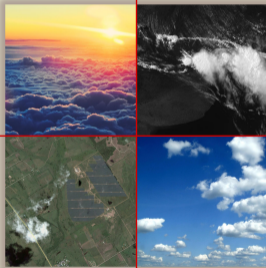


# Predicción probabilística de la irradiancia solar usando mediciones terrestres e imágenes de satélite

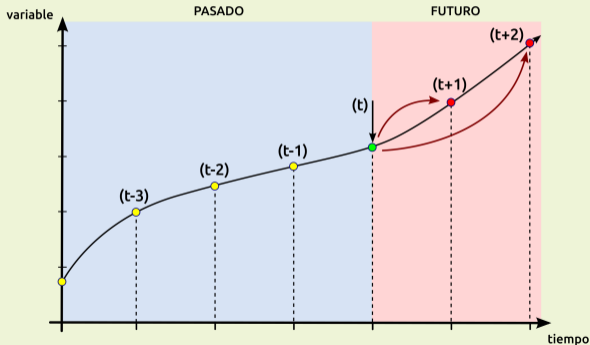


## Jornadas Científicas JLES-II

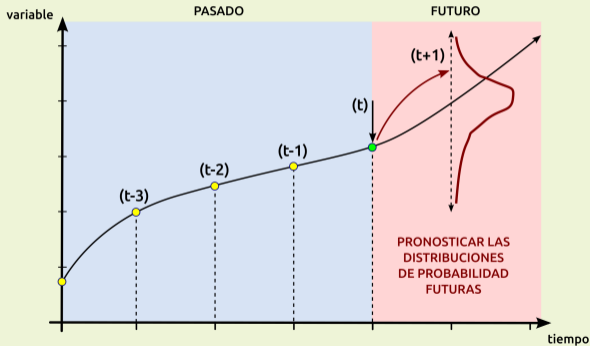
Intra-day solar probabilistic forecasts including local short-term variability and satellite information.  
R. Alonso-Suárez, M. David, V. Teixeira-Branco, P. Lauret.  
Renewable Energy 158 (2020) 554-573.

Rodrigo Alonso-Suárez  
r.alonso.suarez@gmail.com

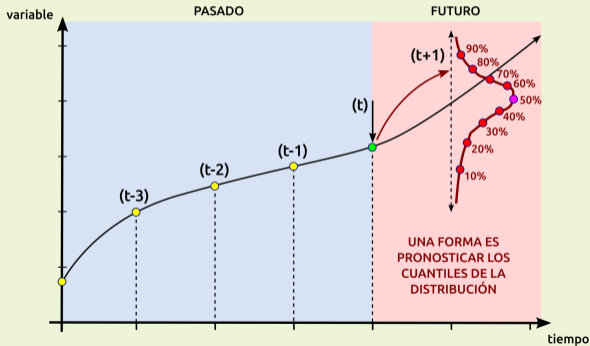
## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO DETERMINÍSTICO (puntual)



## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO



## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO



## MÉTRICAS DE DESEMPEÑO PARA EL PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO

### ¿QUÉ PROPIEDADES SE BUSCAN?

**CONFIABILIDAD:** que un intervalo al X% efectivamente deje ese porcentaje de probabilidad

**RESOLUCIÓN:** que los intervalos sean lo más estrecho posible (nitidez en los intervalos)

**INCERTIDUMBRE:** la incertidumbre media de los intervalos

### ¿CÓMO SE EVALÚA EL PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO?

confiabilidad	1. Diagrama de Confiabilidad (Reliability Diagram)
	2. Diagrama de Rango (Rank Diagram)
	3. Diagrama PICP (Prediction Interval Coverage Probability)
resolución	4. PINAW (Prediction Interval Normalized Averaged Width)
todas las ant.	5. CRPS (Continuous Rank Probability Score)

## MÉTRICAS DE DESEMPEÑO PARA EL PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO

**PINAW: Ancho Medio de los Intervalos de Confianza (i.e. 80%)**

$$\text{PINAW}(\Delta t, \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^N \left( \hat{G}_{h,i|1-\frac{\alpha}{2}}(t + \Delta t) - \hat{G}_{h,i|\frac{\alpha}{2}}(t + \Delta t) \right)}{\sum_{i=1}^N G_{h,i}(t + \Delta t)}$$

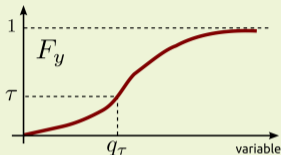
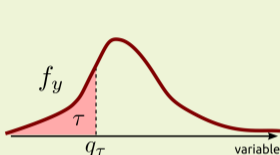
**CRPS: Diferencia promedio de la predicción perfecta**

$$\text{CRPS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_{-\infty}^{+\infty} \left( \hat{F}_i(x) - F_{i,x_o}(x) \right)^2 dx.$$

**CRPSS: Skill Score en CRPS -> Ensemble de persistencia (9 lags anteriores en  $kc$ )**

$$\text{CRPSS} = 100 \times \left( 1 - \frac{\text{CRPS}_m}{\text{CRPS}_o} \right)$$

## METODOLOGÍA: Regresión Lineal por Cuantiles (Linear Quantile Regression, LQR)



SOLUCIÓN BUSCADA

$$F_y(q_\tau) = \tau$$

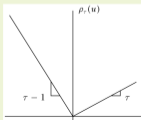


SE PUEDE DEMOSTRAR QUE ES SOLUCIÓN  
DE ESTE PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN

$$q_\tau = \arg \min_q \left\{ \sum_k \rho_\tau (y_k - q) \right\}$$

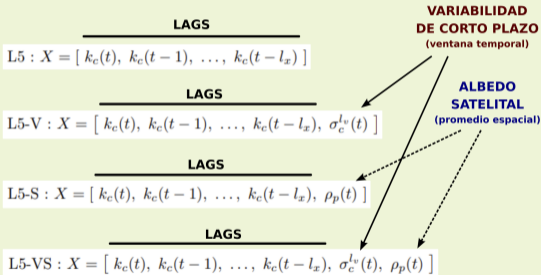
Y los cuantiles se pueden expresar  
en forma lineal con un conjunto  
de entradas X (predictores)

$$q_\tau = X \beta_\tau$$



# METODOLOGÍA: Regresión Lineal por Cuantiles (Linear Quantile Regression, LQR)

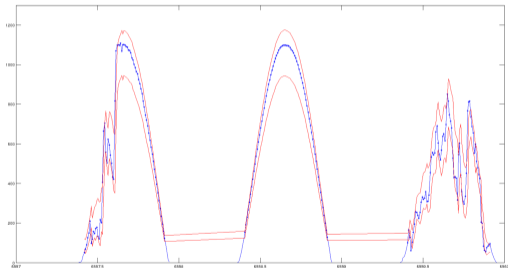
## MODELOS DE REGRESIÓN





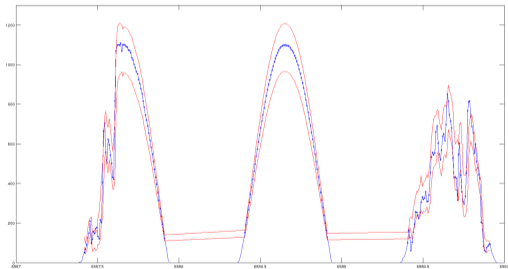
## RESULTADOS: Ejemplos en la serie temporal -> Intervalo de Confianza 80%

X - 5 valores anteriores de la serie de  $kc$



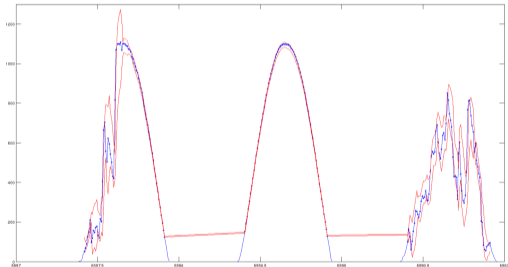
## RESULTADOS: Ejemplos en la serie temporal -> Intervalo de Confianza 80%

X - 5 valores anteriores de la serie de kc + satélite (albedo)



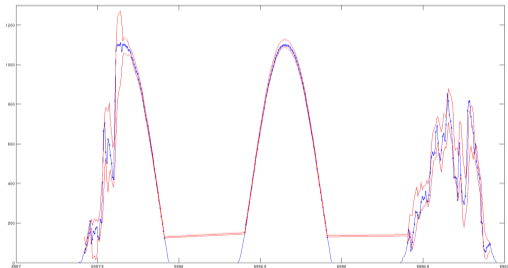
## RESULTADOS: Ejemplos en la serie temporal -> Intervalo de Confianza 80%

X - 5 valores anteriores de la serie de kc + variabilidad

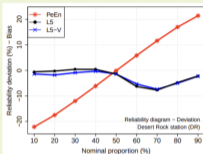


## RESULTADOS: Ejemplos en la serie temporal -> Intervalo de Confianza 80%

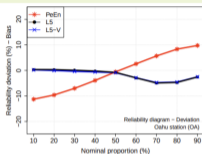
X - 5 valores anteriores de la serie de kc + variabilidad + satélite (albedo)



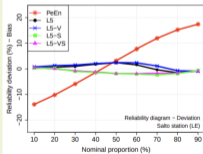
## RESULTADOS: Confiabilidad



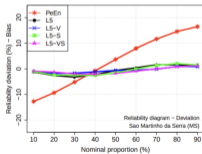
(a) Desert Rock station (DR).



(b) Oahu station (OA).

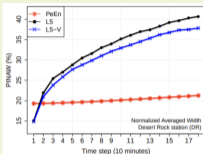


(c) Salto station (LE).

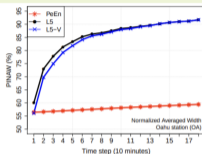


(d) São Martinho da Serra station (MS).

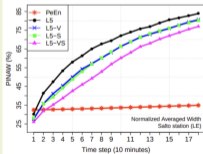
## RESULTADOS: Ancho Medio de los Intervalos



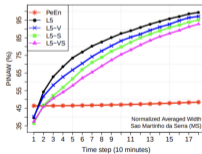
(a) Desert Rock station (DR).



(b) Oahu station (OA).

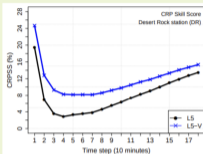


(c) Salto station (LE).

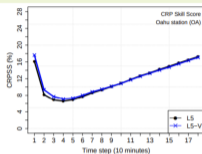


(d) São Martinho da Serra station (MS).

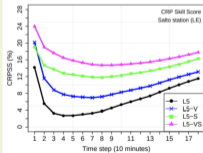
## RESULTADOS: CRP Skill Score



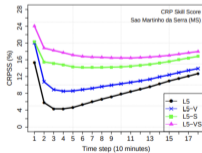
(a) Desert Rock station (DR).



(b) Oahu station (OA).



(c) Salto station (LE).



(d) São Martinho da Serra station (MS).

## CONCLUSIONES

- \* **Incorporar la variabilidad de corto plazo de las mediciones permite reducir el ancho medio de los intervalos en condiciones de cielo claro.**
  - > No es un predictor útil en climas de alta variabilidad del recurso solar.
  - > Es un predictor útil en climas de baja e intermedia variabilidad.
- \* **Incorporar el albedo satelital a tiempo (t), promediado en una región, permite mejorar la predicción probabilística en condiciones de nubosidad.**
  - > Es un predictor útil en climas de variabilidad intermedia.

## TRABAJO PENDIENTE

- \* **Testear el impacto de incluir el albedo satelital para la predicción probabilística en climas de baja y alta variabilidad del recurso solar.**
- \* **Testear el impacto de estos predictores con técnicas más complejas de predicción probabilística.**
- \* **Utilizar la información satelital en forma más sofisticada.**



Muchas gracias!



LABORATORIO DE  
ENERGÍA SOLAR  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

<http://les.edu.uy/>  
<http://les.edu.uy/online/>

Dr. Ing. Rodrigo Alonso-Suárez  
[r.alonso.suarez@gmail.com](mailto:r.alonso.suarez@gmail.com)