



WHEN TRUST MATTERS

PATRONES DE CORRELACIÓN EN LA ENERGÍA RENOVABLE

Implicaciones en planificación, hibridación, optimización de portafolios y precios

Sergio Jiménez - DNV, Energy Systems

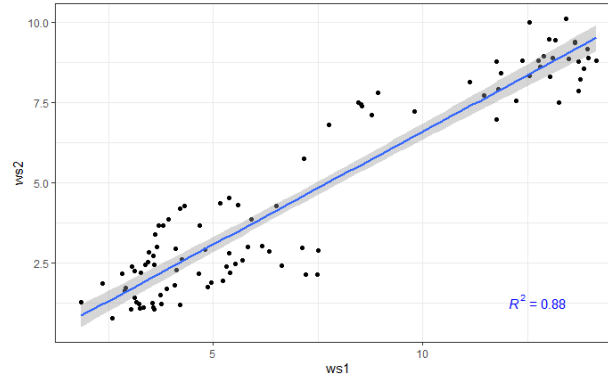
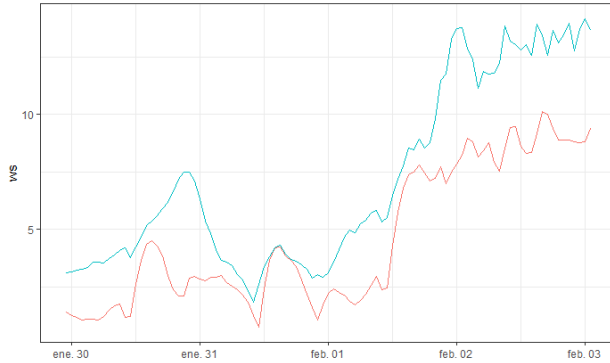


Agenda:

- Correlación en Series Temporales
- Escalas de tiempo e implicaciones
- Correlación espacial y portfolios
- Hibridación
- Precios y apuntamiento
- Planificación de redes / Curtailments
- Simulando la correlación

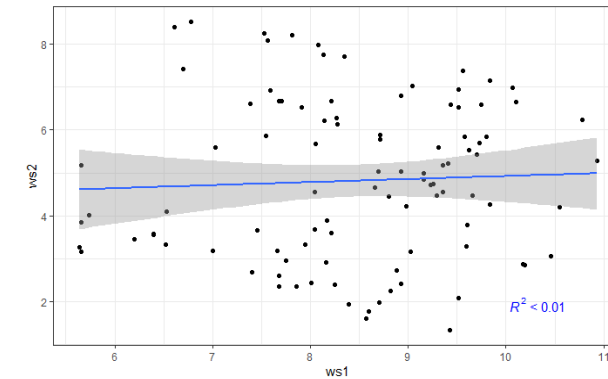
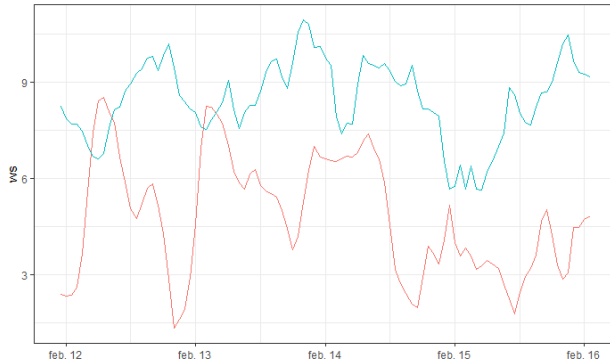


¿Qué mide la correlación entre series temporales?



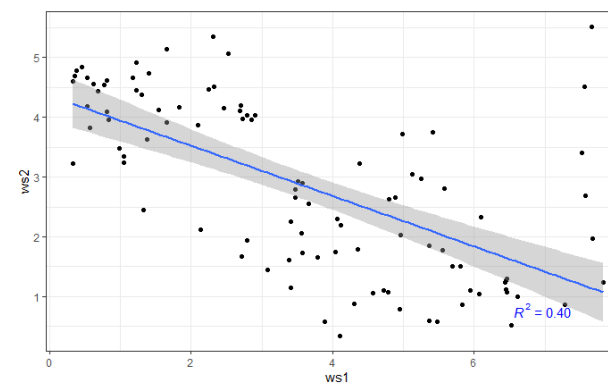
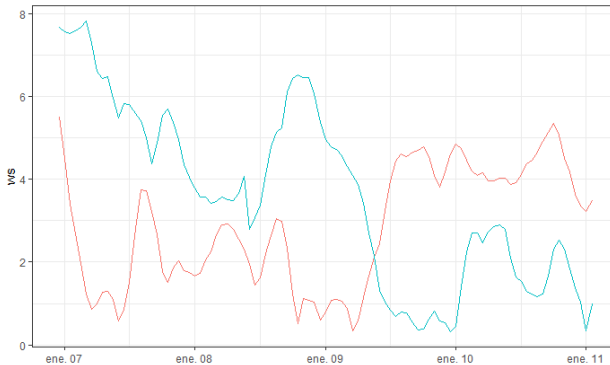
CORRELACIÓN DE PEARSON
Relaciones lineales

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y}$$



CORRELACIÓN DE SPEARMAN
Relaciones monótonas

x_i, y_i se transforman en variables de "ranking"



Recordad que la correlación no tiene que implicar causalidad

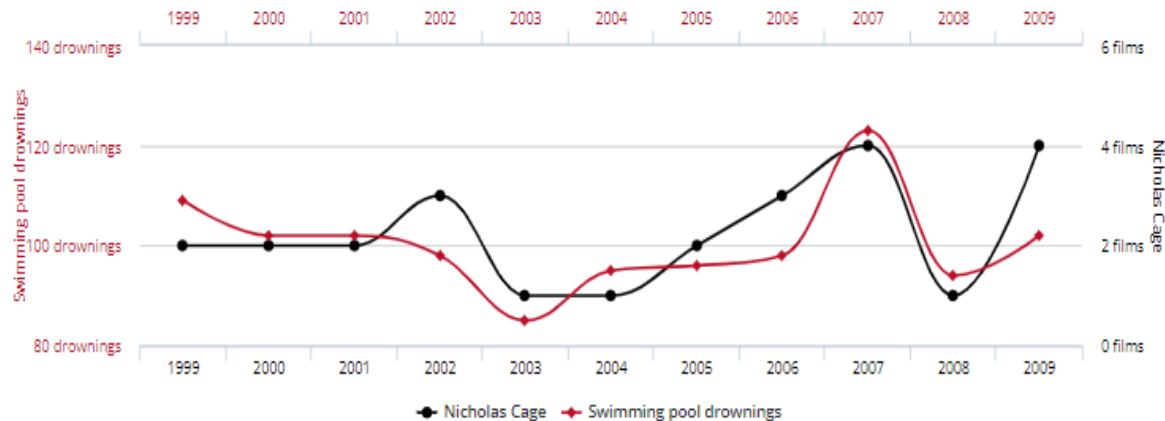
tylervigen.com

[about](#) | [twitter](#) | [email](#) | [subscribe](#)

Spurious correlations

Number of people who drowned by falling into a pool
correlates with
Films Nicolas Cage appeared in

Correlation: 66.6% ($r=0.666004$)



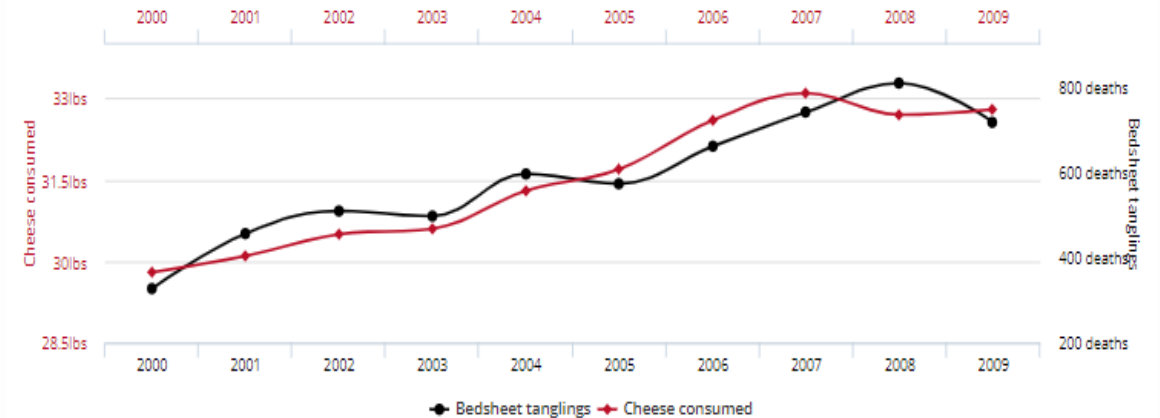
Data sources: Centers for Disease Control & Prevention and Internet Movie Database

tylervigen.com

Per capita cheese consumption
correlates with

Number of people who died by becoming tangled in their bedsheets

Correlation: 94.71% ($r=0.947091$)



Data sources: U.S. Department of Agriculture and Centers for Disease Control & Prevention

tylervigen.com

Escalas Temporales, Series y Aplicaciones

SERIES	ESCALA DE TIEMPO medida de correlaciones	
	Annual – Multianual	Horario – Diario
Recurso renovable: Velocidad de Viento / Irradiancia	Optimización de portfolios (correlación espacial)	- Hibridación (correlación local) - Apantallamiento Desvíos (correlación espacial)
Recurso – Precio	Ingresos / Planes Financieros	Precio efectivo (Apuntamiento)
Recurso - Demanda	Planificación global	Optimización de red Curtailments

Correlación Espacial y Optimización de Portfolios

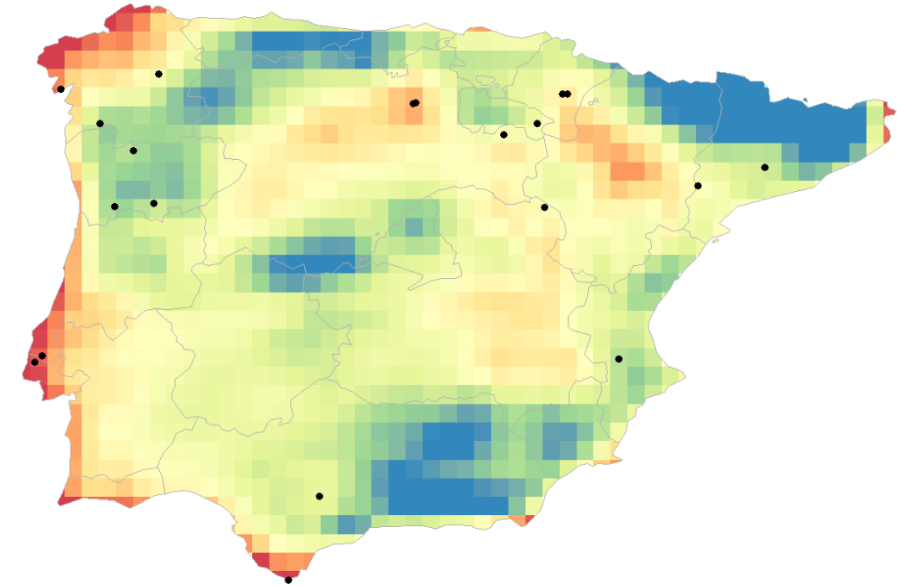
La **reducción en la incertidumbre/variabilidad en la producción de un portfolio** de plantas de generación depende de la correlación cruzada entre las producciones esperadas en las diferentes plantas

$$\sigma_{PORTFOLIO}^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

Matriz de Correlación Espacial

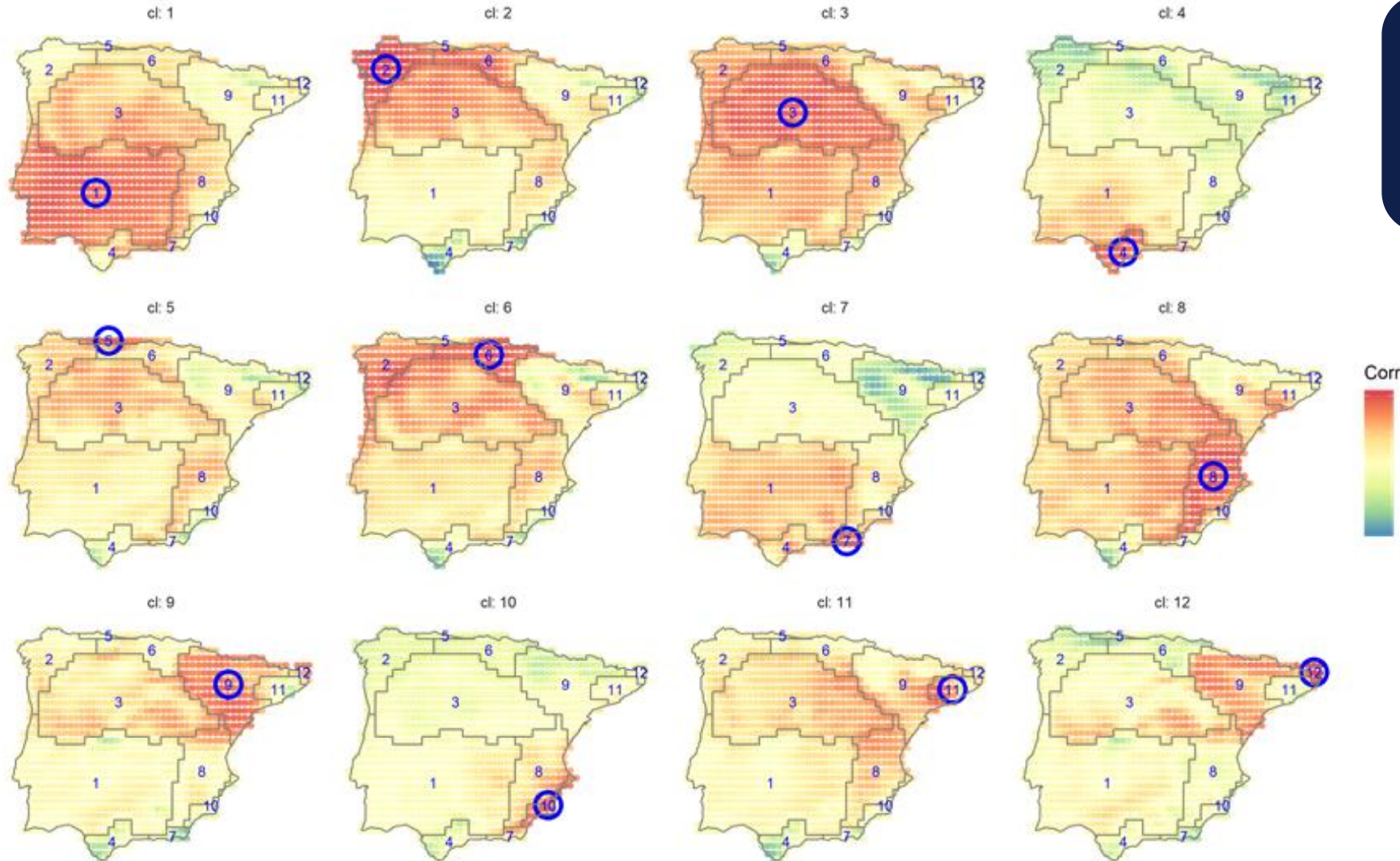
$$\begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1M} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2M} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \rho_{M1} & \cdots & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

¿Como podemos visualizar los patrones de correlación cruzada?



Patrones de correlación espacial energía eólica

Wind Average Correlation from cluster k






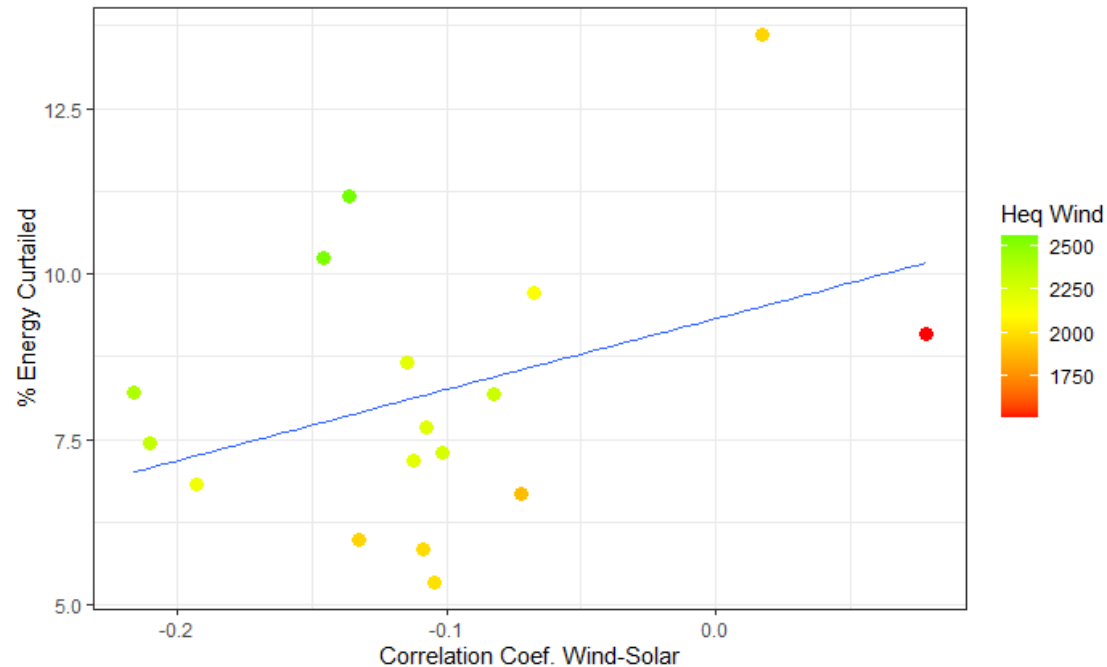
División Zonas

Clustering Jerárquico
usando la correlación como
distancia

Hibridación

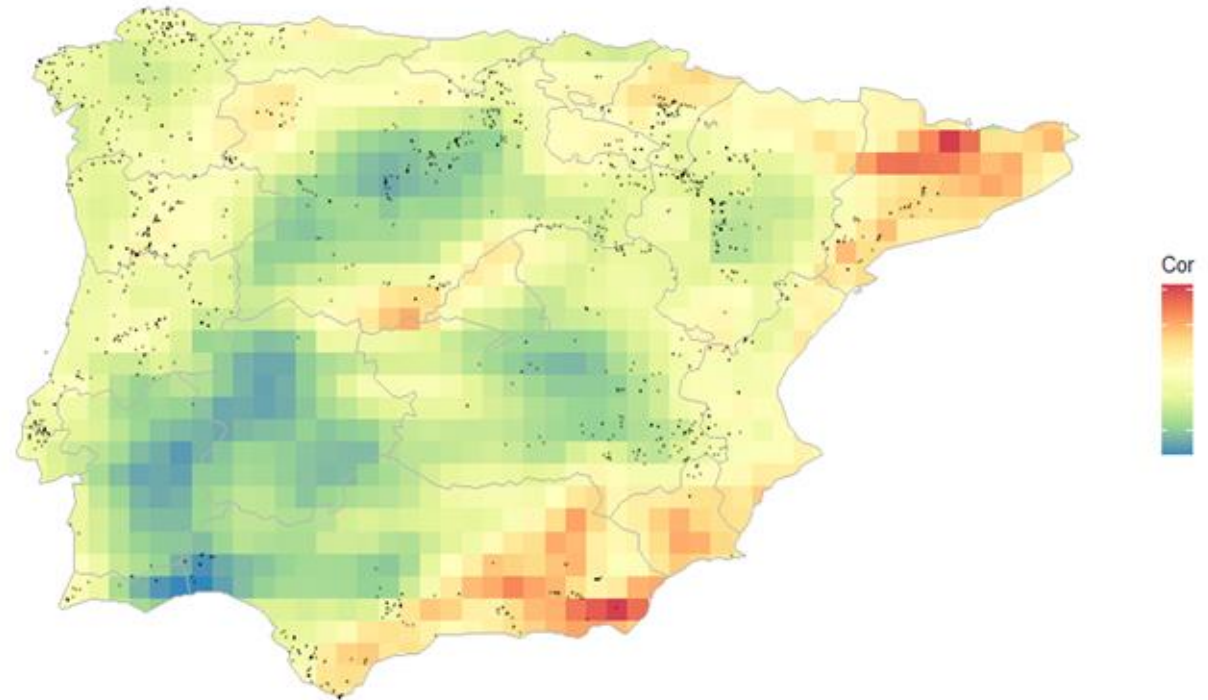
La producción de una planta híbrida eólica-solar depende de:

-  Recurso Eólico existente
-  Recurso solar que hibrida
-  Complementariedad de los recursos solar y eólico



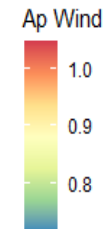
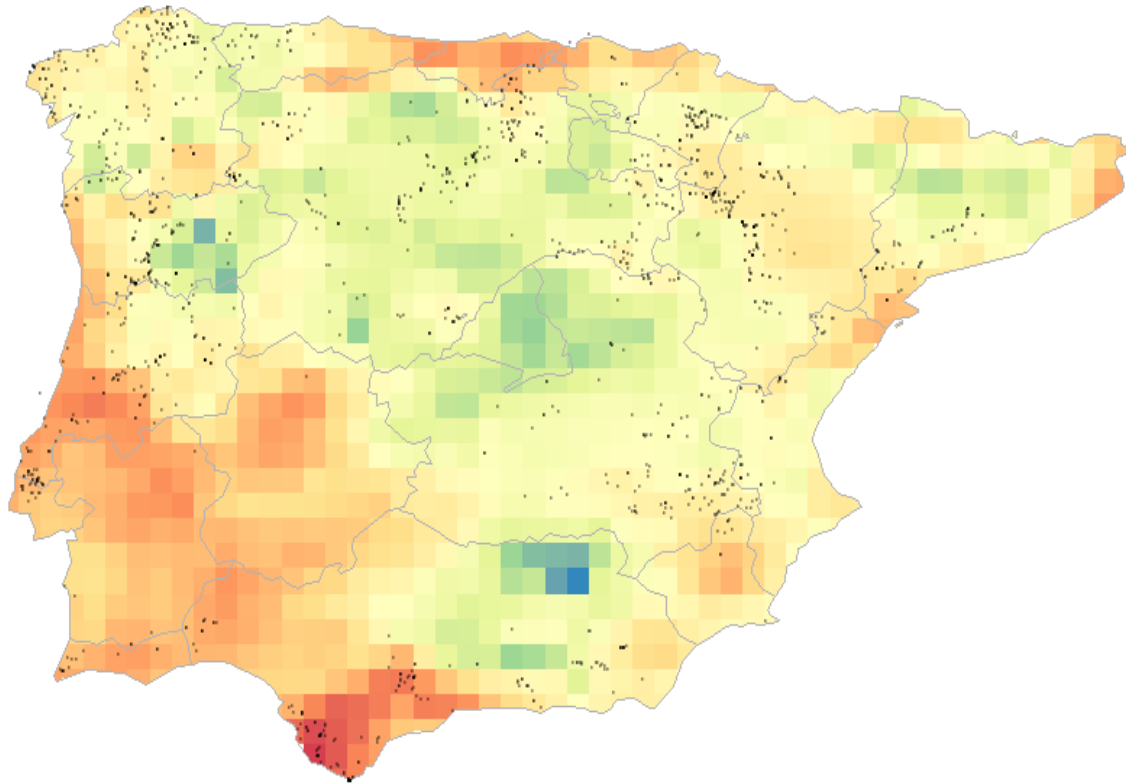
La **complementariedad** se puede medir a partir del coeficiente de **correlación** lineal entre la generación **horaria solar** y **eólica**

ERA-5 Wind Pwr - GHI Hourly Corr



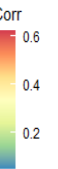
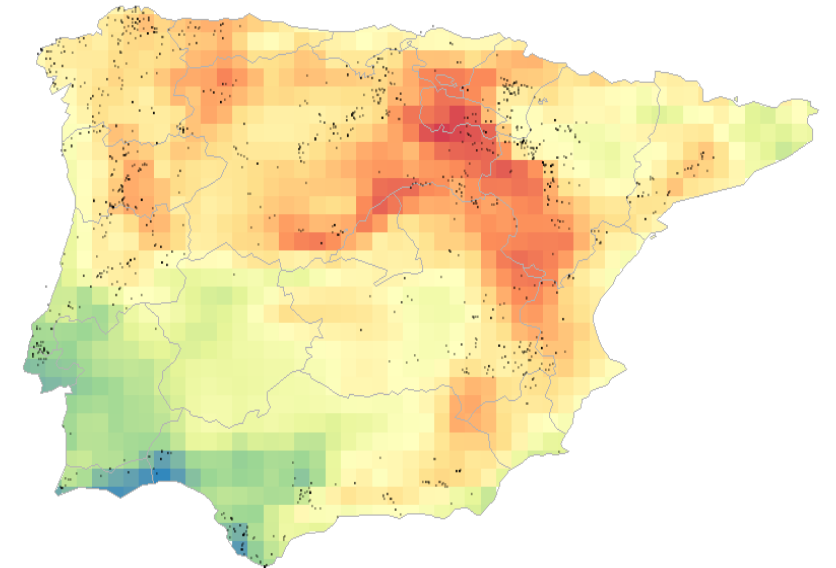
Precios y Apuntamiento

Capture price Coefficient Wind 2021



El **apuntamiento** de una planta depende de como correlaciona la **producción** de **energía local** con la **demanda** y la producción de **renovables** a nivel **nacional**

Correlation Local Wind Energy to National Renewables Production

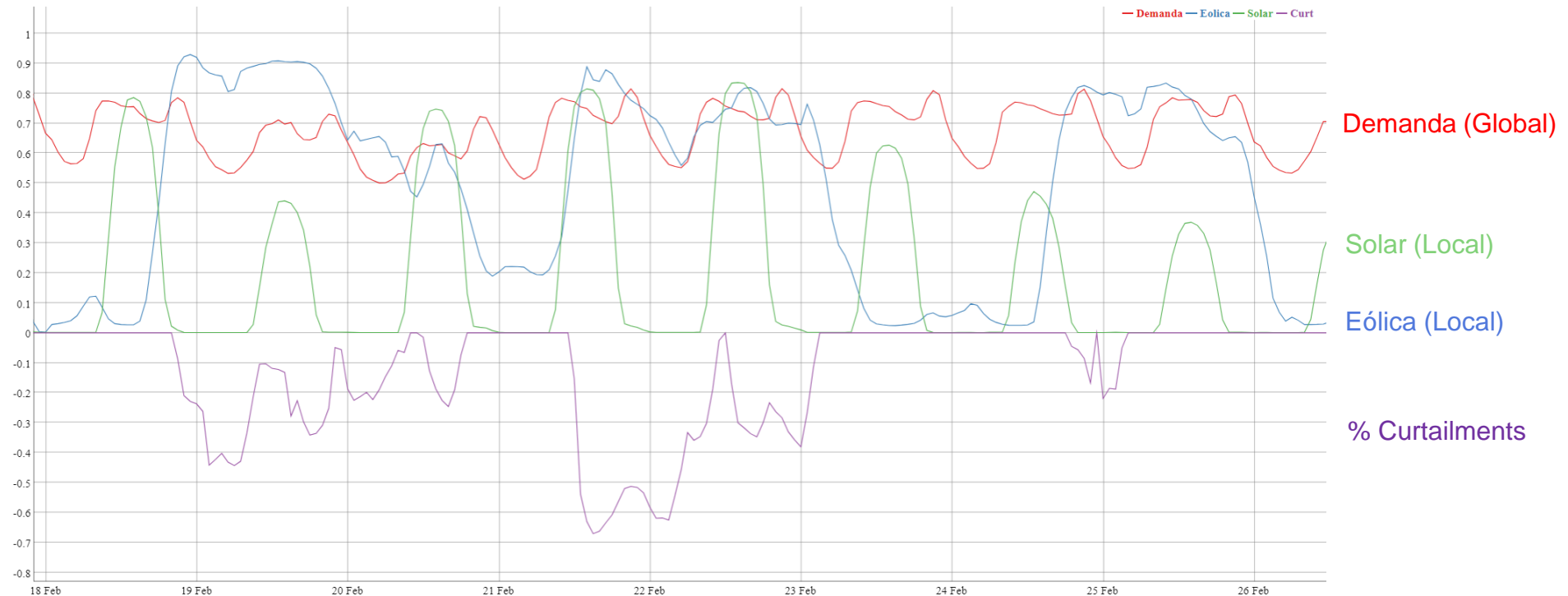


Planificación de Redes / Curtailments

Los patrones de correlación entre **generación renovable local y demanda** son relevantes de cara a la planificación y gestión de las redes de transporte y distribución

Especialmente relevante es poder predecir restricciones técnicas asociadas a diferentes nodos de generación basadas en la correlación entre demanda y generación renovable.

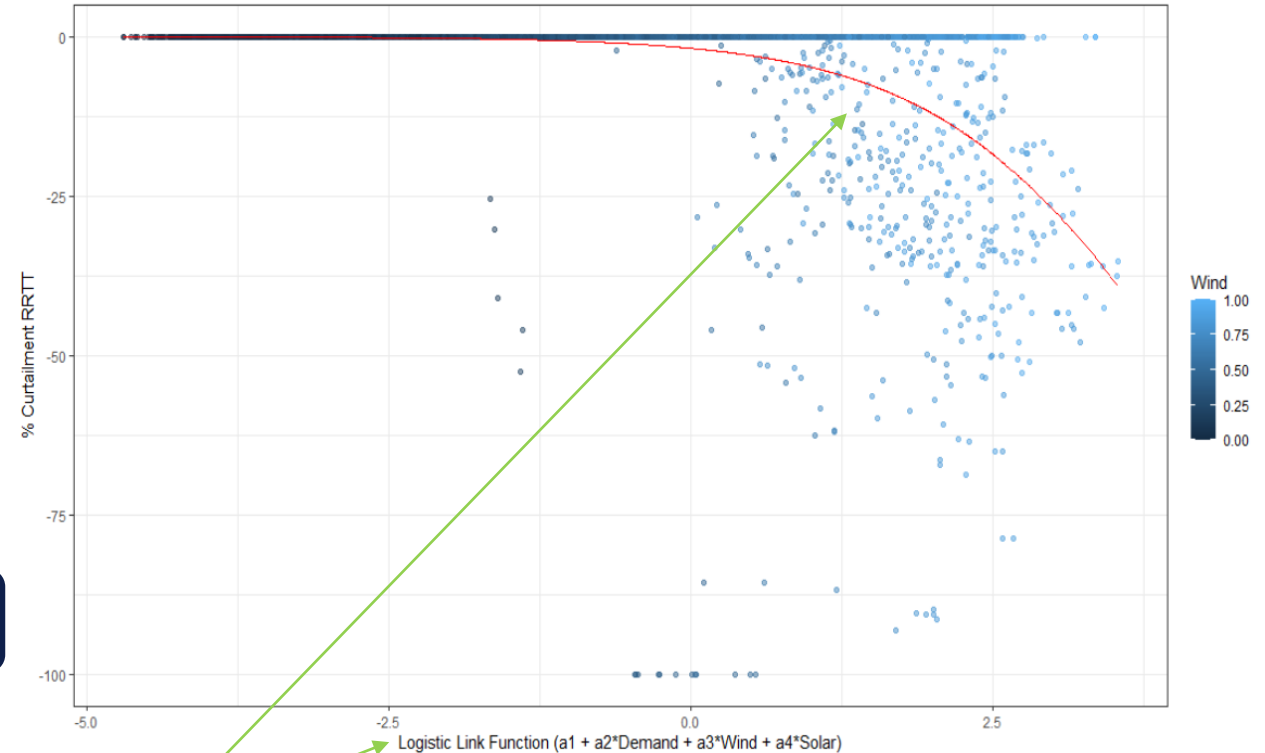
NUDO MAGALLÓN (Fuente: REE I90DIA / selección de unidades asociadas al nudo)



Predicción de Curtailments

- Es posible modelar los curtailments en RRTT mediante Modelos Estadísticos o Machine Learning.
- En cada nudo, el peso de las diferentes variables en un modelo es diferente, así como el peso de variables locales y globales

% Curtailment ~ Demanda + Generación Solar + Generación Eólica

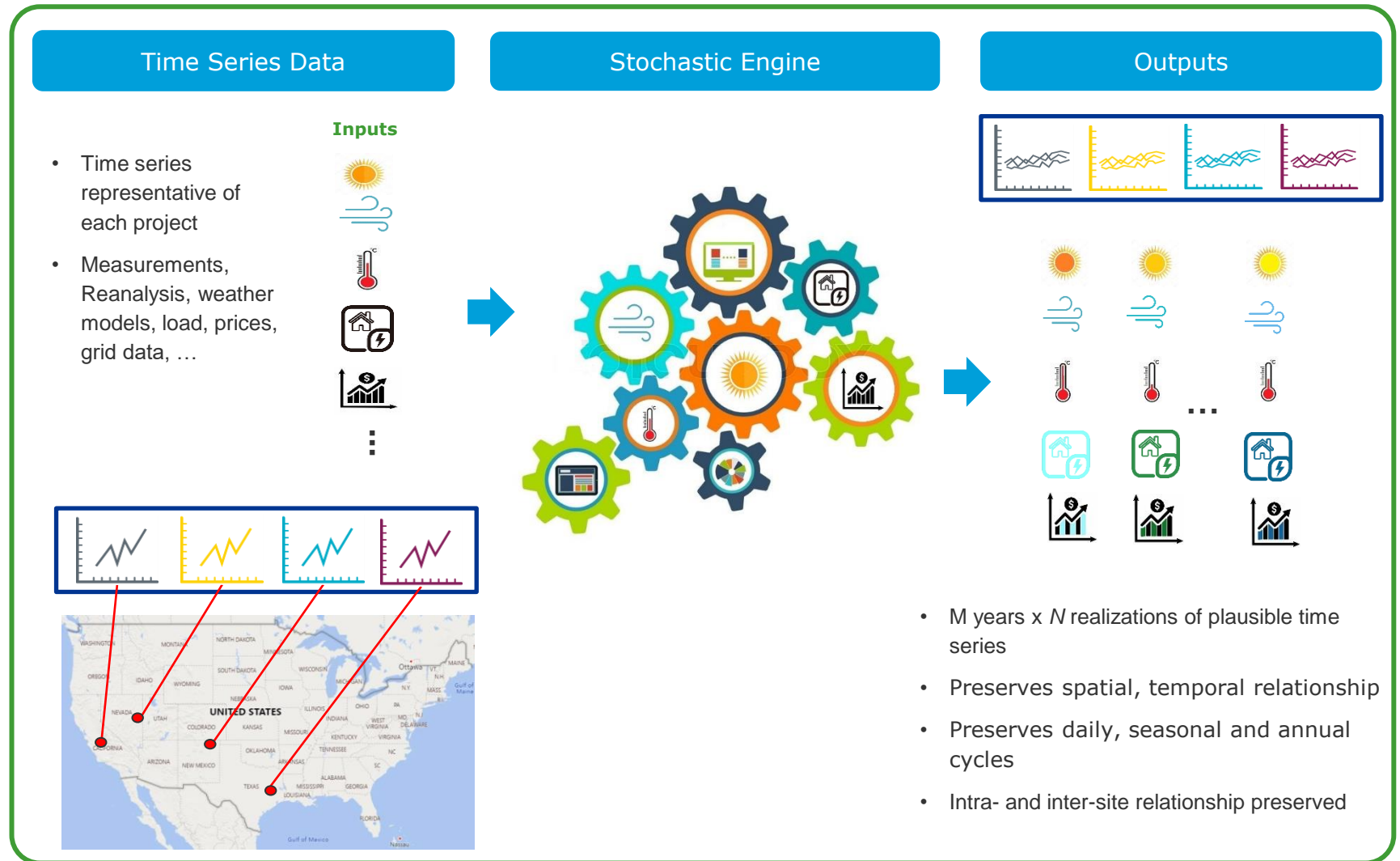


MODELO LOGÍSTICO (MAGALLÓN)

Link Function: $-4.0 - 5.4 * \text{Demand} + 6.4 * \text{Wind} + 0.7 * \text{Solar}$

Simulando la Correlación: DNV Stochastic Engine

Para evaluar riesgos asociados a problemas en los que la correlación entre diferentes series es importante



Gracias por la atención

Sergio Jimenez Sanjuan, Sergio.Jimenez@dnv.com

www.dnv.com