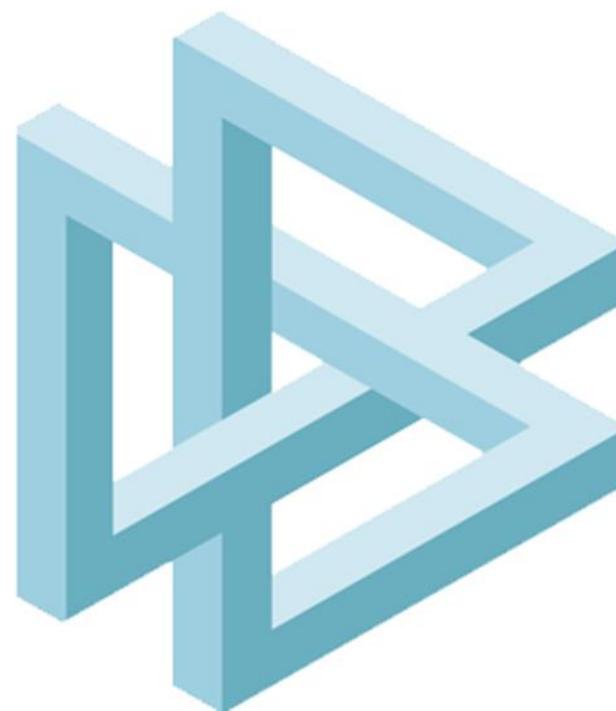


XVII

Congreso de
Confiablebilidad

25 y 26 de noviembre de 2015. Bilbao





Caracterización del funcionamiento adecuado de equipos aplicando redes neuronales

**Angel Marín, Nuria López,
Miguel Ángel Rodríguez y
Antonio José Fernández**

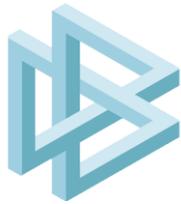
Iberdrola Ingeniería y Construcción, SAU



ÍNDICE



- 1** OBJETIVO
- 2** ANTECEDENTES
- 3** SOLUCIÓN PROPUESTA
- 4** ACTIVIDADES DESARROLLADAS
- 5** PROCESO DE CÁLCULO
- 6** RESULTADOS



Objetivo

Calcular la energía producible por un aerogenerador mediante la aplicación de técnicas de minería de datos e inteligencia artificial

Motivación

- Probar la utilidad de las redes neuronales y otras técnicas de minería de datos e inteligencia artificial
- Conocer la pérdida de rendimiento de un aerogenerador
- Etapa para el desarrollo de un proceso DDP automático

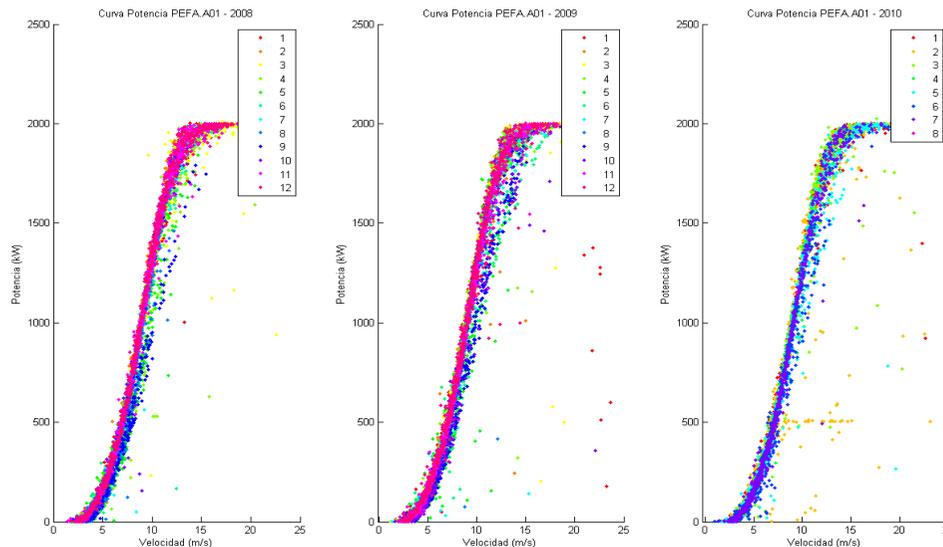
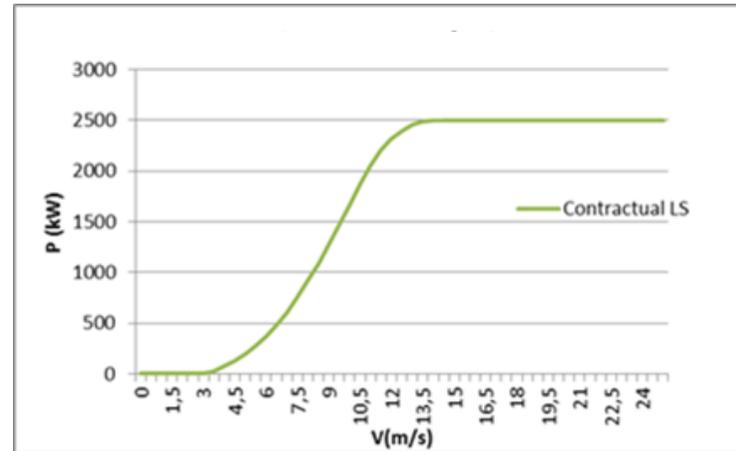
Justificación

- Aprovechamiento del gran volumen de datos existente
- Alta dificultad de considerar un planteamiento analítico



Antecedentes

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \times A \times C_p$$



→ La realidad de los procesos
(múltiples situaciones operativas)

→ Existencia de anomalías y
malfuncionamientos



Dificultad de
modelización analítica

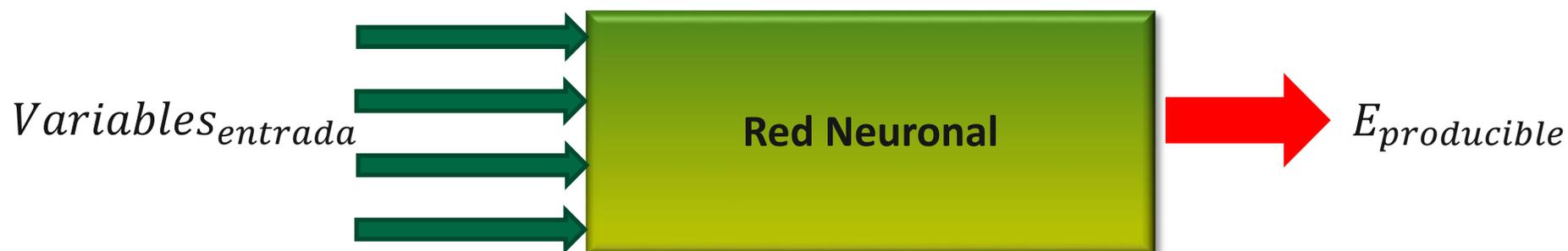


Solución propuesta

Utilización de modelos matemáticos de “caja negra” (redes neuronales) que utilicen datos operativos reales

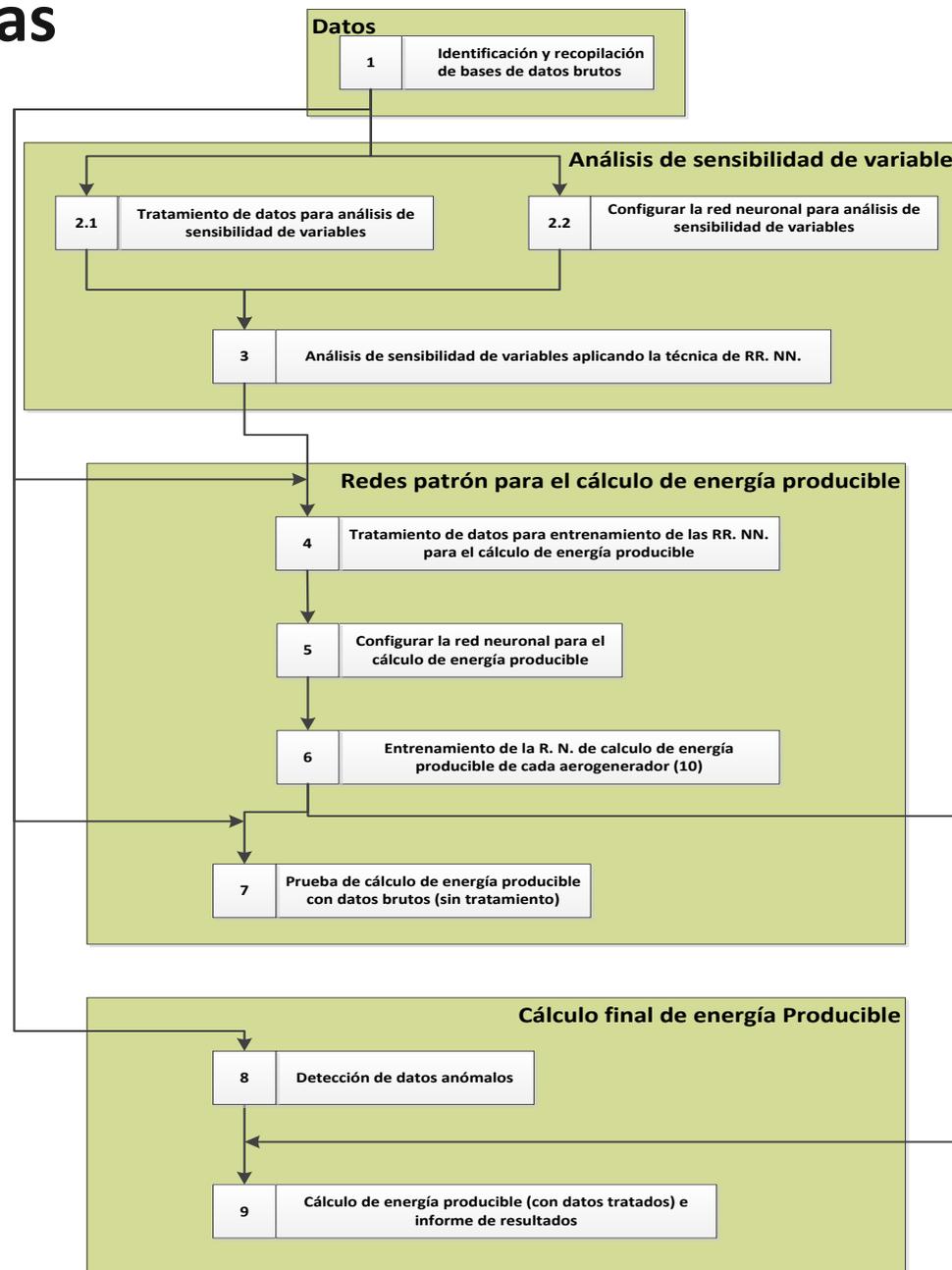


“El dato de salida será el resultado de considerar todas las relaciones realmente existentes entre los datos de entrada”
(Utilización de las matemáticas para interpretar la realidad física)





Actividades desarrolladas





Proceso de cálculo

Identificación y recopilación de las bases de datos brutos

- Conjunto de datos de entrenamiento

Entrenamiento: 70%

Validación: 15%

Pruebas: 15%

- Conjunto de datos de análisis.



Proceso de cálculo

Características de la red neuronal

- ✓ Una capa con cuatro entradas (dirección del viento, velocidad del viento, ángulo de las palas y temperatura ambiente)
- ✓ Una capa con una salida (potencia producible)
- ✓ Dos capas ocultas con 10 neuronas cada una
- ✓ Función de transferencia neuronas ocultas: Sigmoidal
- ✓ Función de transferencia neuronas capa de salida: Lineal
- ✓ Algoritmo de entrenamiento: Levenberg.-Marquardt
- ✓ Objetivo: Minimizar el error medio cuadrático

Software: Matlab

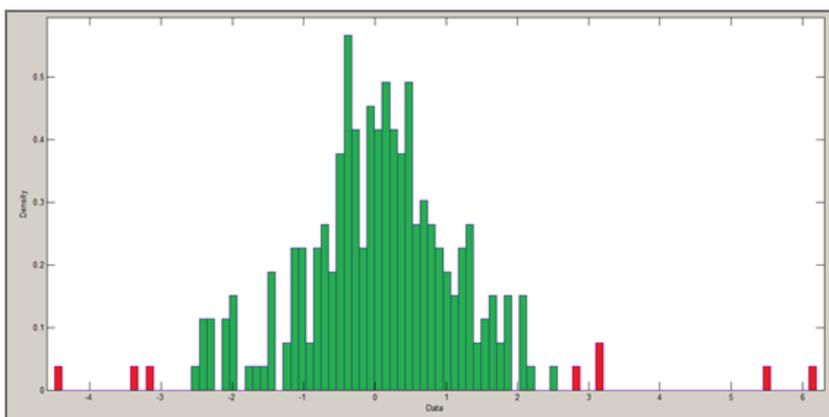


Proceso de cálculo

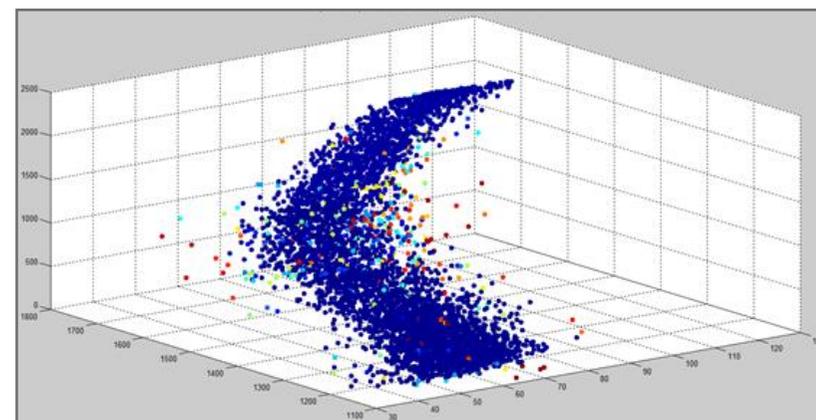
Entrenamiento

Preparación de datos

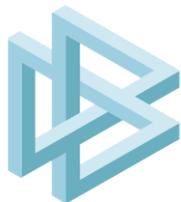
- Sólo se consideran los registros asociados al “estado de marcha (100)”
- No se consideran registros con huecos
- No se consideran registros con valores de cada variable cuya dispersión sea mayor a 3σ → descarte mediante análisis monovariante
- No se consideran registros con “outliers” (análisis multivariable)



Análisis monovariante



Análisis multivariable



Proceso de cálculo

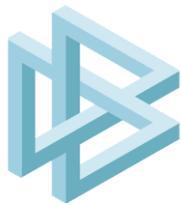
Entrenamiento

Rango de entrenamiento

Variable	Unidades	Mínimo	Máximo
wd	º	0	360
bp	mbar	774,1	802
ws	m/s	0	32,30
T	ºC	-20,79	32,28
P	kW	-49,44	2.021

Coefficiente de correlación del resultado de la red frente al resultado esperado

WT	Coef. correlación
1	0,99468338
2	0,99762779
3	0,99741560
4	0,99327415
5	0,99645269
6	0,99682707
7	0,99735647
8	0,99676216
9	0,99713165
10	0,99657202



Proceso de cálculo

Tratamiento de datos

- ❑ Tratamiento de datos:
 - ❖ Selección del conjunto de datos: año 2014 de 10 aerogeneradores
 - ❖ Identificación de huecos
 - ❖ Identificación de “outliers” (análisis monovariante (3σ) y multivariante): Se transforman en huecos
 - ❖ Marcar dichos registros para su posterior relleno de huecos
 - ❖ Relleno de huecos mediante técnica de colaboración y competencia de expertos
- ❑ Obtención de energía producible aplicando la red neuronal correspondiente en cada aerogenerador.



Proceso de cálculo

Llenado de huecos

→ En un hueco determinado (inexistencia del valor de una determinada variable de un aerogenerador) se consulta al resto de aerogeneradores (expertos) el valor esperado de esa variable



- ❑ Cada aerogenerador tiene desarrollada una RN para cada una de las variables consideradas que permite obtener el valor esperado del hueco (e_i)
- ❑ Se ponderarán los valores “aconsejados” por cada aerogenerador con unos pesos (θ_i) que serán función de los coeficientes de correlación de cada red neuronal (r_i)

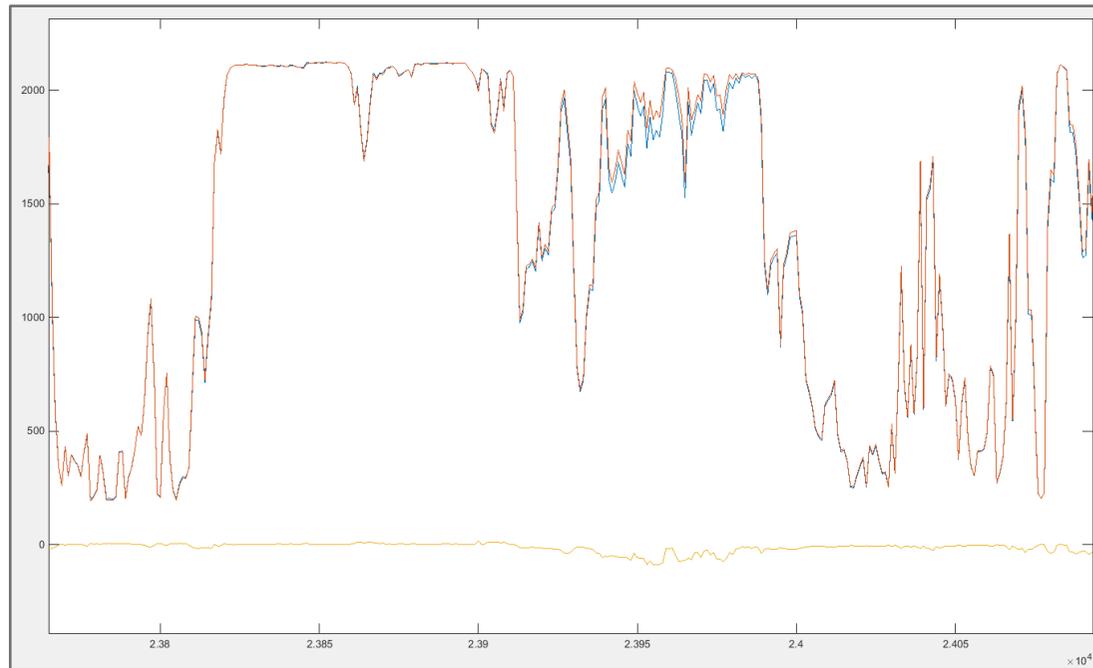
$$\theta_i = \frac{r_i}{\sum r_i}$$

- ❑ El valor finalmente considerado para el hueco en cuestión será: $e = \sum e_i \times \theta_i$



Proceso de cálculo

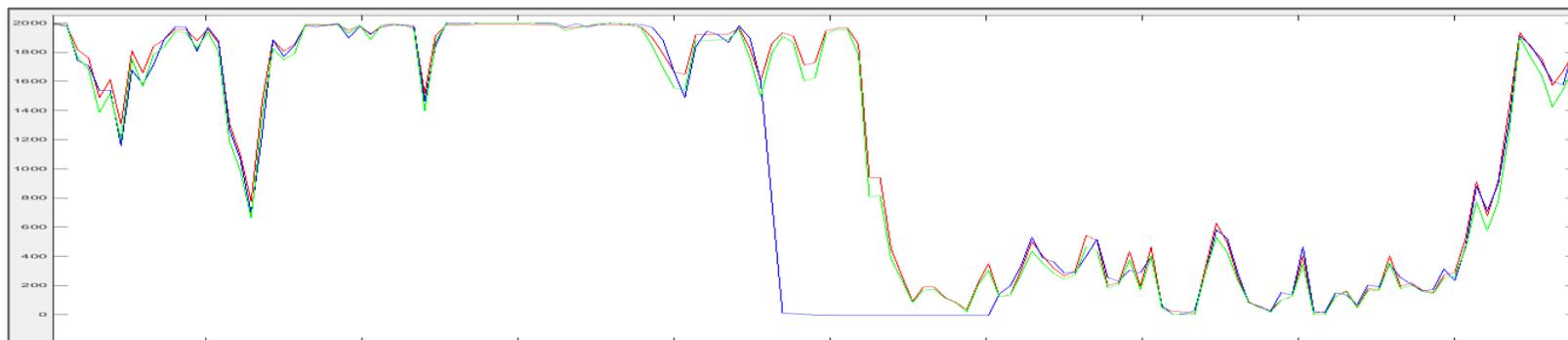
Llenado de huecos



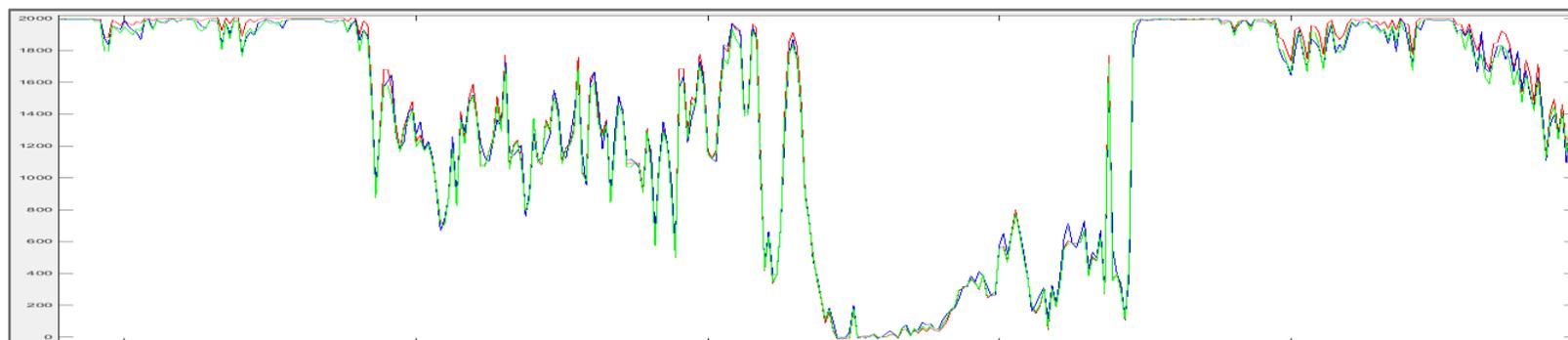
Estimación de temperatura



Resultados



Visualización de una indisponibilidad de un aerogenerador



Visualización del resultado obtenido en un periodo de tiempo

Rojo: Energía producible obtenida por las redes neuronales

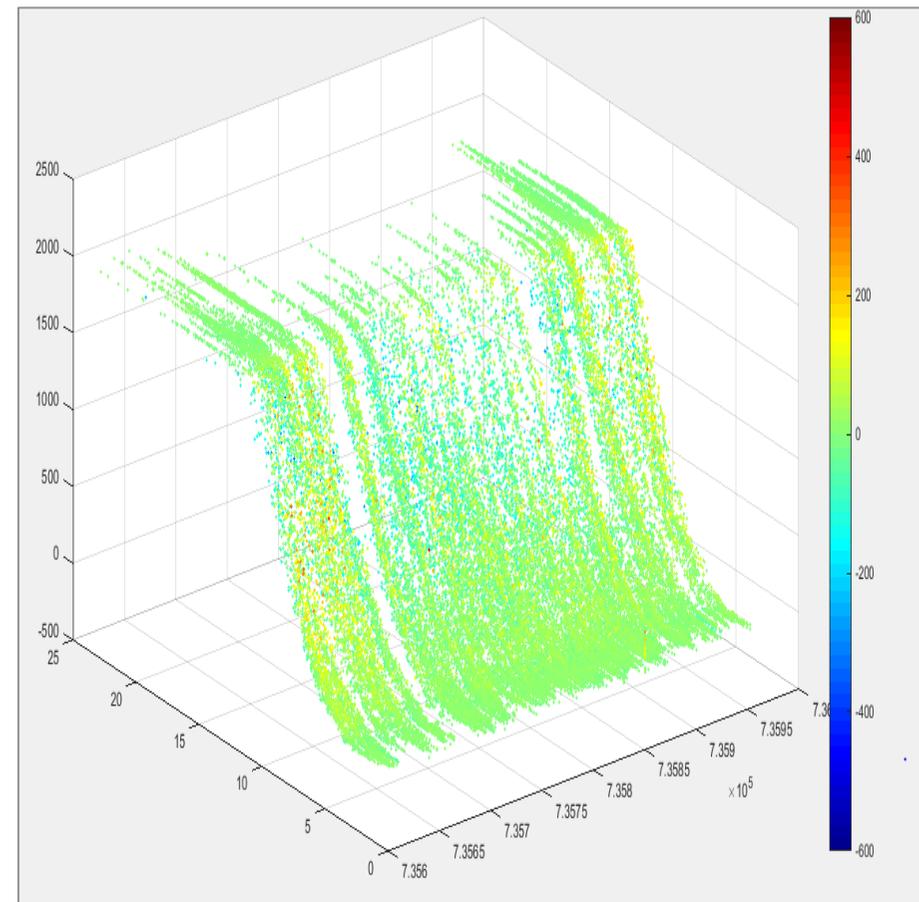
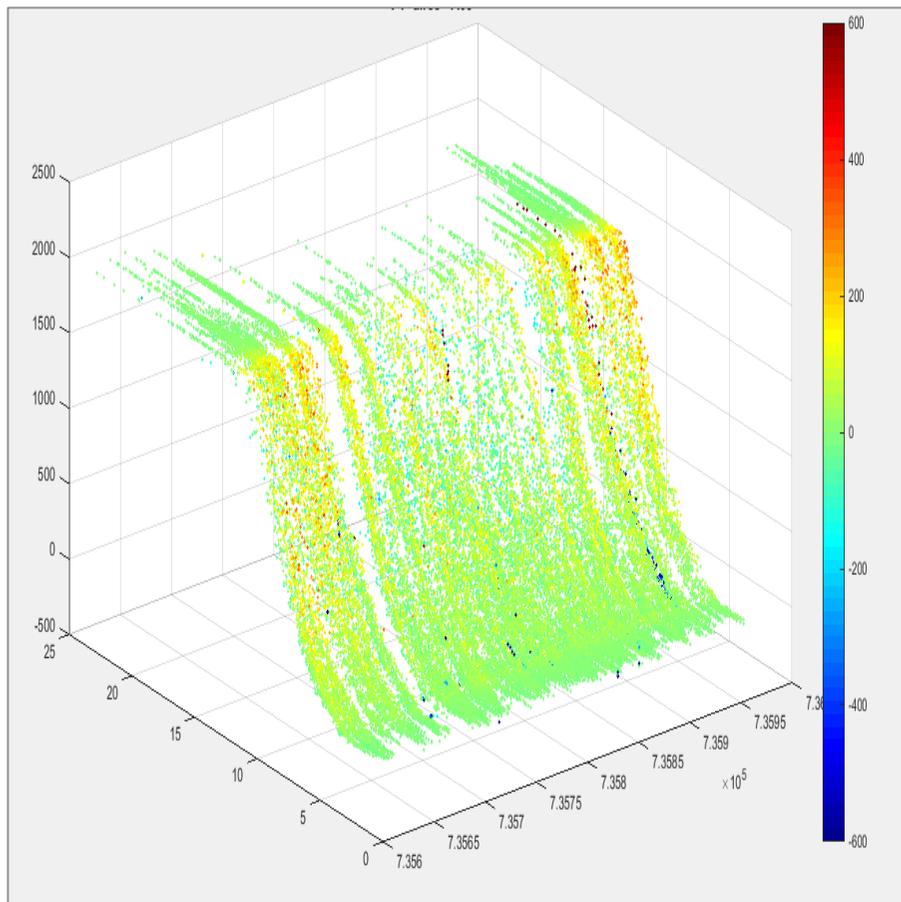
Verde: Energía producible calculada en base a la curva facilitada por el fabricante.

Azul: Energía producida



Resultados

Comparativa de errores de los modelos tradicional y RRNN





Resultados

Comparativa de errores de los modelos tradicional (naranja) y RRNN (azul) - Modelo general

