



**DESAL+**  
Laboratorio de I+D en Desalación

 **Universidad  
de La Laguna**



  
**MAC 2014-2020**  
Cooperación Territorial

**Interreg**   
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

# “Sistemas híbridos con energías renovables para el abasto de energía a plantas desaladoras autónomas en las Islas Canarias”.

## DESAL +

Plataforma macaronésica para el incremento de la excelencia en materia de I+D en desalación de agua y del conocimiento del nexo agua desalada-energía (MAC/1.1a/094)

**Deivis Avila Prats.**  
Investigador de la ULL

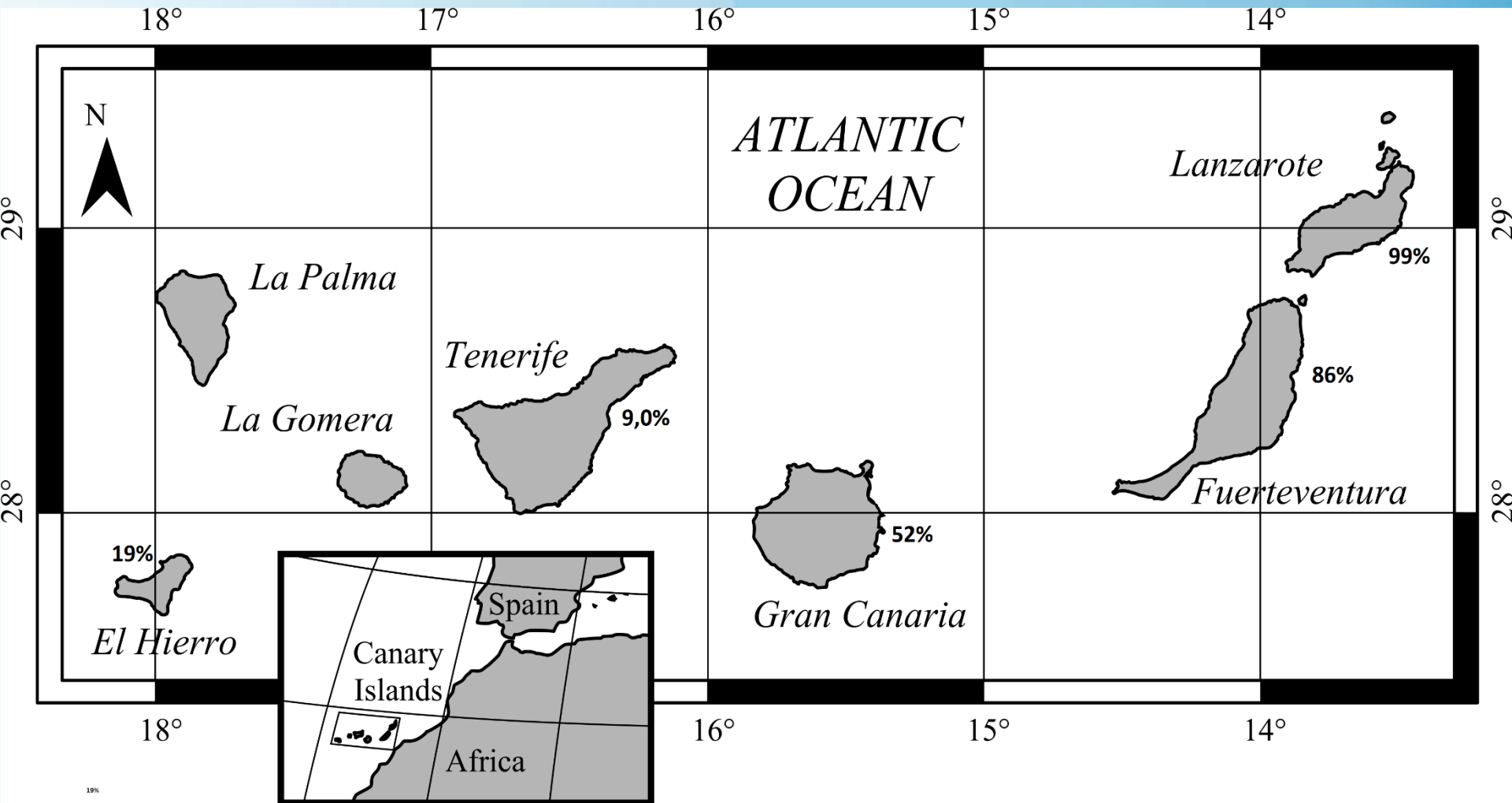
Evento final del Proyecto DESAL+, Las Palmas de Gran Canaria, 23 de noviembre de 2021.

# Objetivos

**“Determinar los sistemas híbridos con base en las energías renovables (HRES), que garanticen las necesidades energéticas de pequeñas plantas desaladoras por ósmosis inversa (RO), para la producción de agua potable en el archipiélago canario”.**

# Selección de las islas para el estudio

## Introducción



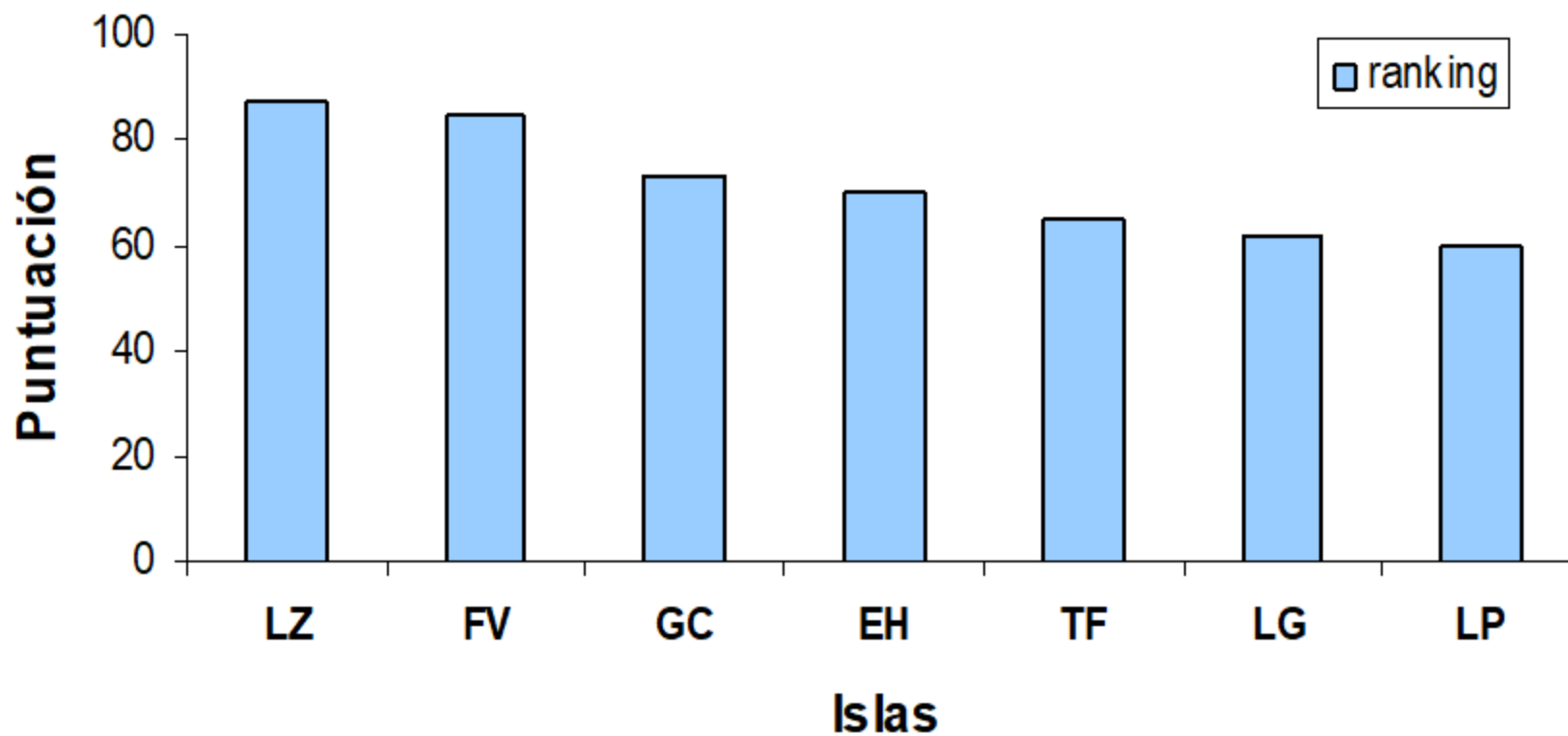
- ✓ Mediante la desalación se producen unos 121 hm<sup>3</sup> de esta agua al año en Canarias.
- ✓ El agua desalada representa el 24 % del consumo del total del agua requerida por año en el archipiélago.
- ✓ El 50 % de la población de las islas se abastece de agua desalada.

# Metodología aplicada para la selección de las islas a estudiar

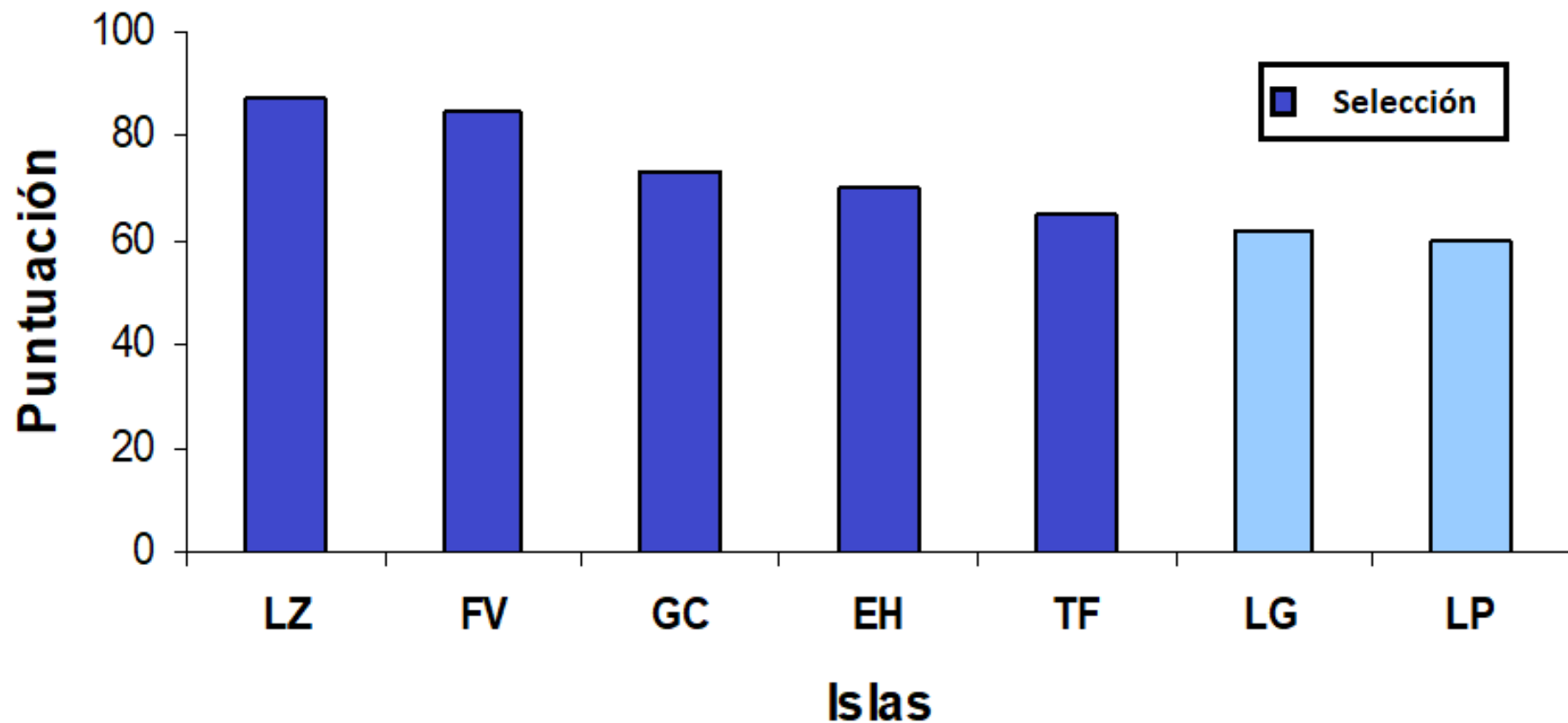
## Aspectos básico analizados

- ✓ Localización.
- ✓ Datos socioeconómicos.
- ✓ Datos medioambientales.
- ✓ Datos sobre las energías renovables.
- ✓ Datos de las infraestructuras del agua.
- ✓ Datos de consumo de agua por sectores.
- ✓ Datos básicos de infraestructuras del sistema eléctrico.

# Resultados de la aplicación de la metodología

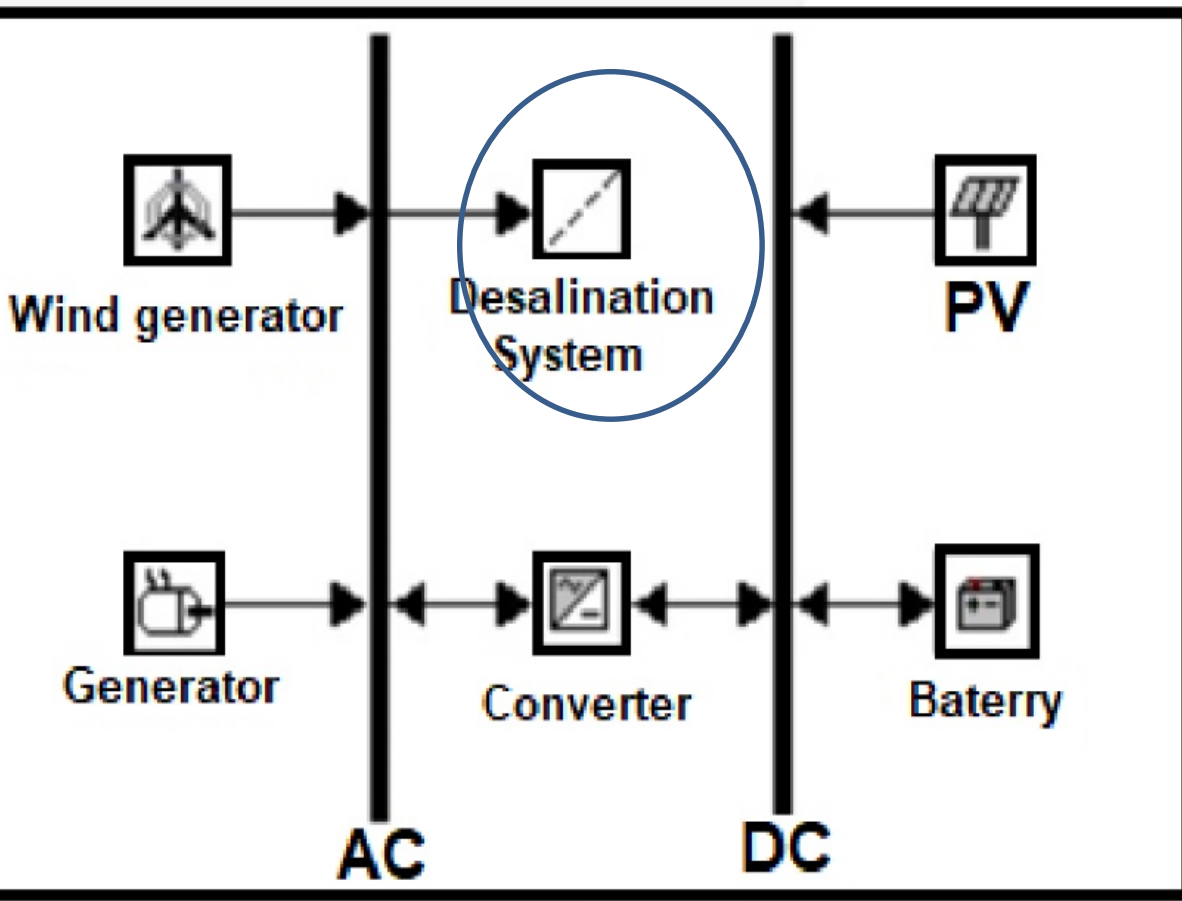


# Resultados de la aplicación de la metodología



# Sistema Híbrido

¿Cuál es el sistema híbrido propuesto para ser modelado?



**Sistema  
Autónomo de  
Desalación  
(SAD)**

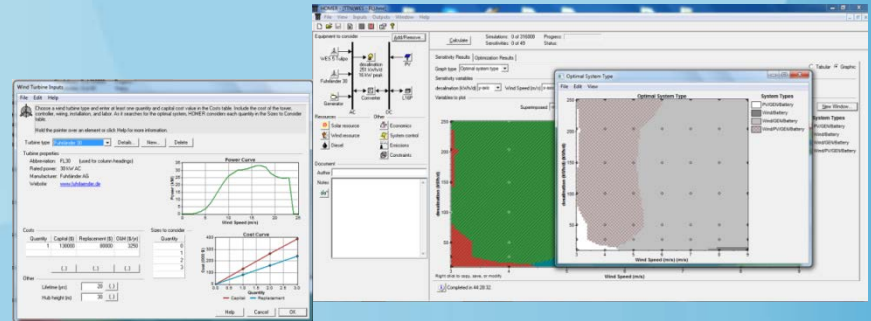
Capacidad: 50 m<sup>3</sup>/día  
Consumo: 5,0 kW/m<sup>3</sup>

Sistema sin  
conexión a  
red eléctrica.



## Software HOMER

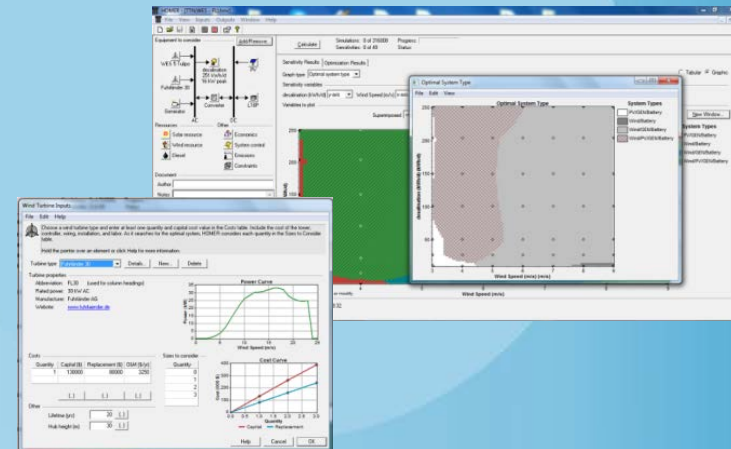
**HOMER** (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*), es un modelo de optimización para sistemas híbridos de generación de energía, con base en las energías renovables. El mismo fue desarrollado por el **Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL)**.





## VARIABLES DE ENTRADA.

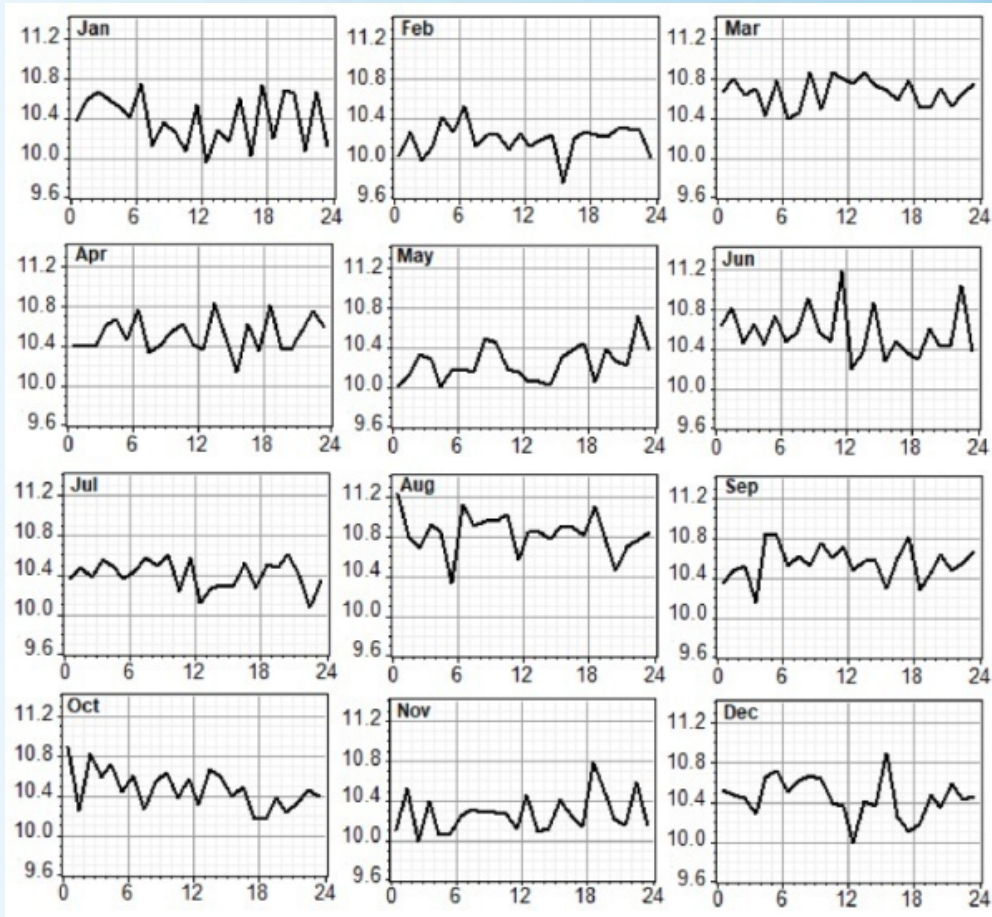
- ✓ Consumo de energía.
- ✓ Componentes del sistema híbrido.
- ✓ Radiación solar.
- ✓ Velocidad del viento.
- ✓ Costes de inversión.
- ✓ Precio de los combustibles.



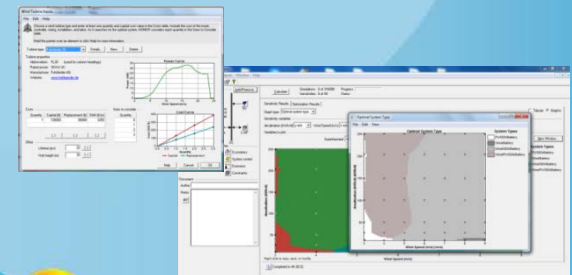
# Modelación con HOMER

## ✓ Consumo de energía

### Distribución mensual carga (kW)



- ✓ El consumo eléctrico de los SAD puede llegar a ser de **250 kWh/día**.
- ✓ La demanda eléctrica promedio será **10.5 kW**, pudiendo llegar hasta de **16 kW** en horario pico.

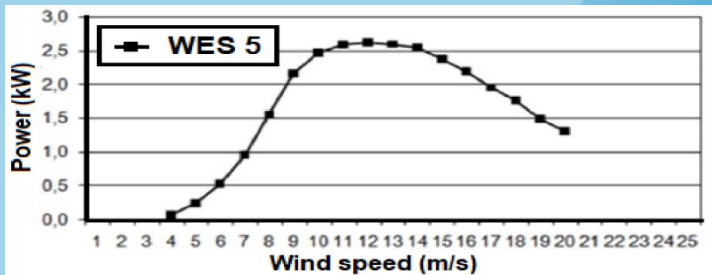
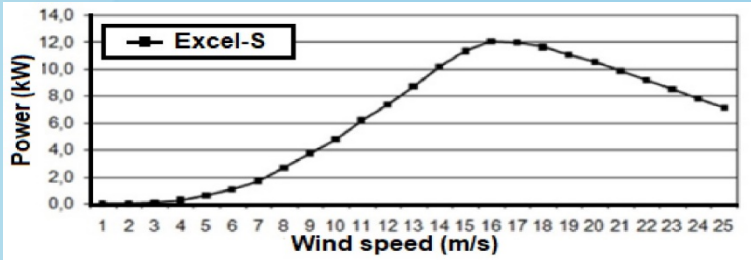
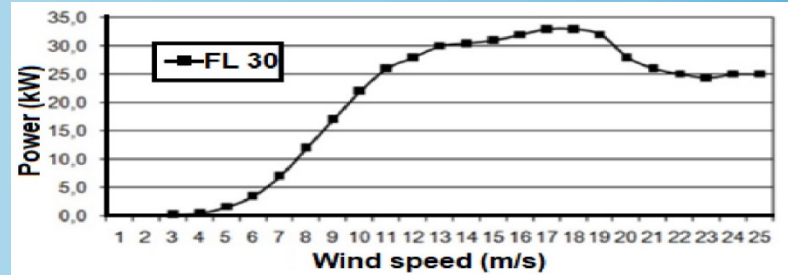


# Modelación con HOMER

## ✓ Componentes del sistema híbrido

Componentes	Capacidad.
Turbinas eólicas.	2.5-10-30 kW
Sistema PV.	0 - 50 kW
Banco de baterías (360 Ah/6V)	0 - 300 unid.
Convertidor.	0 - 30 kW
Generador AC.	0 - 40 kW

*Curvas de potencia de los aerogeneradores*

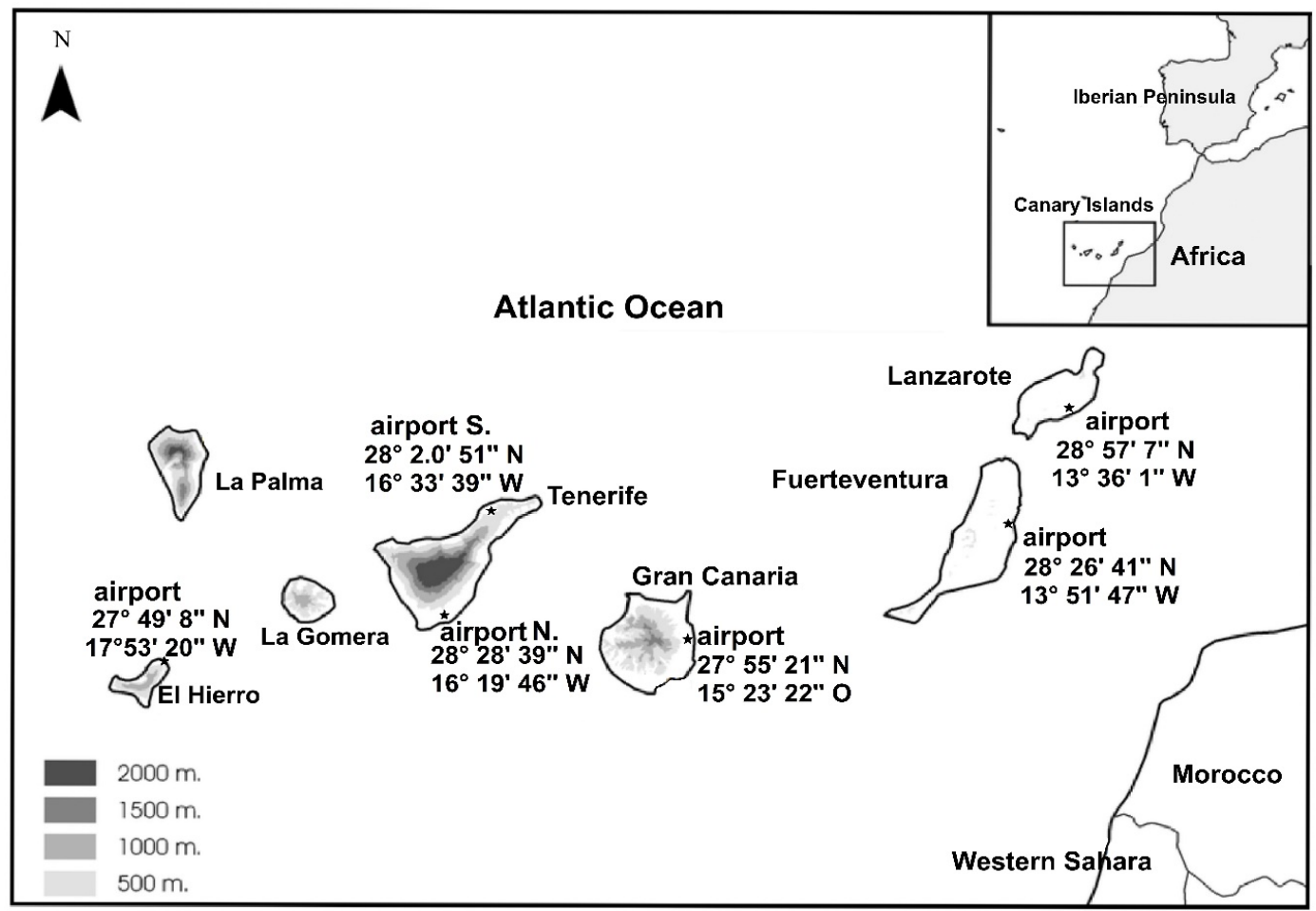
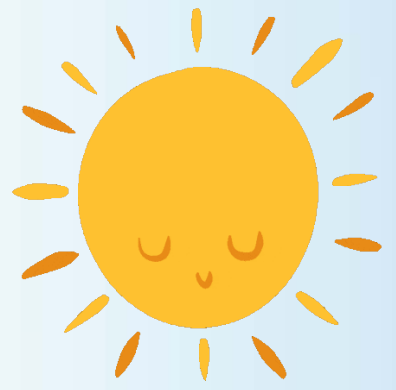


# Modelación con HOMER

✓ **Radiación solar**

✓ **Velocidad del viento**

Los datos de radiación solar se toman del sitio Web: NASA SSE (Surface meteorology and Solar Energy Data Set).



# Modelación con HOMER

## ✓ Costes de inversión

Elements	Size	I. Capital Cost (ICC)\$	Replacement Cost (RC)\$	O&M Cost (\$)	Lifetime
PV panels	0-50 kW	2,500 \$/kW	2,500 \$/kW	0.015*ICC <sub>PV</sub>	20 year
Wind Generator	WG- 30 kW	130,000 \$/unit	80,000 \$/unit	0.025*ICC <sub>Wind</sub>	25 year
	WG- 10 kW	48,000 \$/unit	34,000 \$/unit		
	WG- 2.5 kW	14,950 \$/unit	11,000 \$/unit		
Batteries (360 Ah/6V)	(0-300) batteries.	350 \$/unit	350 \$/unit	8.00 \$/year	10 year
Generator	0-40 kW	700 \$/kW	700 \$/kW	0.40 \$/hour	15,000 h
Converter	0-30 kW	1000 \$/kW	1000 \$/kW	50 \$/year	20 year

**ICC:** Coste Inicial de la Instalación.

**RC:** Costes de Reemplazo de los Equipos.

**O&M:** Costes de Operación y Mantenimiento

✓ **Precio de los combustibles**

Precio del gasóleo: 0.9 \$/L



# Optimización con HOMER

## Resultados de la optimización con HOMER

Estrategia de Control: “Seguimiento de la Demanda” (*load following*)

Islands	PV(kW)	WG(number (Type)	Battery (number)	Converter (kW)	DG(kW)	Ren. Frac.(%)	COE (\$/kWh)
Lanzarote	10	1 – (FL30)	160	15	10	97	0.38
Fuerteventura	25	1 – (FL30)	160	15	20	97	0.45
Gran Canaria	25	1 – (FL30) 1 – (WES5)	160	15	10	99	0.39
Tenerife North	50	1 – (FL30)	160	15	10	99	0.48
Tenerife South	15	1 – (FL30)	224	15	10	99	0.39
El Hierro	10	1 – (FL30)	160	15	10	98	0.37

**COE:** Coste promedios del kWh generado por los sistemas híbridos.

# CONCLUSIONES

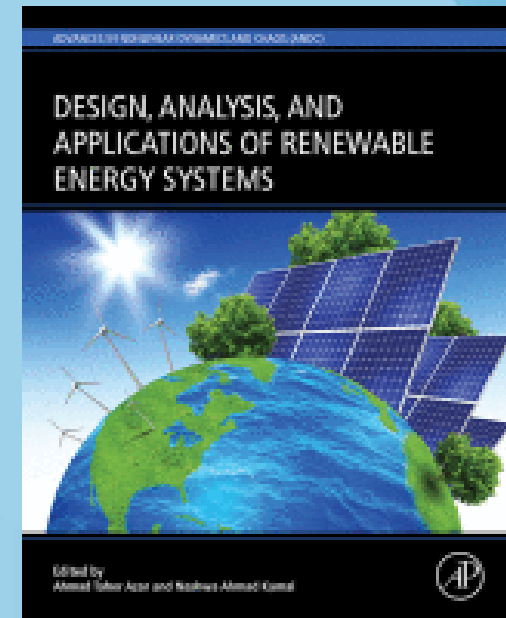
- ✓ El sistema híbrido más económico para el abasto a una planta desaladora con una producción de hasta 50 m<sup>3</sup>/día es: **Una turbina eólica FL-30 con una potencia nominal de 30 kW, un banco de baterías de 160 baterías de 360 Ah/6V, un generador entre 10 o 20 kW y un sistema PV que entre 10 y 50 kW, según requerimientos.**
- ✓ Los Coste promedios del kWh generado por los sistemas híbridos propuestos oscilan entre los **37 y los 48 céntimos dólar.**
- ✓ Cada una de las instalación propuesta puede evitar la emisión de más de **94 toneladas de gases contaminantes a medio ambiente por año.**



**Chapter 2:** Hybrid renewable energy systems for energy supply to autonomous desalination systems on Isolated Islands

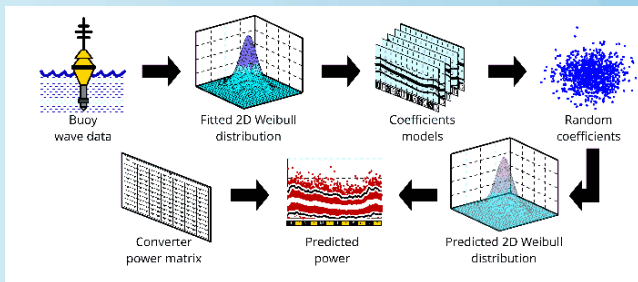
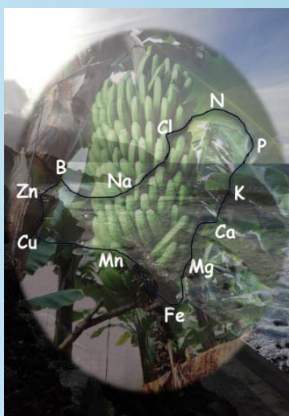
**Book:** Design, Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems

**Publisher:** Elsevier, 2021.



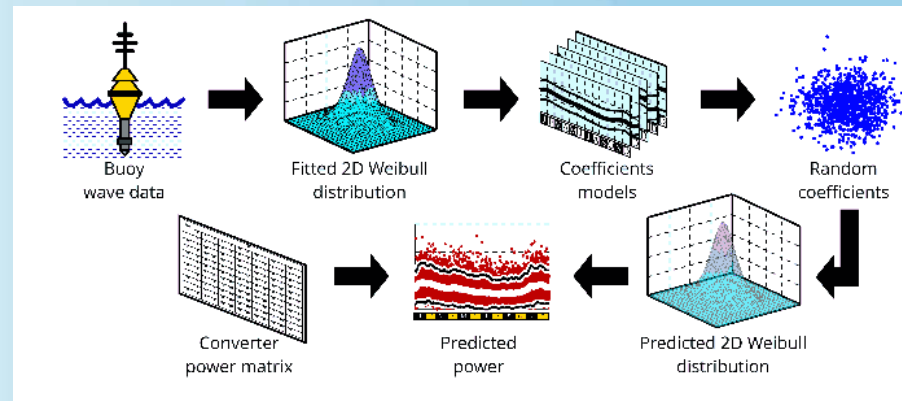
# PUBLICACIONES DEL EQUIPO DE

# INVESTIGACIÓN ULL



## PUBLICACIONES (ENERGÍAS RENOVABLES)

- ✓ **Title:** Prediction of Wave Energy Transformation Capability in Isolated Islands by Using the Monte Carlo Method.  
**Journal:** Journal of Marine Science and Engineering (JMSE-MDPI), 2021
- ✓ **Title:** Forecasting of wave energy in Canary Islands based on Artificial Intelligence.  
**Journal:** Applied Ocean Research, 2020
- ✓ **Title:** Assessment of Hybrid Renewable Energy Systems to supplied energy to Autonomous Desalination Systems in two islands of the Canary Archipelago.  
**Journal:** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019





- ✓ **Title:** Machine Learning Models Applied to Manage the Operation of a Simple SWRO Desalination Plant and Its Application in Marine Vessels.  
**Journal:** Water, MDPI, 2021.
- ✓ **Title:** Energy analysis of a seawater reverse osmosis desalination system for small marine vessels.  
**Journal:** Desalination and Water Treatment, 2021

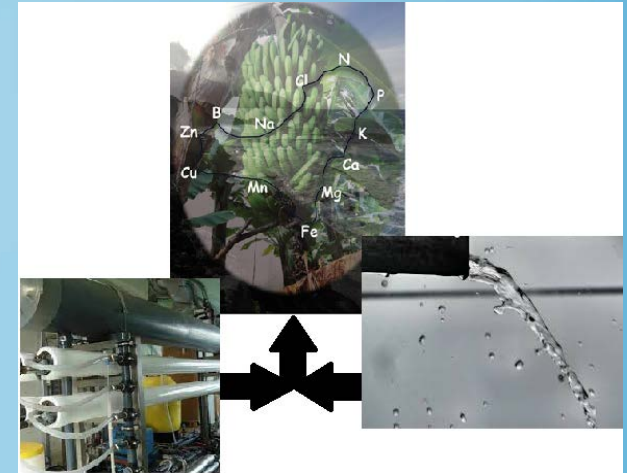


# Publicaciones de equipo de investigación ULL

## Publicaciones (Ingeniería Agraria- Desalación)

- ✓ **Title:** Irrigation management strategies through the combination of fresh water and desalinated sea water for banana crops in El Hierro, Canary Islands.

**Journal:** Water Reuse, 2021



## Proyectos (Energías renovables)

- ✓ **Título:** Proyecto básico de un capturador experimental de energía undimotriz en la isla de El Hierro.



## Socios Europeos



# Socios Tercer País y Asociados



emalsa

