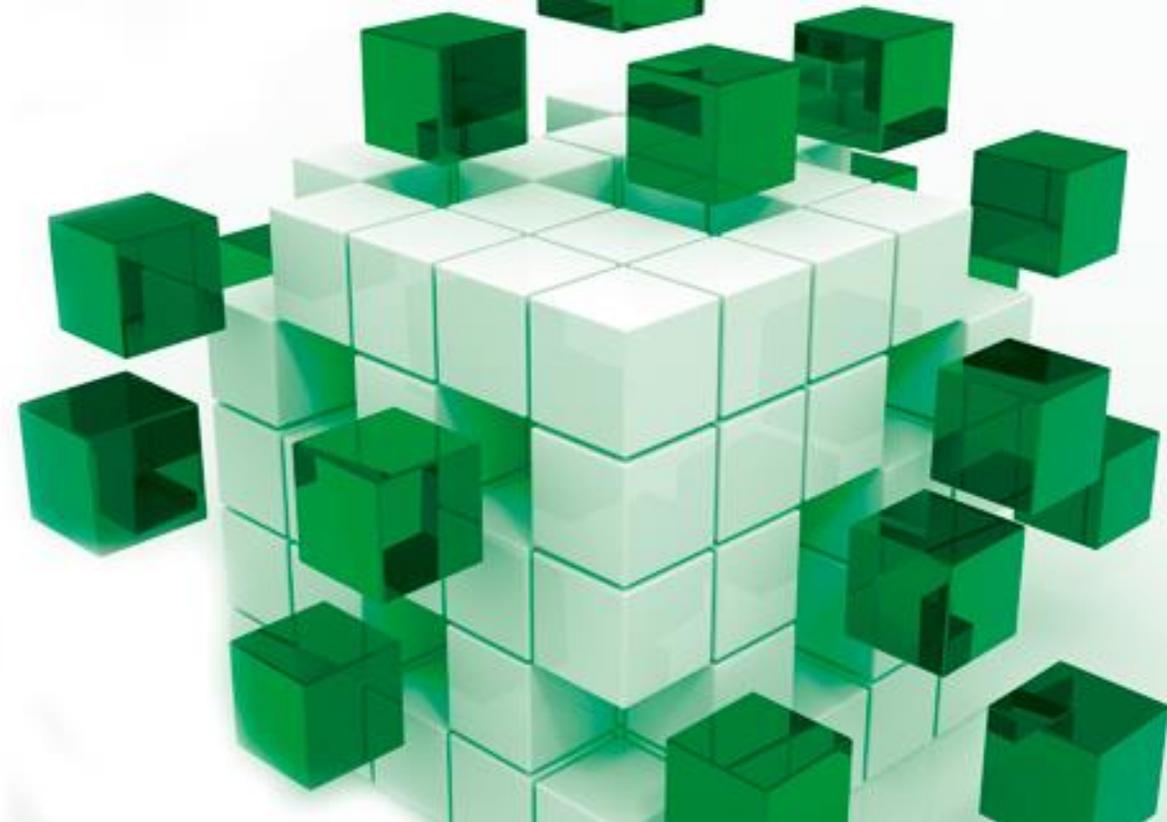


XVIII Congreso de Confiabilidad

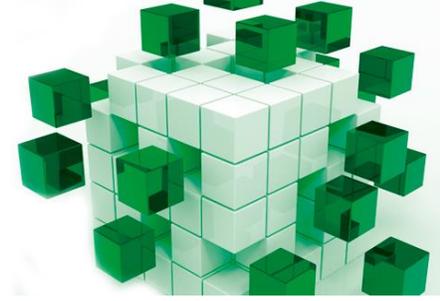
Madrid. 23 y 24 de noviembre de 2016



Organiza:



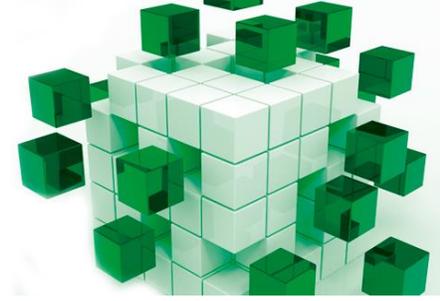
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD



Degradación en aerogeneradores mediante análisis de la curva de potencia

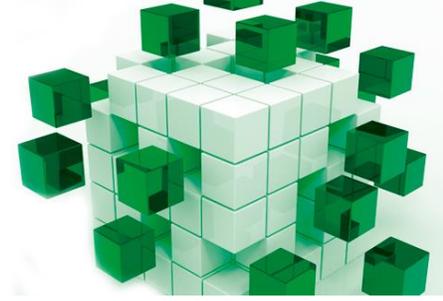
Angel Marín Guillén

**Ingeniero de Fiabilidad,
Iberdrola Ingeniería y Construcción**

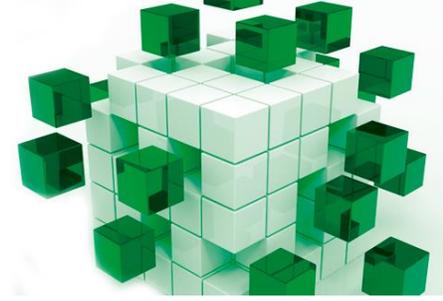


- 1 Objetivos
- 2 Presentación de las Metodologías
- 3 Metodología
- 4 Decisión final

Objetivos



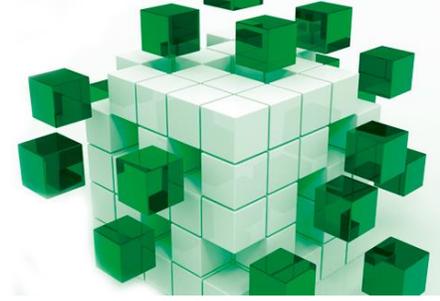
- Desarrollar **metodologías para estimar la degradación de un aerogenerador**. Para ello se cuenta con datos de operación de los equipos, y con registros de producción y viento en los emplazamientos.
- **Evaluar las diferentes alternativas y determinar cual es la mejor solución Cost-Efective.**
- Técnicas evaluadas:
 - **RRNN**
 - **Otras técnicas** que no precisan de la utilización de RRNN.
- **Implantar** la solución adoptada en un entorno productivo.



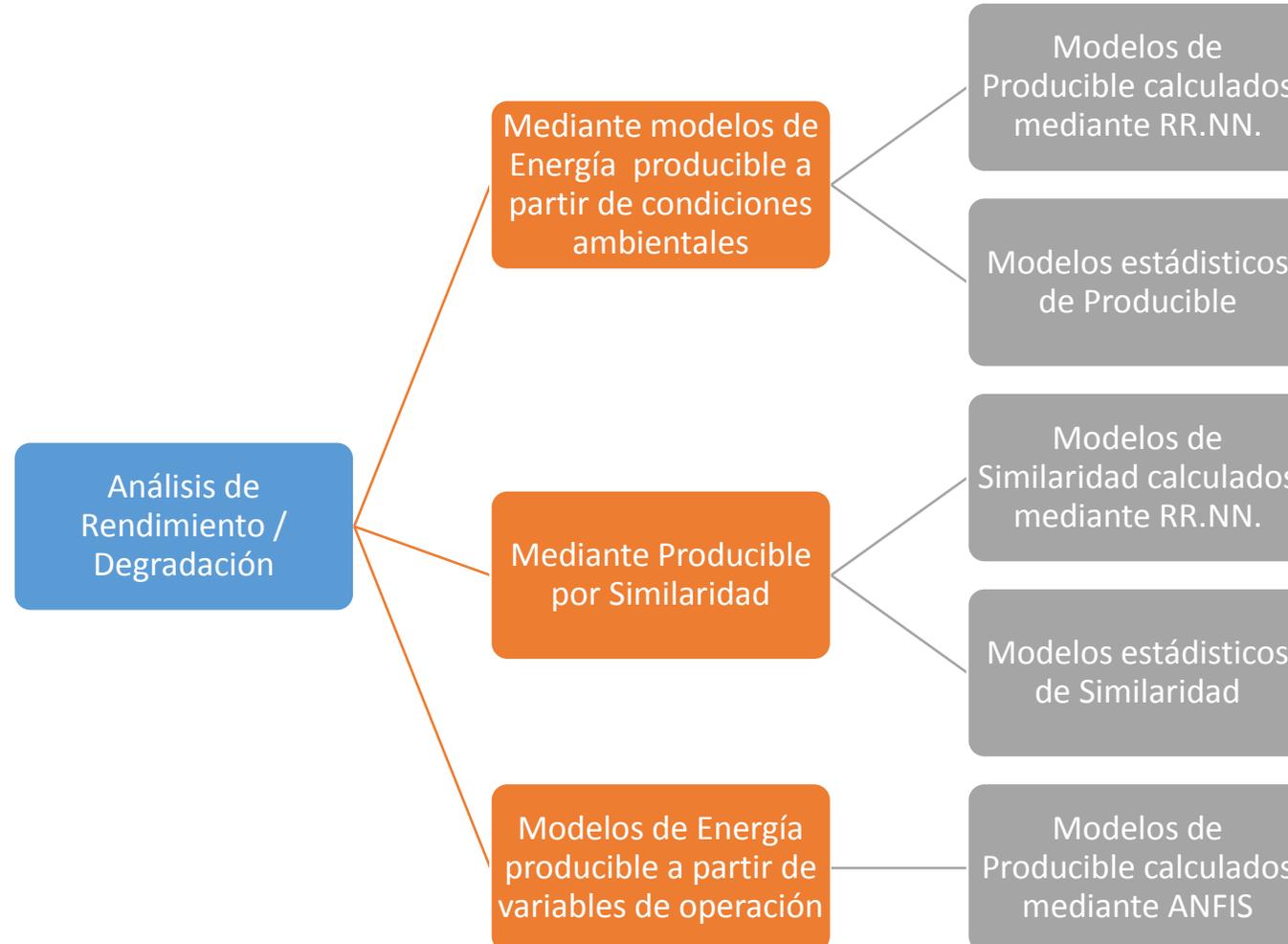
¿Qué afecta al Rendimiento?

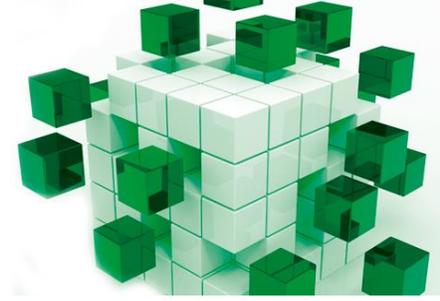
- **Desorientación** de la **Góndola** respecto de la dirección de viento.
- Fallos en **ajuste** del ángulo de **pitch**.
- **Delay** del sistema de control.
- **Fallos** en los sistemas de **medida** de **recurso** del emplazamiento.
- **Degradación** en los equipos, pudiendo ser a nivel aerodinámico, por defectos en pala, a nivel mecano-eléctrico, por degradación de los equipos en el interior de la góndola

Presentación de metodologías

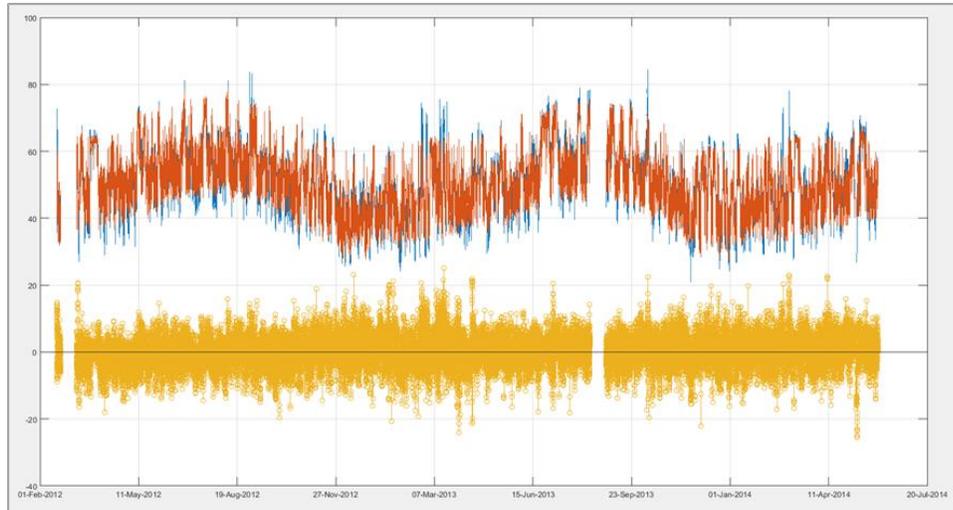


Descripción de las Metodologías desarrolladas





Análisis de degradación – Indicadores

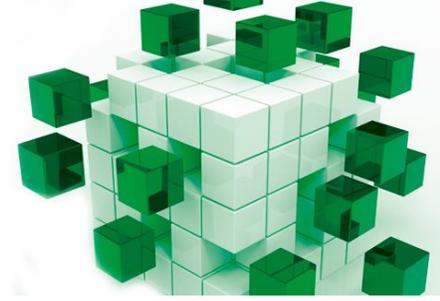


Tipos de errores

$$Error = PReal_i - PModelo_i$$

$$AE = |PReal_i - PModelo_i|$$

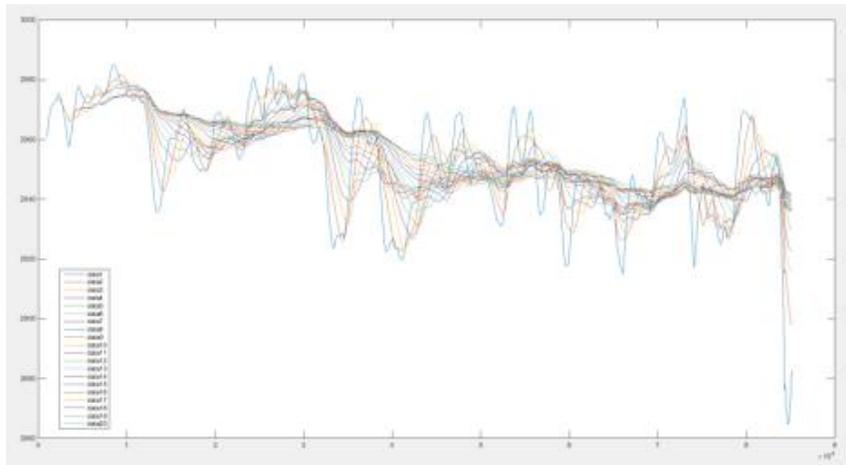
$$PE = \begin{matrix} Real - Modelo < 0 \\ - \\ NaN > 0 \end{matrix}$$



Indicadores

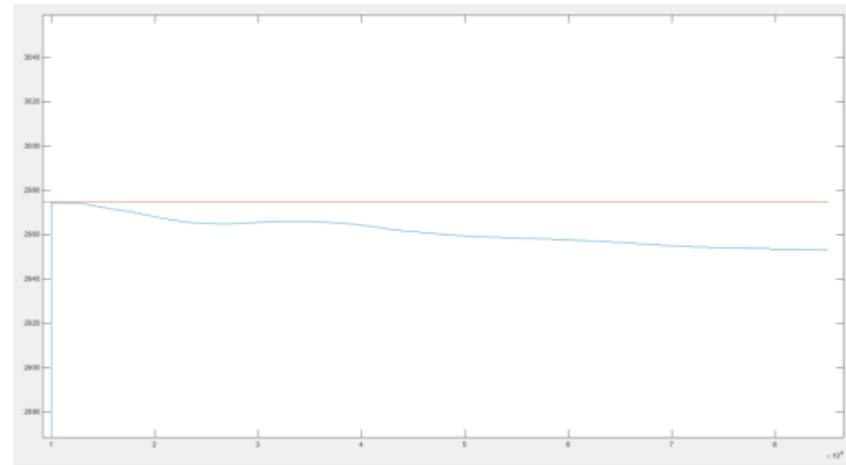
Indicador de desviación

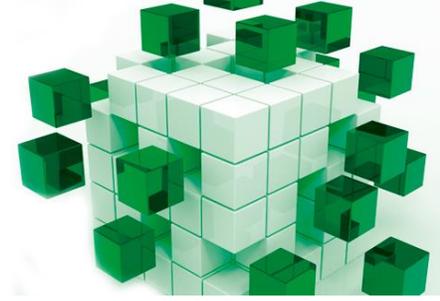
$$Ind\ 1 = \frac{\sum_{n=t-T}^t Error(n)}{T}$$



Indicador de desviación acumulado

$$Ind\ 16(t) = \frac{\sum_{n=0}^t Ind\ 1(n)}{t}$$





Indicadores

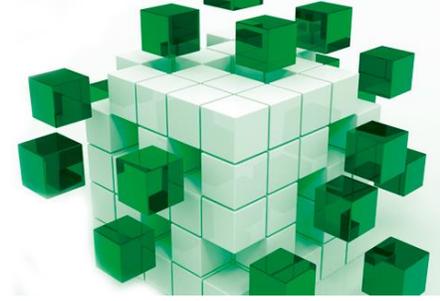
Indicador auxiliar de frecuencia

Si Error > Límite I, \rightarrow Ind aux (t) = Ind aux (t-1) + 1

Si Error > Límite II, \rightarrow Ind aux (t) = Ind aux (t-1) + 2

Indicador de frecuencia

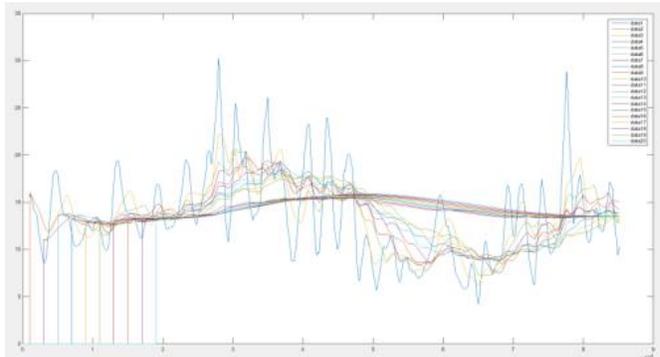
Ind 2 (t) = Ind aux (t) - Ind aux (t - T₂)



Indicadores

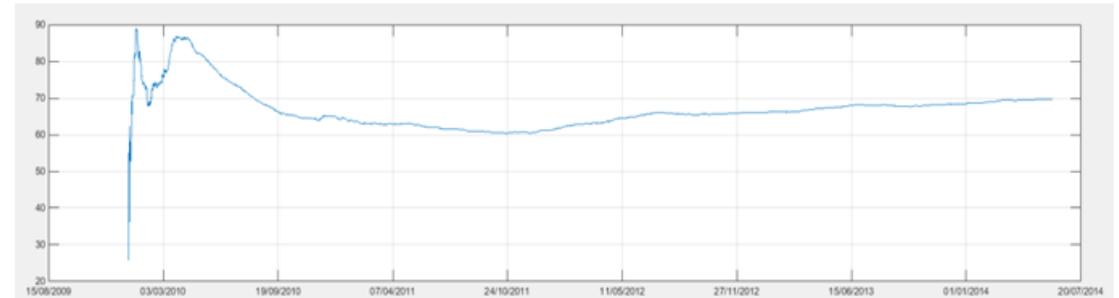
Indicador móvil de frecuencia

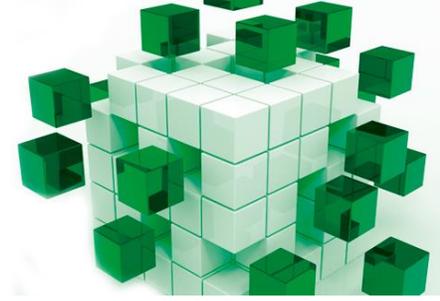
$$Ind\ 15(t) = \frac{\sum_{n=t-T_2}^t Ind\ 2(n)}{T_2}$$



Indicador de degradación

$$Ind\ 10(t) = \frac{Ind\ 1(t) - \mu_{ind1}}{\sigma_{ind1}} \times \frac{Ind\ 2(t) - \mu_{ind2}}{\sigma_{ind2}}$$

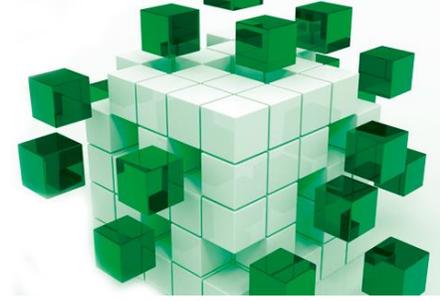




Indicadores

Indicador de degradación de la curva

$$\delta = \frac{A_{Ref} - \sum_{t-T}^t \frac{A_{actual}(t)}{T}}{A_{Ref}}$$



Captura diezminutal y limpieza de datos

Variables de Análisis:

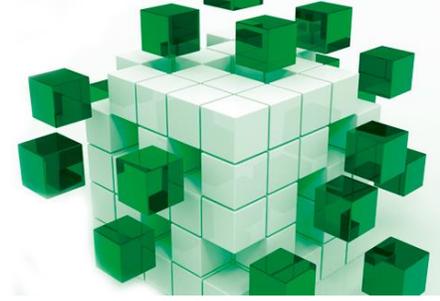
- Estado de máquina (E)
- Angulo Pitch (a)
- Orientación de la góndola (b)
- Dirección del viento (q)
- Velocidad de viento (v)
- Temperatura ambiente (T)
- Presión barométrica en torre (Pb)
- Potencia (P)

Determinar patrón (**curva de referencia**)

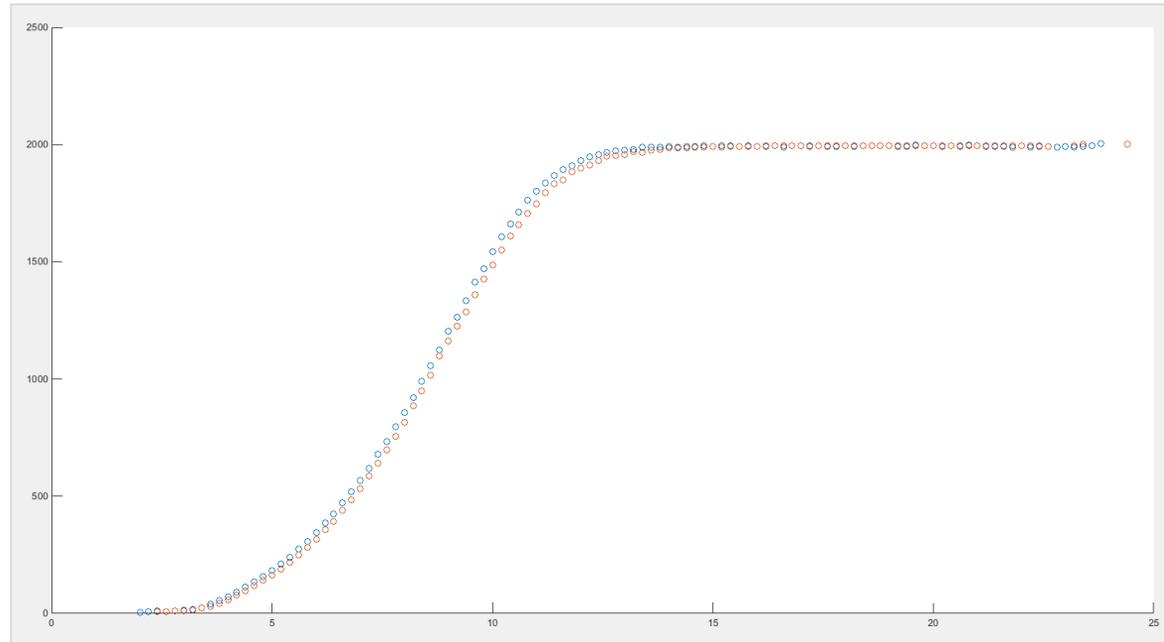
Calcular indicador de degradación de la curva comparando la situación de referencia con la actual

Analizar la **evolución** temporal del **indicador**

Decisión final

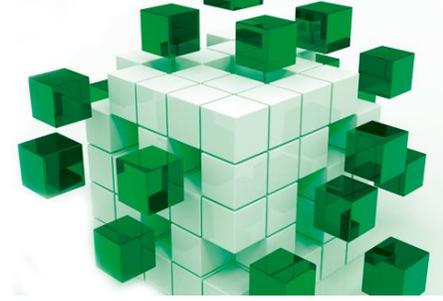


Cálculo de la curva de potencia de referencia (potencia máxima) a nivel de aerogenerador.
A nivel de parque se agregan aerogeneradores.



Realizar la corrección de velocidad de viento medida en base a la densidad de viento.

$$v_{referencia} = v_{medida} \times \sqrt[3]{\frac{Presión_{medida} \times Temp_{referencia}}{Presión_{referencia} \times Temp_{medida}}}$$



Realizar la **curva de potencia de referencia** a intervalos normalizados IEC (incrementos de 0,5 m/s).

Utilizar **una única curva de referencia para todo el periodo** anual, ya que utilizar varias curvas cambia el patrón de referencia.

Realizar un ajuste a una curva exponencial de grado 3 para el tramo de la rampa de subida.

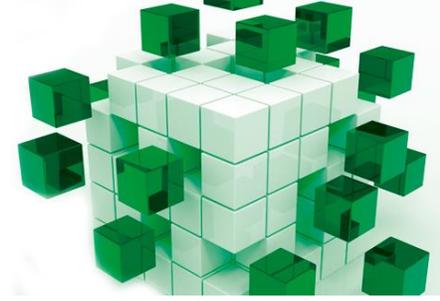
Calcular la **degradación** del equipo como la **diferencia de áreas bajo las curvas de referencia y actual**.

- En el tramo de rampa.
- En la zona de potencia nominal como un término constante (no se detecta degradación debido al sistema de control de los aerogeneradores).

Indicador: “**degradación de la curva**”.

$$\text{Degradación (\%)} = \frac{\left(\int_{V_{rampa_{ini}}}^{V_{rampa_{fin}}} f_{Referencia} - \int_{V_{rampa_{ini}}}^{V_{rampa_{fin}}} f_{Actual} \right)}{\int_{V_{rampa_{ini}}}^{V_{rampa_{fin}}} f_{Referencia} + \left((V_{Potencia\ Nominal\ Max} - V_{rampa_{fin}}) \cdot Pot_{Nominal} \right)}$$

Decisión final



Análisis de **la evolución** temporal del **indicador de degradación** de la curva de potencia

