

ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR HORARIA BAJO CONDICIONES CAMBIANTES DEL CIELO MEDIANTE GRADIENT BOOSTING

Marcelo Cappelletti^{1,2}, Lucas Olivera^{2,3}, Fernando Inthamoussou¹

¹ Grupo de Control Aplicado (GCA), Instituto LEICI (UNLP-CONICET), La Plata (1900), Argentina.

² Programa TICAPPS, Univ. Nac. Arturo Jauretche, Florencio Varela (1888), Argentina.

³ Becario de la Comisión de Investigaciones Científicas, Pcia. de Bs. As. (CICPBA), La Plata, (1900), Argentina.

e-mail: marcelo.cappelletti@ing.unlp.edu.ar

Introducción

- El uso de energía solar es clave frente a la crisis energética y el cambio climático.
- El conocimiento del recurso solar es fundamental para diseñar sistemas fotovoltaicos eficientes.
- Los dispositivos de medición como piranómetros son costosos y poco accesibles.
- Se proponen modelos basados en Machine Learning que usan variables meteorológicas económicas.

Objetivos

Desarrollar modelos de **Gradient Boosting** para estimar la **radiación solar horaria** en condiciones variables de cielo, utilizando como variables de entrada:

Mes | Hora | Temperatura |
Humedad Relativa | Presión Atmosférica

Metodología

- Modelo:** Gradient Boosting (GB)

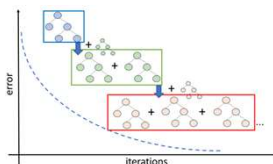


Fig. 1. Estructura de un algoritmo de Gradient Boosting.

- Optimización:** Bayesiana

- Validación:** Validación cruzada de 5 particiones

- Dataset:**

- 40156 muestras (diciembre 2017 - marzo 2023)
- 80% fase de entrenamiento - 20% fase testeo
- Intervalo: 30 min (8 a 18 hs)
- Ubicación: Florencio Varela, Argentina

- Índice de claridad Kt:**

- $K_t > 0.6 \rightarrow$ ☀ Cielo Despejado
- $0.4 \leq K_t \leq 0.6 \rightarrow$ ☁ Parcialmente Nublado
- $K_t < 0.4 \rightarrow$ ☁ Nublado

Resultados

Tabla 1. Modelos propuestos para la estimación de la radiación solar horaria bajo diferentes condiciones de cielo.

Modelo	Cantidad de datos	Condiciones del cielo	Variables utilizadas
M1	40156	Todas	Mes, Hora,
M2	16284	Despejado	Temp., Hum.,
M3	10003	Parcialmente Nublado	Presión

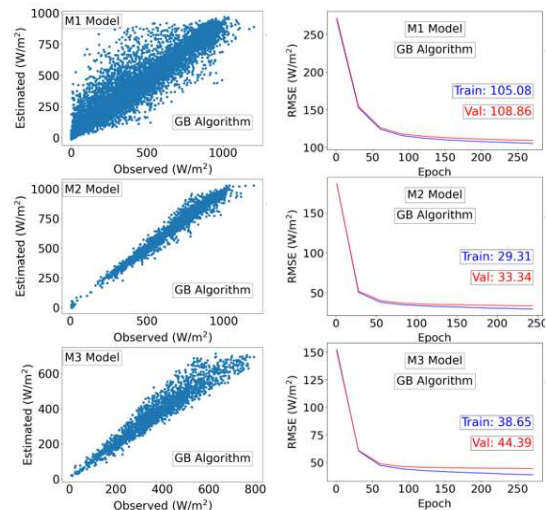


Fig. 2. Columna de la izquierda: Diagramas de dispersión que comparan la radiación solar observada y estimada para los modelos M1 a M3. Columna de la derecha: Gráficos de métricas RMSE para conjuntos de datos de entrenamiento y validación en distintas épocas.

Tabla 2. Comparación de las métricas de rendimiento de los modelos M1 a M3 aplicado a los conjuntos de entrenamiento y validación.

Métrica	M1		M2		M3	
	Entrenam.	Valid.	Entrenam.	Valid.	Entrenam.	Valid.
R ²	0,86	0,85	0,98	0,97	0,94	0,92
RMSE (W/m ²)	105,08	108,86	29,31	33,34	38,65	44,39
MAE (W/m ²)	73,81	76,34	20,41	23,03	29,58	33,73
MAPE (%)	55,50	58,59	3,68	4,26	9,16	9,89

Conclusiones

- Modelos altamente precisos ($R^2 > 0.9$) con solo 5 variables simples de medir.
- Método rentable, adaptable y aplicable en zonas sin piranómetros.
- Alta capacidad de generalización y bajo error.
- Ideal para sistemas solares en pequeña y gran escala, y gestión energética local.