importa describir el ciclo diario del perfil de velocidades en el area de barrido de palas de los aerogeneradores

Viento

$\vec{V}(x, y, z, t)$ , Estabilidad  $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ ,  $\vec{V}^T(x, y, z, t)$ ,  $IT(t)$



# Perfil de velocidades en altura ciclo diario

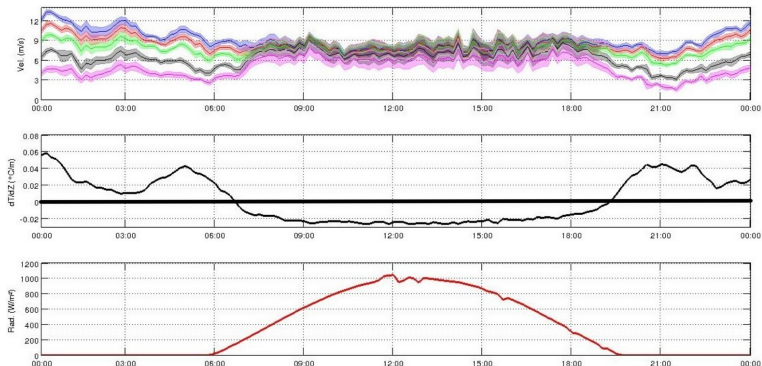


- Anemómetros: 101.8 m - 81.8 m - 60.8 m - 25.7 m - 10.1 m
- Termómetros: 100.8 m 3.4 m

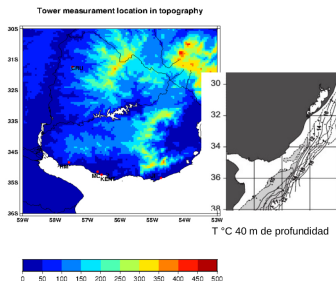
# Interacción entre $I_{Rad} \rightarrow \frac{\delta T}{\delta Z}_{10min} \rightarrow (\bar{V}_{10min}, \sigma_{10min})$

6 Diciembre de 2014

- Anemómetros: 101.8 m - 81.8 m - 60.8 m - 25.7 m - 10.1 m
- Termómetros: 100.8 m 3.4 m



# Radiación solar y la Mesoescala

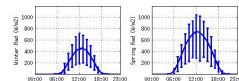
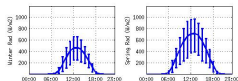
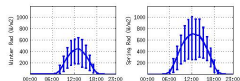
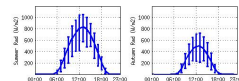
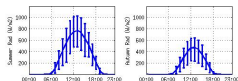
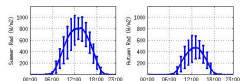


Section	T (°C)
(a) August 2003	
Mar del Plata	8.438 ± 1.106
Punta Médanos	-
Río de la Plata	8.963 ± 1.114
Río de la Plata	8.875 ± 1.263
Punta del Este	11.383 ± 2.556
Punta del Este	9.804 ± 0.743
Punta del Diablo	15.687 ± 2.624
Punta del Diablo	10.094 ± 0.309
Punta del Diablo	17.235 ± 1.014
Albardillo	-
Río Grande	17.277 ± 0.948
Río Grande	-
Soldado	18.030 ± 1.113
Soldado	18.442 ± 0.630
(b) February 2004	
Mar del Plata	9.391 ± 3.221
Punta Médanos	-
Punta Médanos	9.934 ± 3.502
Río de la Plata	9.370 ± 3.580
Río de la Plata	23.896 ± 0.139
Punta del Este	15.018 ± 0.266
Punta del Este	24.319 ± 0.253
Punta del Diablo	15.497 ± 0.089
Punta del Diablo	24.281 ± 2.191
Albardillo	16.023 ± 0.502
Albardillo	20.104 ± 3.720
Río Grande	-
Río Grande	23.515 ± 2.174
Soldado	23.558 ± 1.669

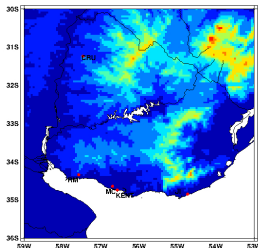
MC irradiance

Percentiles 16 % y 84 %  
CR irradiance

JI irradiance



# Mesoescala $\frac{\delta T}{\delta Z}$

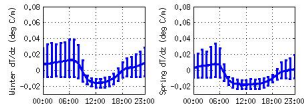
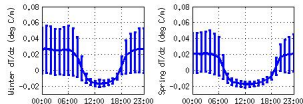
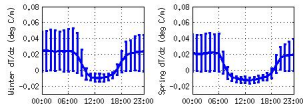
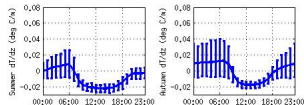
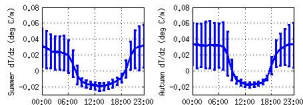
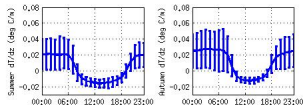


Percentiles 16 % y 84 %  $\frac{\delta T}{\delta Z}$  (°C/m)

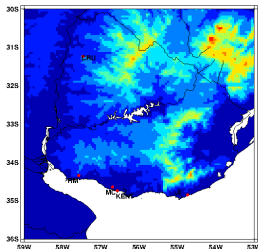
RM  $\frac{\delta T}{\delta Z}$  2 - 100 m

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

Jl  $\frac{\delta T}{\delta Z}$  12 - 98 m



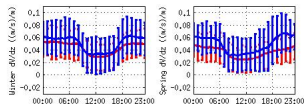
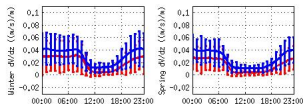
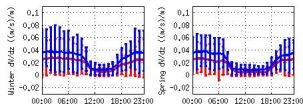
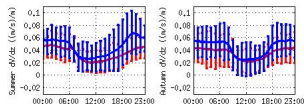
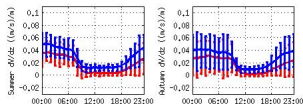
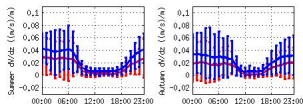
# Mesoescala $\frac{\delta V}{\delta Z}$



Percentiles 16 % y 84 %  $\frac{\delta V}{\delta Z}$  (1/s)  
RM 63.5- 81 m (azul), and 81 - 101 m (rojo).

CR 60 - 80 m (azul) and 80 - 101 m (rojo)

Jl 12 - 40 m (azul) and 40 - 98 m (rojo)



# Parametrizaciones de PBL

Different strategies for PBL parametrization (Stull, 1988) (Stensurd, 2007).- **Diferentes estrategias para resolver numéricamente la CLA "cierre":**

- Friction in surface and scale of velocity, **tensión rasante en superficie y escala de velocidad**

$$u_*^2 = \frac{[\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2]^{1/2}}{\rho} = [u'w'^2 + v'w'^2]^{1/2}$$

- A mixing length  $l$ , description of turbulence (Prandtl, 1925), mean wind velocity  $\bar{u}$ , surface layer temperature

$$\text{scale } \theta_* SL = \frac{-w' \theta'}{u_* S} \text{ a turbulent eddy } z'$$

reference level  $z$ ,  $u' = -\frac{\partial \bar{u}}{\partial z} z'$  and

$$w' = -c \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right| z' \text{ with } l^2 = cz'^2.$$

The most common assumption is  $l = kz$  ( $k = 0,40$ , Von Karman constant) **longitud  $l$  como una escala de los vortices que producen la mezcla**

- Stability regime (Monin, 1954) (Busigner 1971)

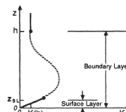
$$L = \frac{-\bar{\theta} u_*^3}{kg(w' \theta')}, \quad \zeta = \frac{z}{L} \text{ for a given height } (z).$$

( $\zeta > 0$  stable,  $\zeta < 0$  unstable, and  $\zeta = 0$  is neutral)

$$\text{then } \phi_m(\zeta) = \frac{kz}{u_*} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \text{ and } \phi_h(\zeta) = \frac{z}{\theta_*} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z}$$

**gradientes adimensionados en función de la estabilidad**

- First-order closure \* Cierre de Primer Orden: Nonlocal**



$$*** K_m = u_* kz \phi_m^{-1} (1 - \frac{z}{h})^p ***$$

$$* K_m = l^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right| * \text{Local}$$

- One-and-a-half-order closure \* Cierre Orden 1.5**

$$e = (u'^2 + v'^2 + w'^2)/2 \text{ (TKE)}$$

$$\frac{\partial \bar{e}}{\partial t} =$$

$$-u'w' \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} - v'w' \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \left(\frac{g}{\theta}\right) \overline{w' \theta'} - \frac{\partial [\overline{w' ((\rho'/\rho) + e)}]}{\partial z} - \epsilon$$

$$\frac{\partial (\overline{\theta'^2})}{\partial t} = -2\overline{w' \theta'} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z} - \frac{\partial \overline{w' \theta'^2}}{\partial z} - 2\epsilon \theta - \epsilon R$$

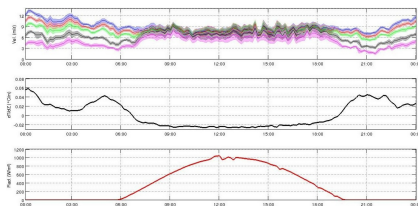
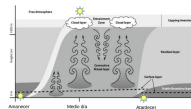
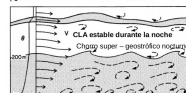
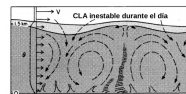
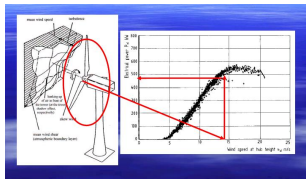
Then:

$$*** w' u' = -K_m(\bar{e}, \overline{\theta'^2}) \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} ***$$

**Local**



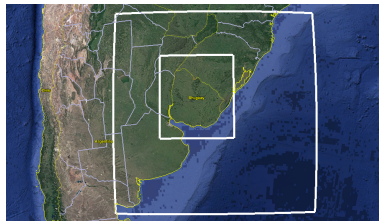
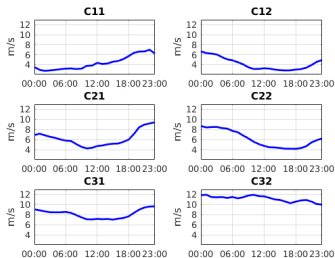
# ¿Desempeño de los modelos numéricos en la CLA?



# ¿Desempeño de los modelos numéricos en la CLA?

Esquema – CLA	Tipo	Orden de cierre	Altura de la CLA
YSU	No-local	1	Ri
MYJ	local	1.5	TKE
ACM2-Pleim	No-local inestabilidad; local estabilidad	1	Ri
Boulac	local	1,5	TKE
Bretherton-Park	local	1.5	Ri
GBM-TKE	local	1.5	Salto de la inversión térmica
Shin-Hong	No-local función de la resolución de la grilla	1	Ri
MYNN	local	1.5	TKE

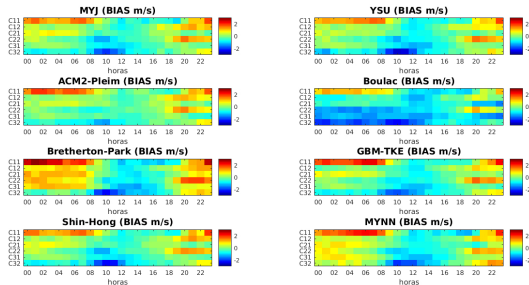
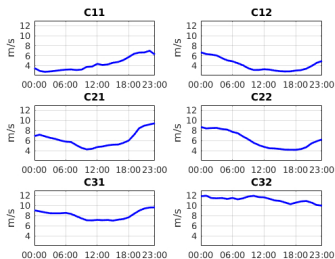
Cilos diarios medidos a 100 metros de altura



# ¿Desempeño de los modelos numéricos en la CLA?

Esquema – CLA	Tipo	Orden de cierre	Altura de la CLA
YSU	No-local	1	Ri
MYJ	local	1.5	TKE
ACM2-Pleim	No-local inestabilidad; local estabilidad	1	Ri
Boulac	local	1,5	TKE
Bretherton-Park	local	1.5	Ri
GBM-TKE	local	1.5	Salto de la inversión térmica
Shin-Hong	No-local función de la resolución de la grilla	1	Ri
MYNN	local	1.5	TKE

Cilos diarios medidos a 100 metros de altura



# Plotear

