

¿Cómo operar los parques eólicos para minimizar el impacto en el territorio y maximizar la producción?.

Las curvas de potencia en condiciones reales de trabajo

Roberto Lázaro Gastón
Fundación CIRCE
30/09/2021

www.fcirce.es Síguenos en:    

Resumen

1. Introducción
2. Objetivos
3. Metodología
4. Resultados
5. Conclusiones



Introducción

Modelado de la Curva de potencia. ¿Porqué?

- Que queremos:

- Estimación precisa de la producción del parque
- Mejora rendimiento de aerogeneradores
- Estado de las máquinas

- Cómo:

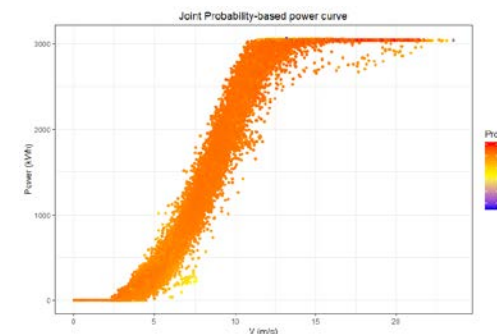
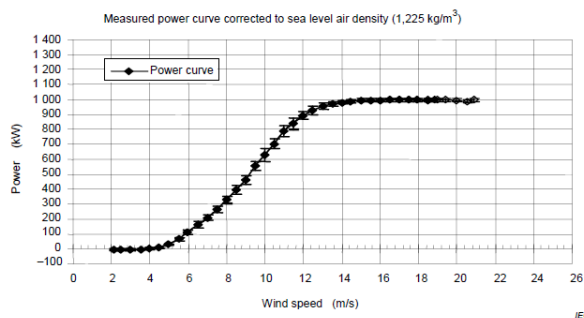
- Modelado de la curva de potencia

- CONSIDERACIONES:

- Cambios en los patrones de comportamiento
- Variables exógenas afectan a la curva
- **Diferentes condiciones de trabajo**



✓ Proporcionar información sobre el rendimiento de la curva de potencia de cada turbina a los responsables de O&M



Referencias estáticas
(V-P)



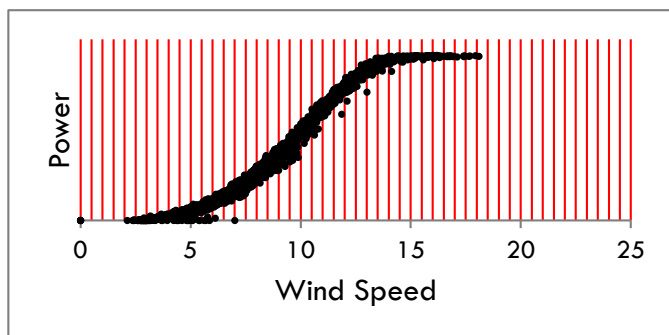
Referencias Multivariables
de comportamiento

Introducción

Modelos curva de potencia habituales

Curva histórica (“Autocurva”):

- Basadas en "metodo de los bins" (IEC-61400 standard)
- Se selecciona un periodo representativo
- Cálculo **media y desviación** por bin
- Curva específica del emplazamiento



$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

Curva de fabricante

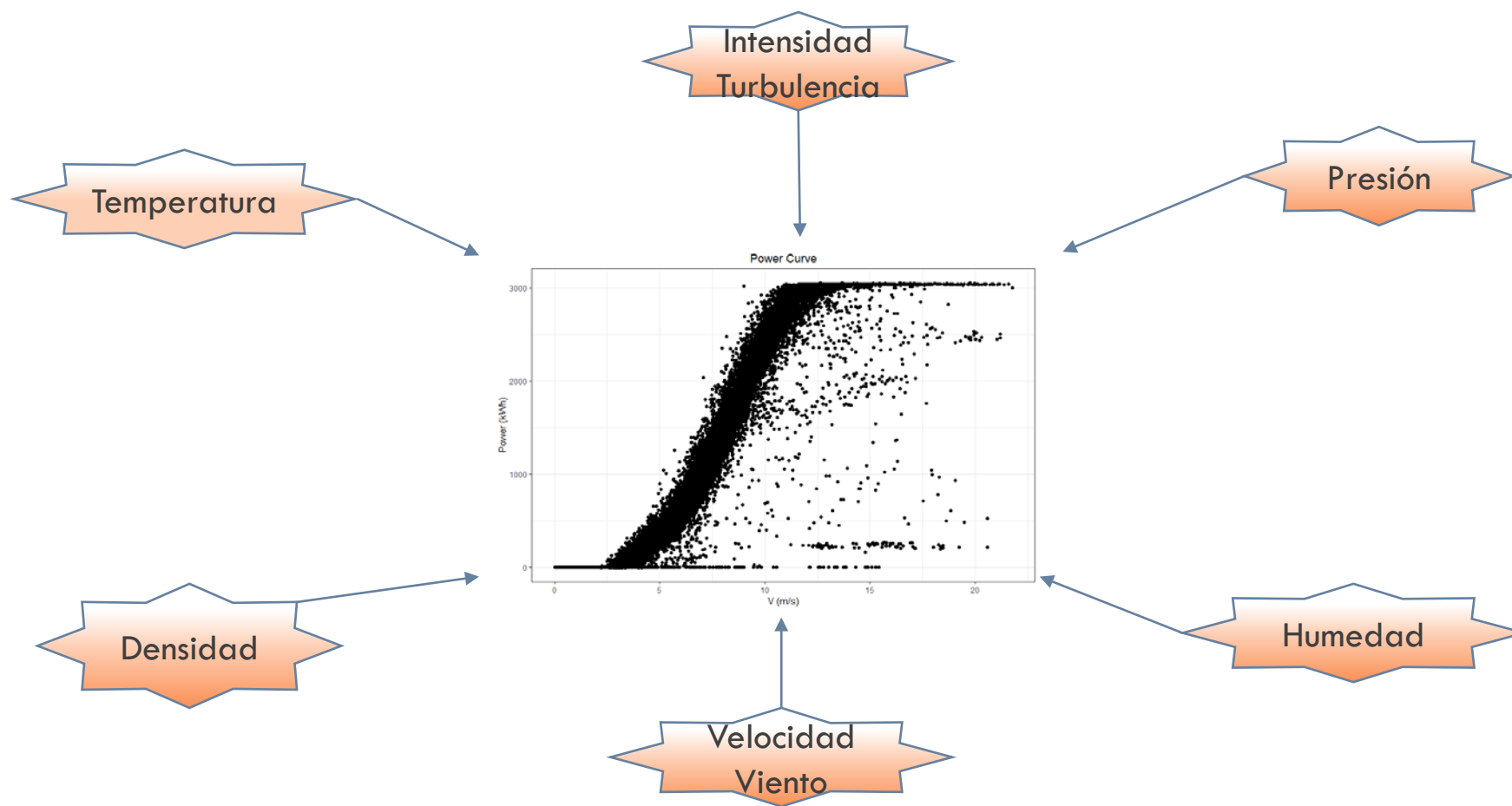
- En condiciones ideales
 - Terreno plano
 - Viento libre
- No es una curva específica del emplazamiento

$$P=F(ws)$$

Modelos bivariantes. No adaptados a las condiciones de trabajo en tiempo real.

Introducción

La Curva de Potencia es un **Sistema multivariable**



Objetivos

- Mejorar la estimación de la producción en condiciones reales de trabajo
- Proponer una “curva multivariable” como alternativa de generación de curva de potencia

Metodología

Esquema

Datos SCADA

- Resolución: datos 10 minutales
- Learning: 6 meses/maquina
- Test: 1 mes/máquina

Sistema analizado:

2 AEs:

- 3000kW
- Rotor diámetro: 113m
- Regulación Pitch

Variables de influencia

Velocidad de viento
Temperatura
Intensidad de turbulencia
Presión
Humedad
Densidad

Modelos

Multi-variables

- **Cópula**
- **Redes Neuronales**
- Random Forest
- kNN
- ...

Bi-variables

- **Curva histórica**
- **Curva Fabricante**

Modelo de Cópula:

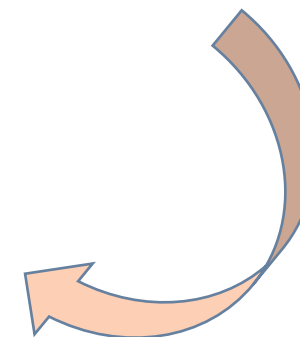
- Probado en otros campos como la medicina , reconocimiento de imagen , mercado bursatil...



- **Captura la relación entre las variables de entrada.**

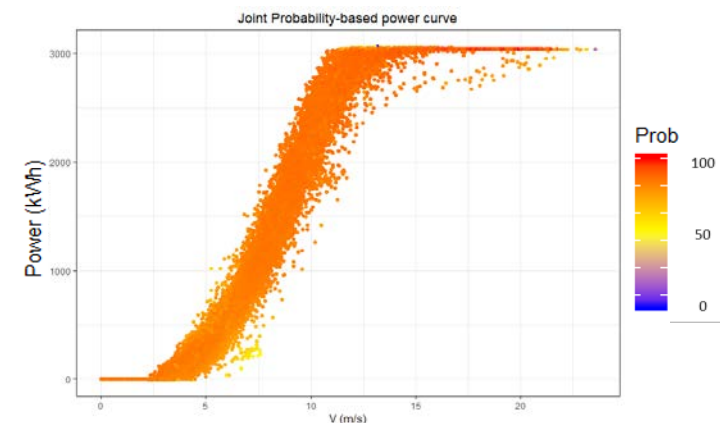
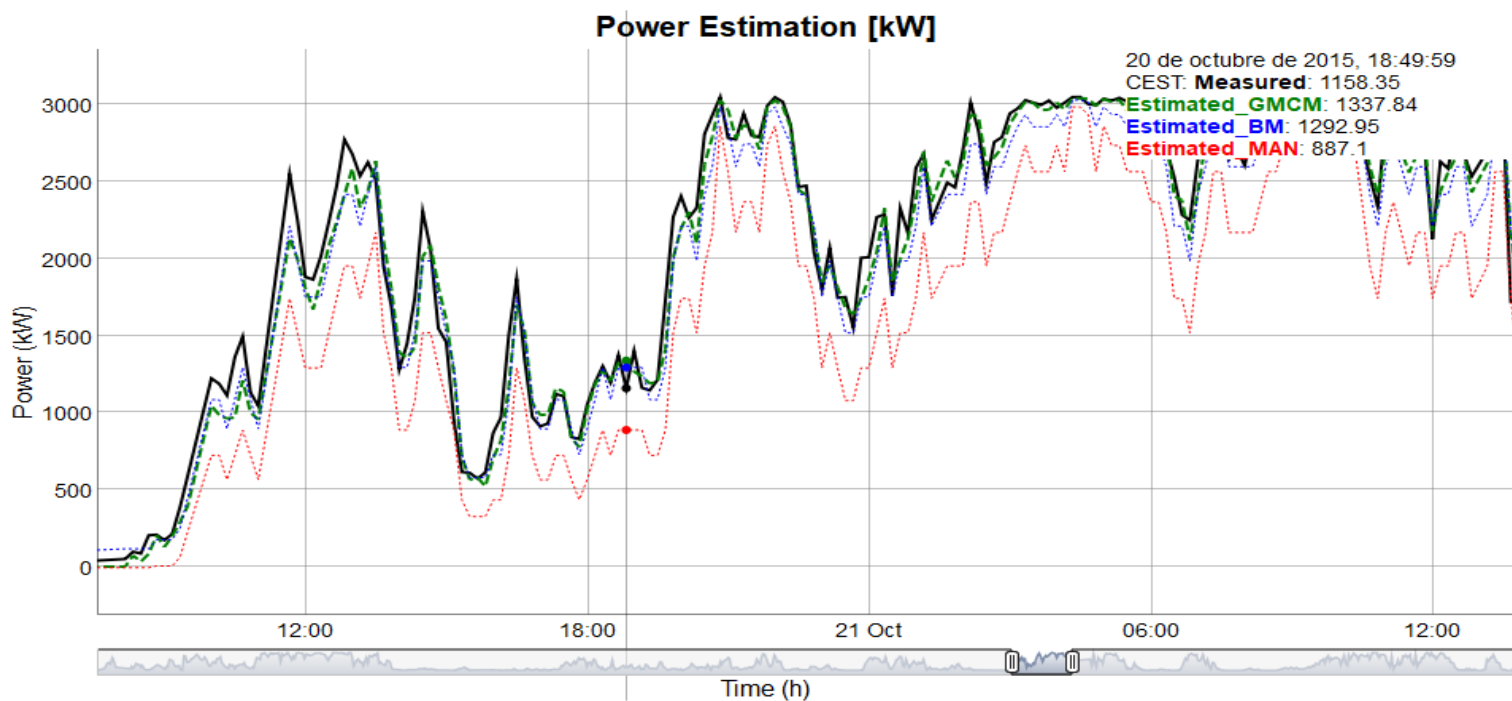
Modelo de Redes Neuronales:

- Inspiradas en las conexiones neuronales del cerebro humano.
- El coste computacional ya es asumible.
- **Nuevos modelos permiten calcular incertidumbre**

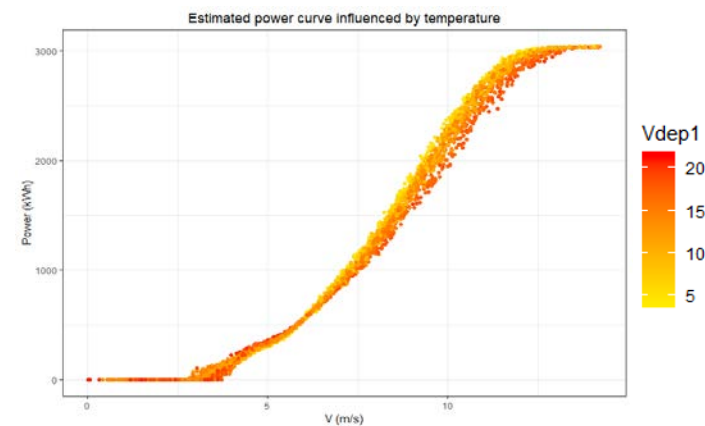


Resultados

Caso AE1 Cópula GMCM



Mapa de probabilidad Conjunta
Periodo aprendizaje (6 meses)

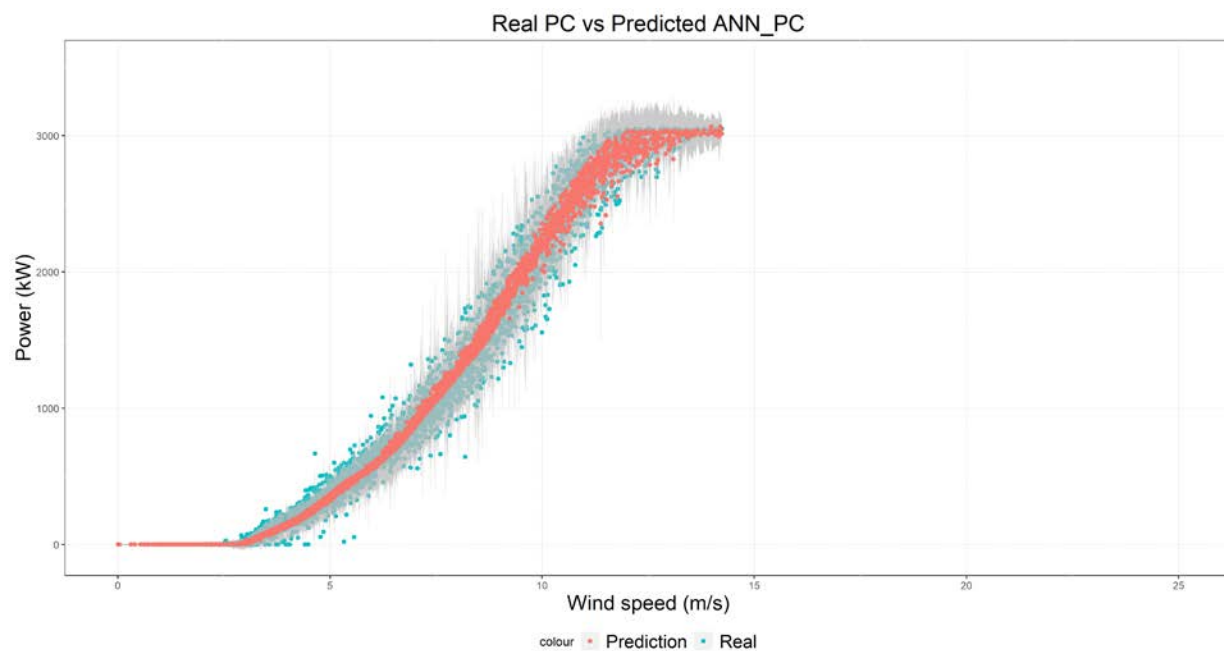


Curva estimada. Influencia Temperatura
Periodo Test (1 mes)

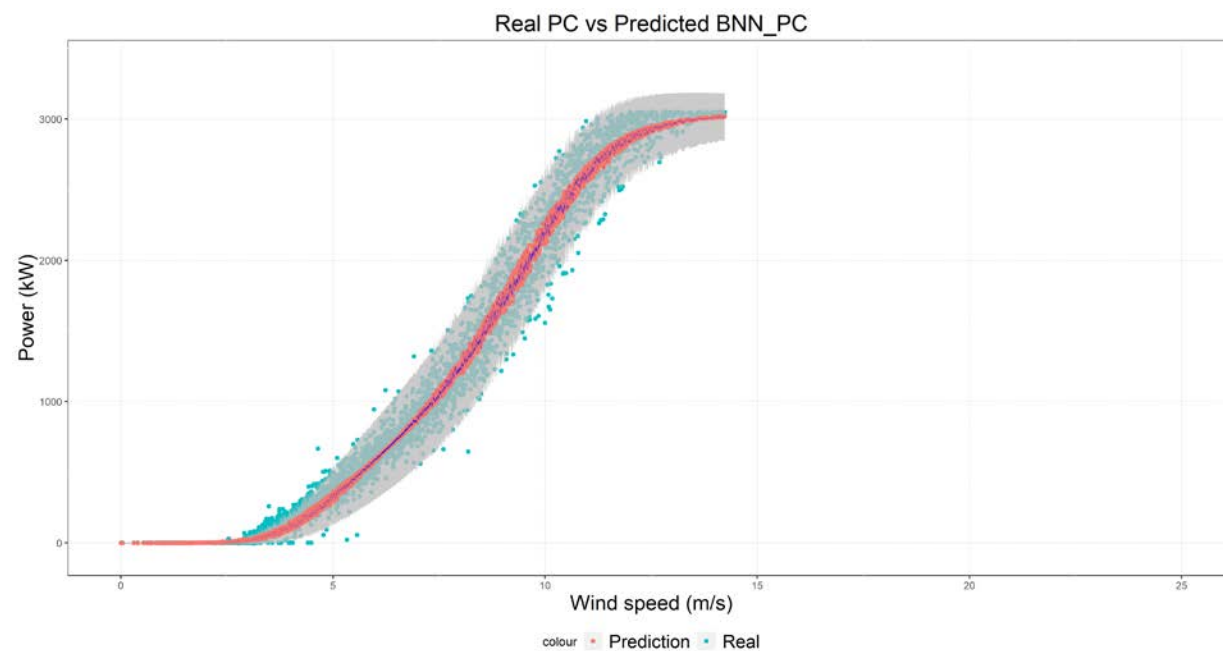
Resultados

Caso AE1 Red Neuronal probabilística

ANN-Regresiva



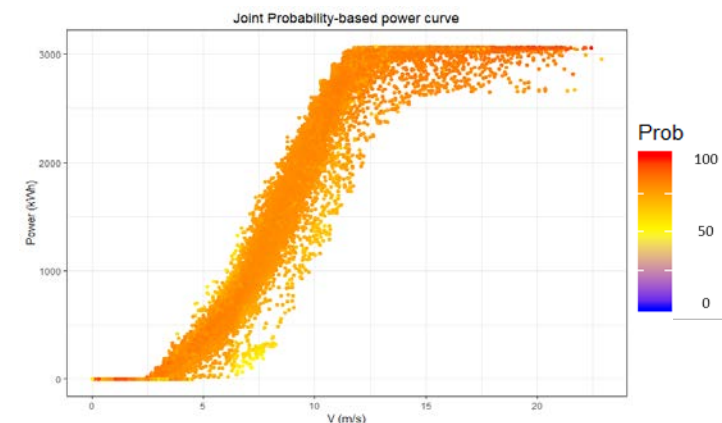
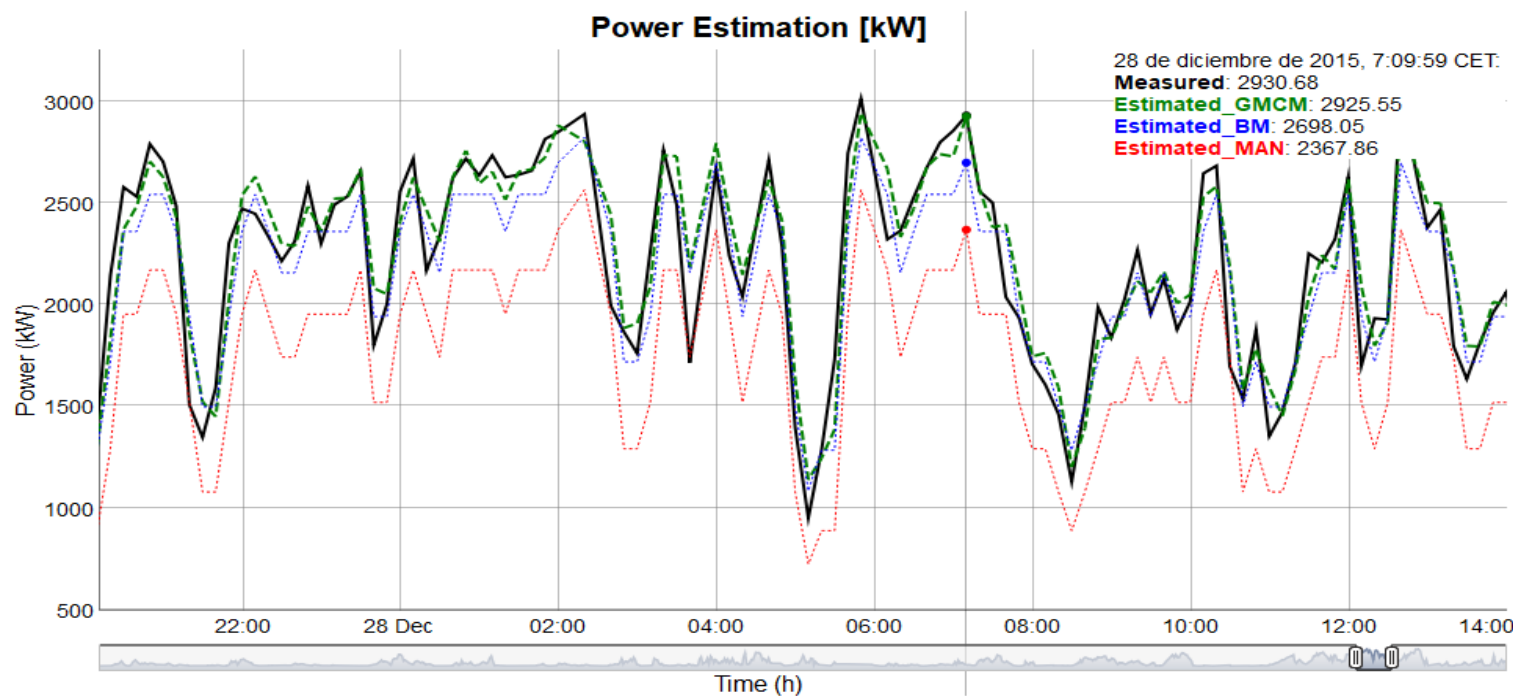
BANN-Red bayesiana



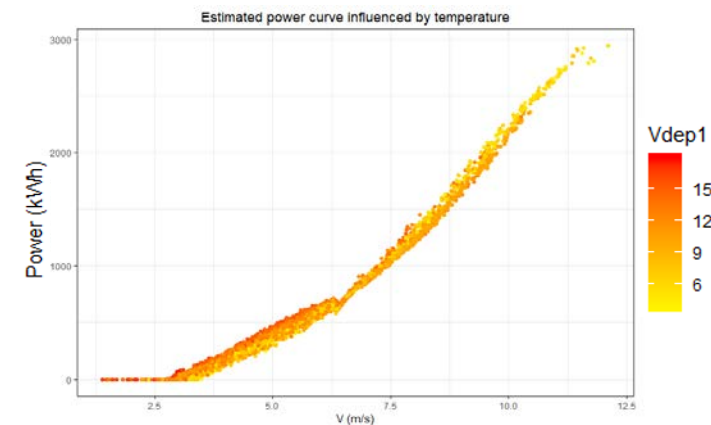
Se obtiene no solo una estimación de la potencia. si no un intervalo de confianza asociado a la probabilidad de la estimación (95%).

Resultados

Caso AE2 Cópula GMCM



Mapa de probabilidad Conjunta
Periodo aprendizaje (6 meses)

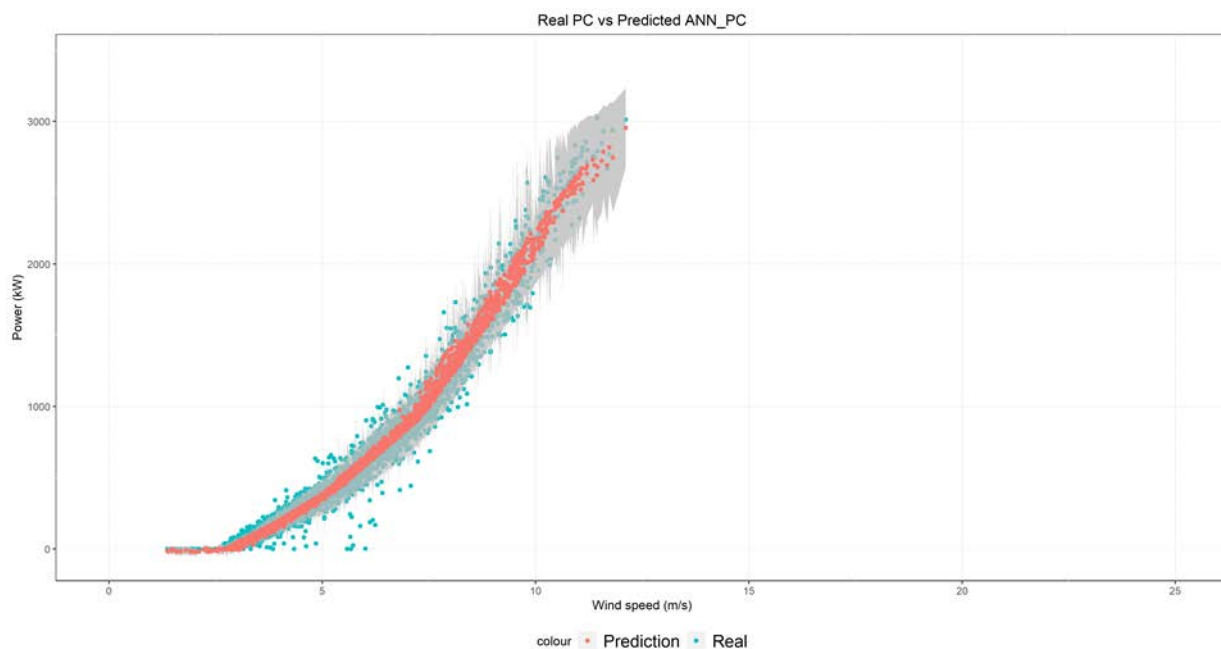


Curva estimada. Influencia Temperatura
Periodo Test (1 mes)

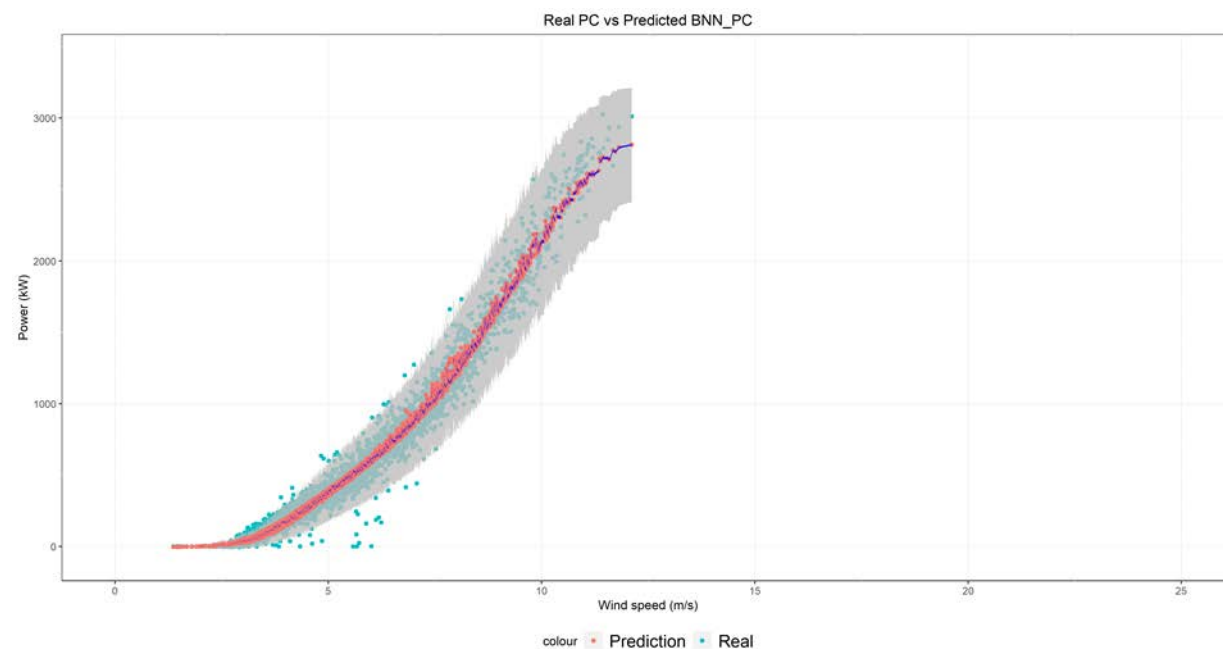
Resultados

Caso AE2 Red Neuronal probabilística

ANN-Regresiva



BANN-Red bayesiana



Se obtiene no solo una estimación de la potencia. si no un intervalo de confianza asociado a la probabilidad de la estimación (95%).

Resultados

Resumen Resultados

Caso AE1

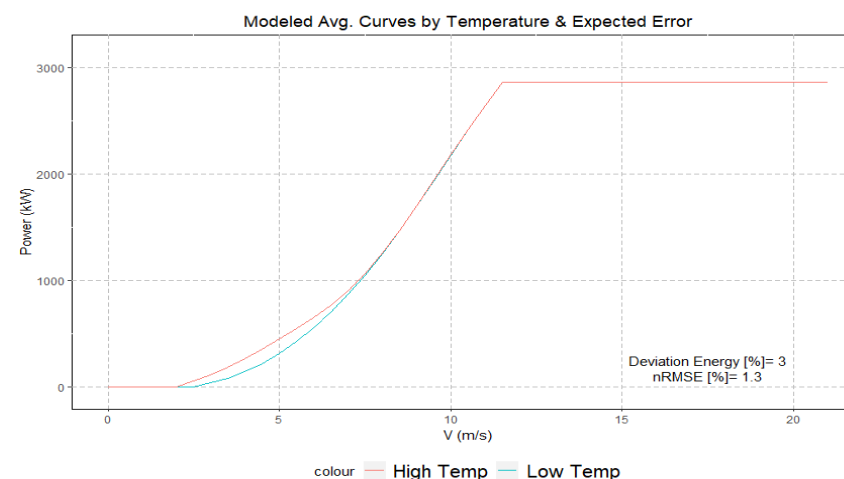
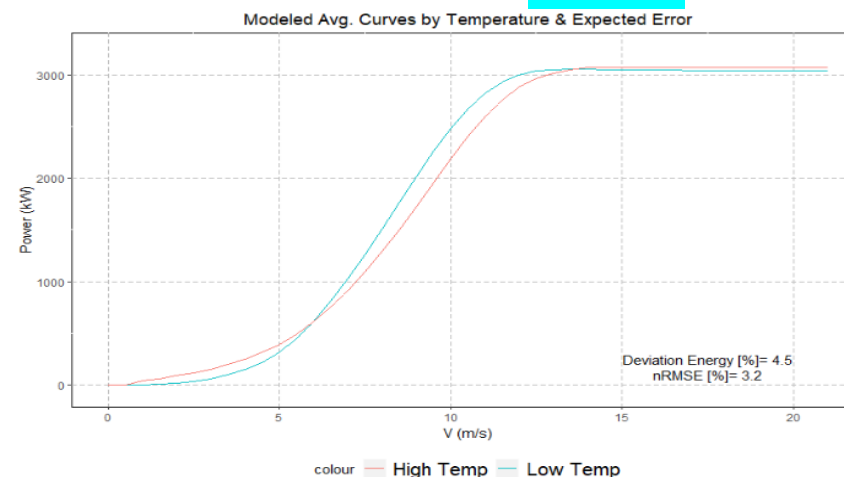
nRMSE: Model estimation Vs Real Power [%]					
	ANN_Regresive PC	BANN PC	GMCM PC	Historical PC	Manufacturer PC
nRMSE	3.9	4	4.1	4.4	10.9
Improvement Hist.	0.5	0.4	0.3	—	—
Improvement Man.	7	6.9	6.8	—	—

Caso AE2

nRMSE: Model estimation Vs Real Power [%]					
	ANN_Regresive PC	BANN PC	GMCM PC	Historical PC	Manufacturer PC
nRMSE	3.1	3.3	3.2	3.5	9.5
Improvement Hist.	0.4	0.2	0.3	—	—
Improvement Man.	6.4	6.2	6.3	—	—

Ej: Curva esperada para altas temperaturas y bajas temperaturas:

Desviación AEP : **3 - 4.5%**



Conclusiones

- Se obtienen curvas de potencia multivariantes.
- La operación de parques basada en modelos de curva multivariable permite:
 - Obtener la producción esperada para las condiciones reales de trabajo (función de las variables T , I_t , V)
 - Incluir un valor de incertidumbre para el valor de potencia estimada.
- Un único modelo permite hacer estimaciones para escenarios de trabajo concretos (altas temperaturas, condiciones extremas...).
- Se han obtenido errores de estimación (nRMSE) entre 0.5 y 7% inferiores a los obtenidos con modelos tradicionales como la curva media histórica o la curva de fabricante.
- Errores (nRMSE) del 1.3-3.2% pueden originar errores en la estimación de la AEP de más del 3% en energía.



Muchas gracias por su atención



Roberto Lázaro Gastón

Tel.: [+34] 976 976 859 rlazaro@fcirce.es

www.fcirce.es