

# Benchmarking regional

Predicción de irradiación y nubosidad horaria por *Cloud Motion Vectors*

---

Daniel Aicardi Vila

24/02/2022

Jornadas de investigación del Laboratorio de energía solar (LES) - JLES II

# Contenido

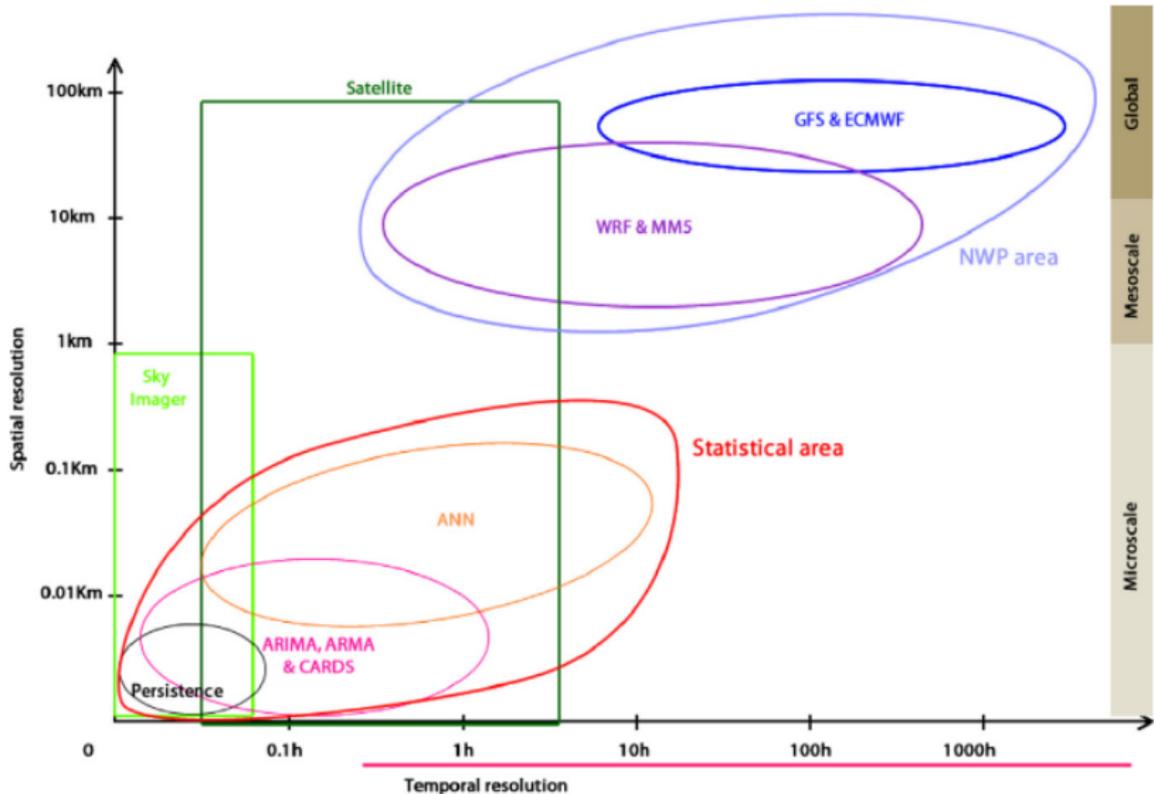
- Pronóstico
- Cloud Motion Vectors
- GHI
- Resultados
- Conclusiones

Pronóstico

## ¿Para qué?

- Requerido para la operación de una red eléctrica con generación solar
- Sistemas fotovoltaicos tienen una muy rápida respuesta a cambios en la irradiación solar
- El proveedor quiere conocer información futura para tomar acciones

# ¿Qué se puede hacer?



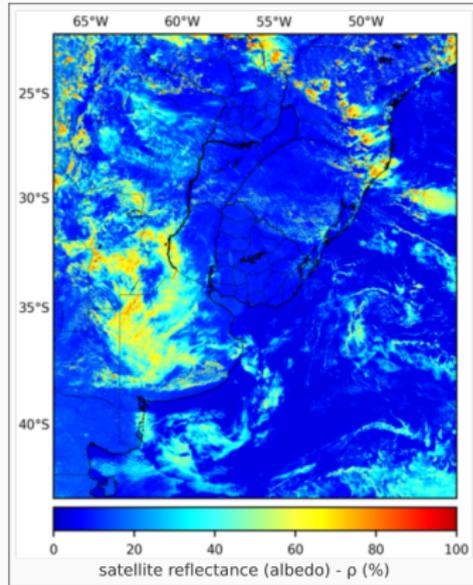
# Imágenes satelitales LES

- GOES EAST desde 2000
- Canal visible
- RP (Reflectancia Planetaria)

Para este trabajo se utilizaron imágenes de 2016 y 2017

- 30 minutos entre imágenes
- Resolución:  $\sim 1.5$  km

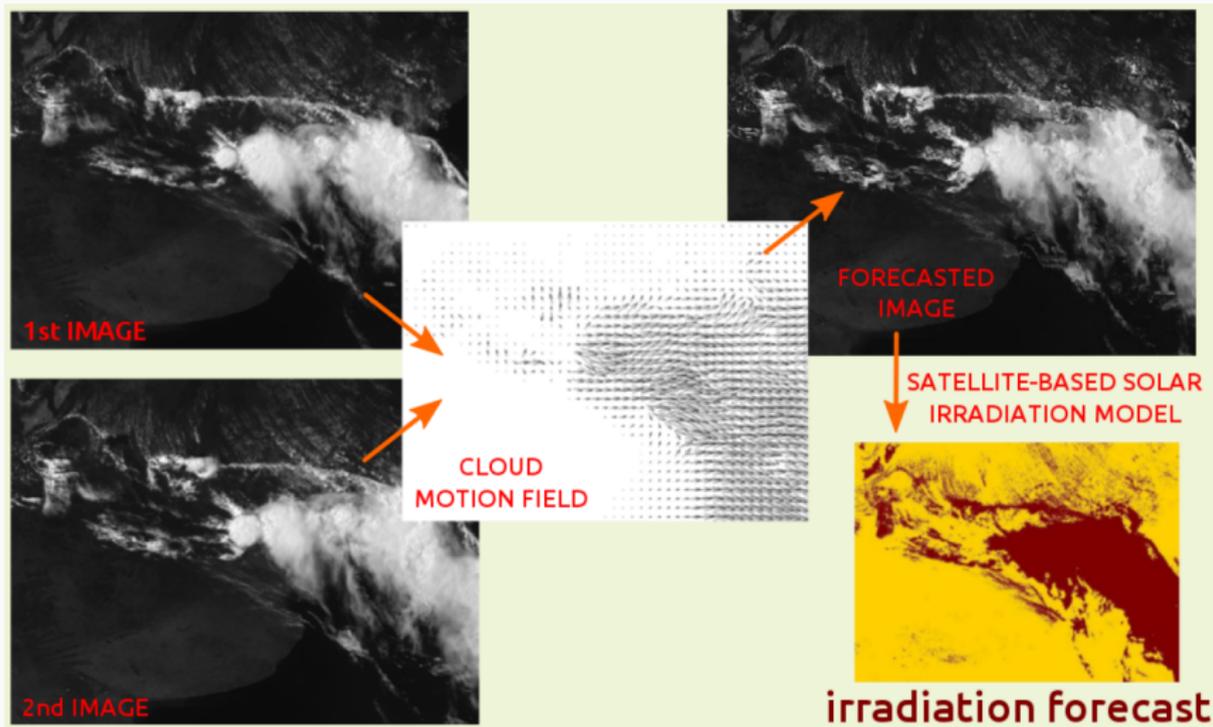
# Imágenes satelitales LES



# ¿Qué queremos?



# ¿Qué queremos?

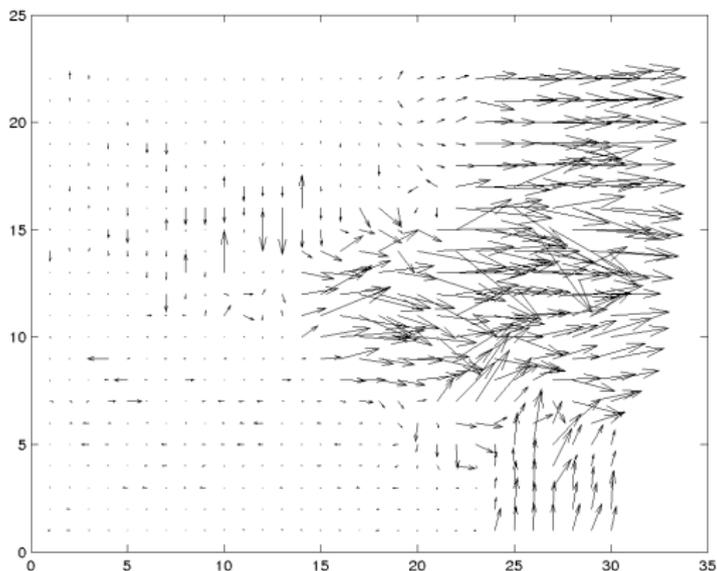


CMV

# Cloud Motion Vectors

Los métodos buscan el par  $(u, v)$  que conforma el CMV resultante

- Lorentz - Windows matching
- Flujo óptico (OF)



- Lorentz (PIV) - Windows matching
- Lucas-Kanade (LK) - OF
- Farneback (FRB) - OF
- Horn-Schunck (HS) - OF
- TVL1 - OF

- Utilizado en el área de visión por computadora
- Evalúa cambios entre imágenes consecutivas
- Se asume que no hay cambios de brillo en los elementos de la imagen en el tiempo

$$I_t + I_x u + I_y v = 0$$

Resolver esto requiere de más información!

Lucas-Kanade

$$\text{Arg min}_{u,v} \left\{ \int_{\mathcal{W}} (I_x \cdot u + I_y \cdot v + I_t)^2 \right\}.$$

Horn-Schunck

$$\text{Arg min}_{u,v} \left\{ \int_I (\nabla u)^2 + (\nabla v)^2 + \lambda \cdot (I_x \cdot u + I_y \cdot v + I_t)^2 \right\}.$$

TVL1

$$\text{Arg min}_{u,v} \left\{ \int_I |\nabla u| + |\nabla v| + \lambda \cdot |I_x \cdot u + I_y \cdot v + I_t| \right\}.$$

## Cómo se pronostica la siguiente imagen?

CMV  $(u,v)$  obtenido de dos imágenes consecutivas  $(I_1, I_2)$

$$I_{predicted}(x, y) = I_2(x + u, y + v)$$

**Hipótesis: CMV constante**

Para distintos horizontes temporales, se parte de la última imagen pronosticada y se repite el cálculo anterior

## Ordenando un poco

- 2 sets de imágenes (train-test)
- Entrenamiento de parámetros particulares de cada método
- Estimación de CMV para cada par de imágenes consecutivas
- Se realiza el pronóstico de 1 a 5 horas
- Se compara con la información de los datos de test

Con esto ya tenemos un resultado a nivel de imagen

GHI

# Conversión a irradiación solar

- Se utiliza un modelo de índice de nubosidad (CIM) ajustado para la región
- El modelo combina el modelo de cielo claro ESRA con un factor de atenuación lineal basado en el índice de nubosidad

Estamos en condiciones de calcular una serie temporal de irradiación solar para cada punto del mapa

## Contra qué comparar el resultado?

- Información histórica de medidas en tierra

station name	station code	latitude (deg)	longitude (deg)	altitude (m)
LES	LE	-31.28	-57.92	60
LES Rocha	RC	-34.49	-54.32	30
INIA Las Brujas	LB	-34.67	-56.34	37
INIA La Estazuela	ZU	-34.34	-57.69	70
INIA Tacuarembó	TA	-31.71	-55.83	142
INUMET Artigas	AR	-30.40	-56.51	121

- Persistencia

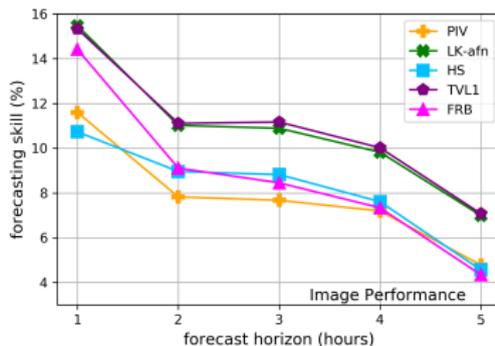
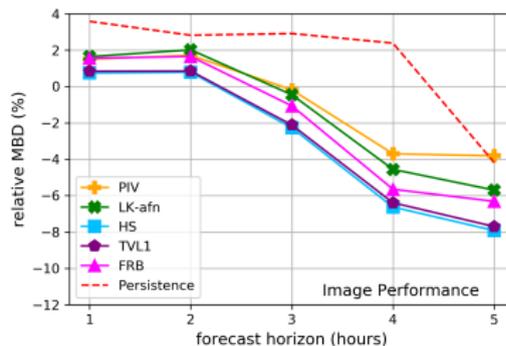
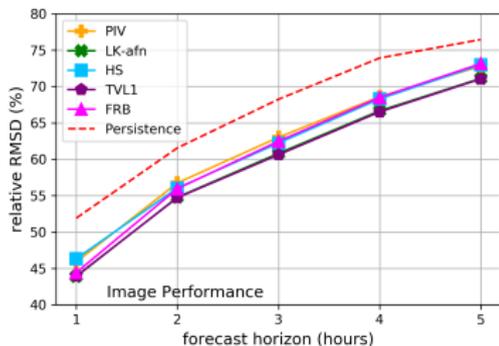
Consideramos dos tipos de persistencia:

- Persistencia en  $k_c$  ( $k_c(t+h) = k_c(t)$ )
- Combinación convexa de la persistencia en  $k_c$  y la climatología

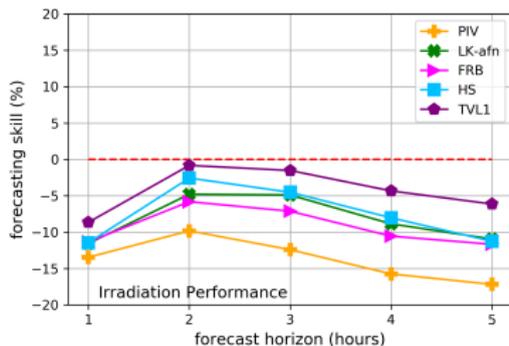
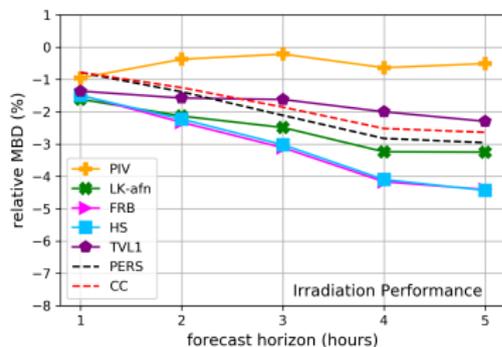
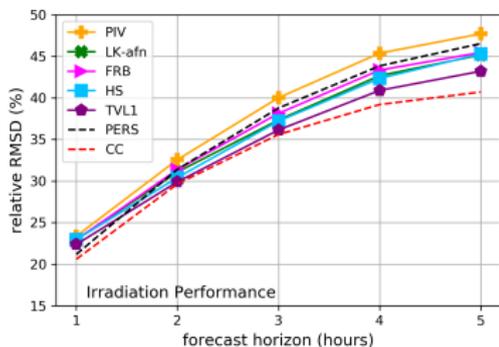
$$(k_{CC}(t+h) = \gamma(h) \times k_c(t) + (1 - \gamma(h)) \times k_{clim}(t))$$

# RESULTADOS

# A nivel de imagen

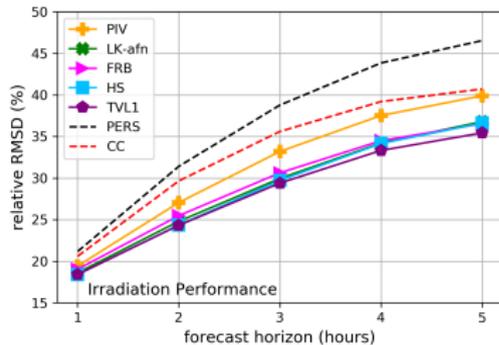
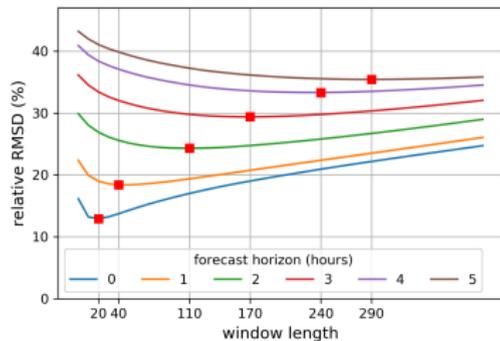


# A nivel de irradiación

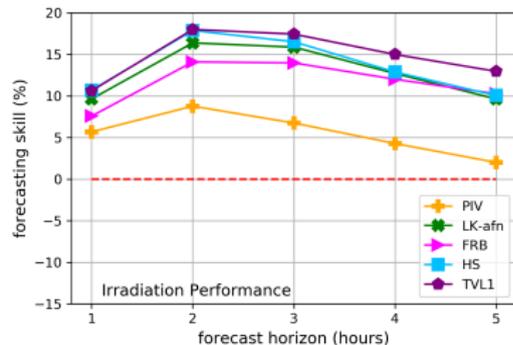
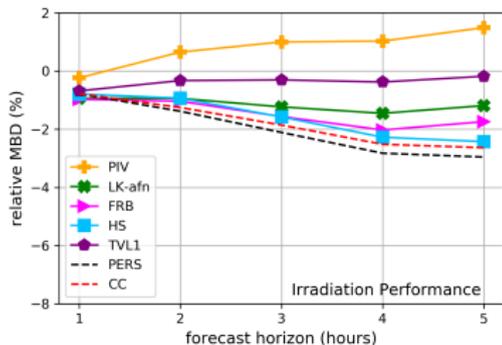


# A nivel de irradiación con suavizado

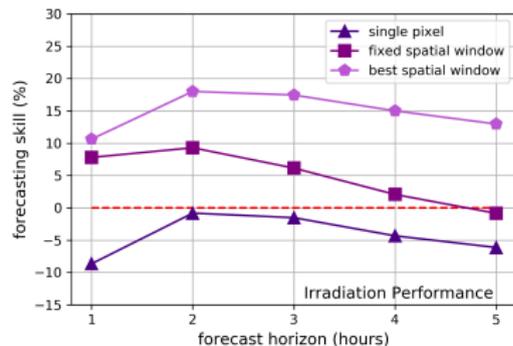
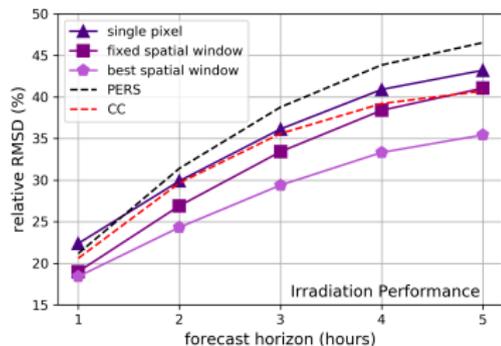
## TVL1



# A nivel de irradiación con suavizado



# A nivel de irradiación con suavizado - TVL1



# CONCLUSIONES

# Conclusiones

- Se probaron 5 métodos de estimación de CMV y se calcularon pronósticos de 1 a 5 horas a nivel de imagen y a nivel de irradiación
- Se logró superar a la persistencia convexa que es muy exigente
- TVL1 es la mejor opción para la predicción de irradiación solar en la región
- El pronóstico de irradiación solar es un área donde aún hay mucho por hacer
- Extrapolar a otras regiones con climas similares

PREGUNTAS?

**GRACIAS!**