ENERMAC
Energías Renovables y Eficiencia Energética
Desarrollo Sostenible de África Occidental e Islas de la Macaronesia

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg

ENERMAC

Energías Renovables y Eficiencia Energética
Desarrollo Sostenible de África Occidental e Islas de la Macaronesia
(MAC/1.1a/117)

Características generales para la integración de energías marinas en Canarias. Proyecto ENEMAC

Santiago Díaz Ruano
Departamento de Energías Renovables

itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Gobierno de Canarias

Las Palmas, 29 de octubre 2019

Proyecto ENERMAC

ENERMAC
Energías Renovables y Eficiencia Energética
Desarrollo Sostenible de África Occidental e Islas de la Macaronesia

Convocatoria: INTEREG MAC 2014-2020
Código: MAC/1.1ª/117
Aprobado: Noviembre 2016
Duración: 48 meses

OBJETIVO GENERAL:

Maximizar el aprovechamiento de las fuentes energéticas renovables y autóctonas, para reducir la dependencia energética y fomentar el desarrollo sostenible de las islas de la Macaronesia y África Occidental.

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Consorcio proyecto ENERMAC

ENTIDADES PARTICIPANTES BENEFICIARIAS DEL FEDER	
ITC - Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (Beneficiario Principal)	Canarias
AREAM - Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira	Madeira
ULPGC - Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Canarias
ULL - Universidad de La Laguna	Canarias
MITI - Madeira Interactive Technologies Institute-Associação	Madeira
COAGC - Colegio Oficial de Arquitectos de Gran Canaria	Canarias
Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial	Canarias
DRET - Direção Regional da Economia e Transportes	Madeira
FECAM - Federación Canaria de Municipios	Canarias
Cabildo Insular de El Hierro	Canarias
Cabildo Insular de Lanzarote	Canarias

PARTICIPANTES DE TERCEROS PAÍSES	
UNICV - Universidade de Cabo Verde	Cabo Verde
UNA - Universidad de Nouakchott Al Aasriya	Mauritania
DGECV - Direção Geral da Energia	Cabo Verde

PARTICIPANTES ASOCIADOS	
AEB - Aguas e Energia da Boa Vista SA	Cabo Verde

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Actividades del proyecto

Objetivo Específico 2.1 - Planificación Energética



Actividad 2.1.1 Infraestructuras de EERR marinas y terrestres

Actividad 2.1.2 Movilidad baja en carbono

Actividad 2.1.3 Modelización para la optimización de la planificación energética

Objetivo Específico 2.2 - Uso Racional de la Energía



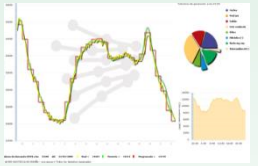
Actividad 2.2.1 Integración de calor solar en procesos industriales



Actividad 2.2.2 Biomasa: valorización energética de residuos

Actividad 2.2.3 Eficiencia Energética

Objetivo Específico 2.3 - Análisis de Redes Eléctricas y Microrredes



Actividad 2.3.1 Estudios de red de sistemas eléctricos

Actividad 2.3.2 Optimización de la penetración de EERR en redes eléctricas

Actividad 2.3.3 Diseño, implementación y operación de microrredes



+



=



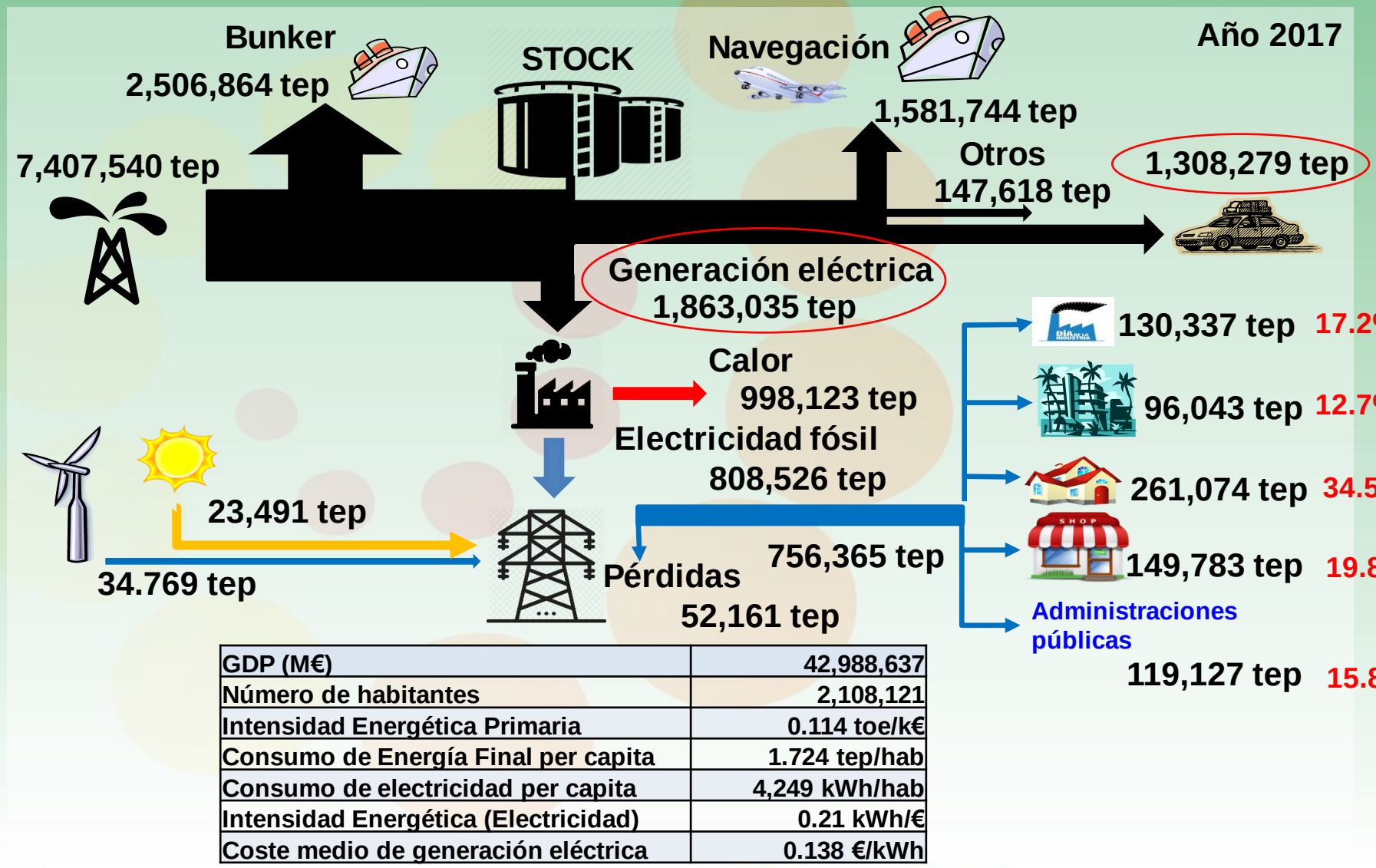


ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Diagrama de Sankey de la energía Canarias



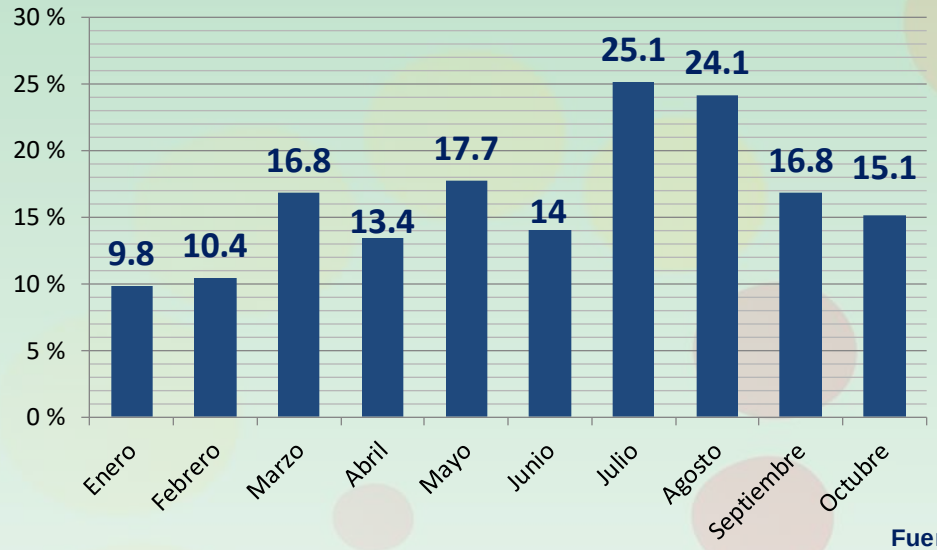
GDP (M€)	42,988,637
Número de habitantes	2,108,121
Intensidad Energética Primaria	0.114 toe/k€
Consumo de Energía Final per capita	1.724 tep/hab
Consumo de electricidad per capita	4,249 kWh/hab
Intensidad Energética (Electricidad)	0.21 kWh/€
Coste medio de generación eléctrica	0.138 €/kWh

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Sistema eléctrico de Canarias



Generación	Tipo	Potencia	Potencia
Convencional	Fuel + Gas	1.536 MW	**2.400** MW
	Motores diesel	496 MW	
	Turbina de gas	557 MW	
	Turbina de vapor	483 MW	
	Ciclo combinado	864 MW	
Renovable	Hidroeólica	11 MW	**613** MW
	Eólica	429 MW	
	Solar fotovoltaica	167 MW	
	Biogás/Biomasa	4 MW	
	Hidráulica	2 MW	
Total		**3.012** MW	**3.012** MW

Fuente: REE

Cobertura media EERR → 16,5%

Demanda mensual → 696,6 GWh/año
EERR mensual → 23,8 GWh/año



Año 2019

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Limitaciones territoriales

Protección territorial y servidumbres aeronáuticas:

- 70% del territorio protegido por ser Espacios Naturales.
- Gran demarcación de áreas protegidas para las Aves.
- Áreas de mejor recurso eólico en proximidad a aeropuertos.
- Riesgo de que no continúe la evolución del sector eólico por las limitaciones mencionadas.





Fuente:
IDE y AESA

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

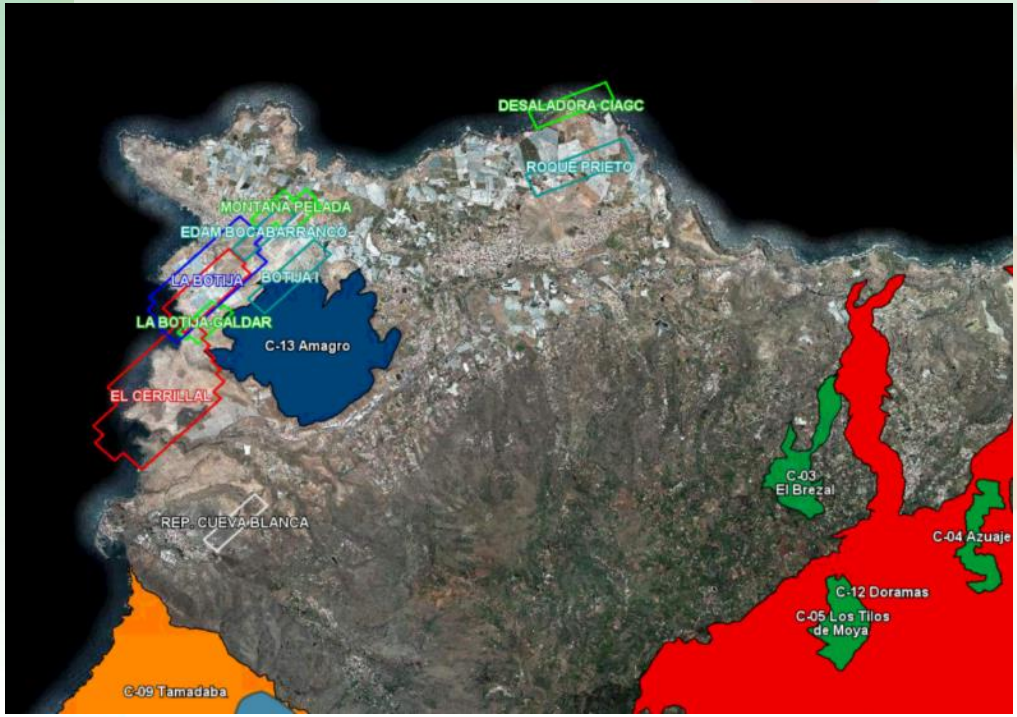
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Áreas de sensibilidad eólica

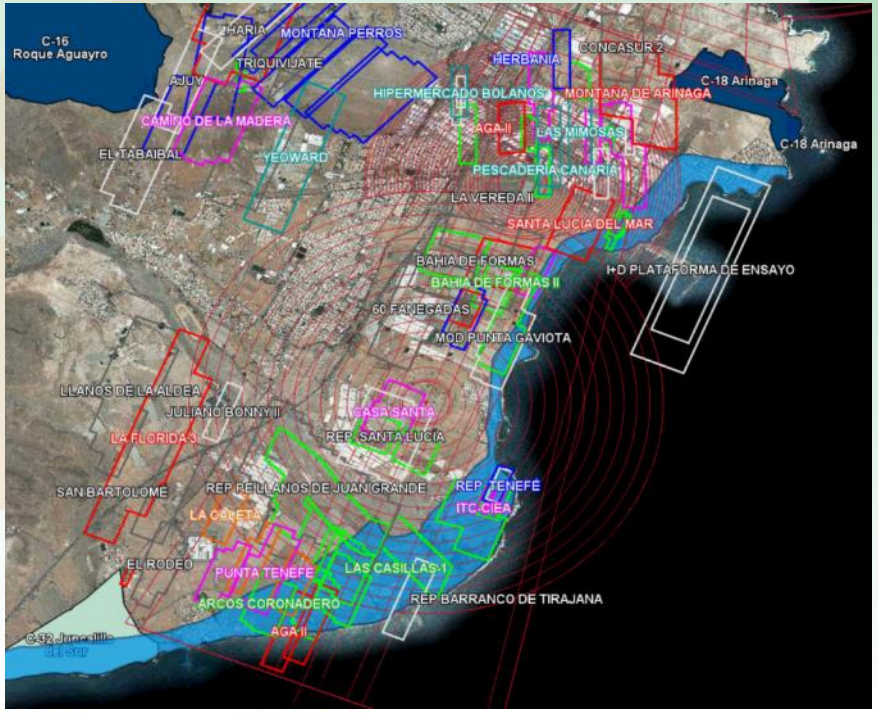
Áreas de sensibilidad eólica y cercanía a núcleos poblados:

- En las áreas que aún continúan siendo aptas existe una alta aglomeración de parques eólicos. Se deben respetar las áreas de sensibilidad eólica marcadas en el Decreto 6/2015.

Áreas de sensibilidad eólica actuales (Noroeste Gran Canaria)



Áreas de sensibilidad eólica actuales (Sureste Gran Canaria)



ENERMAC

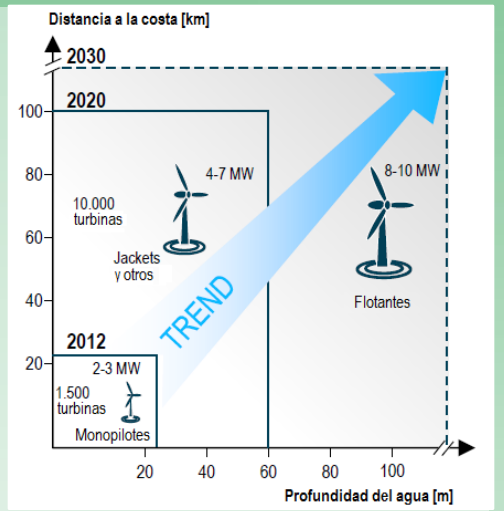
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

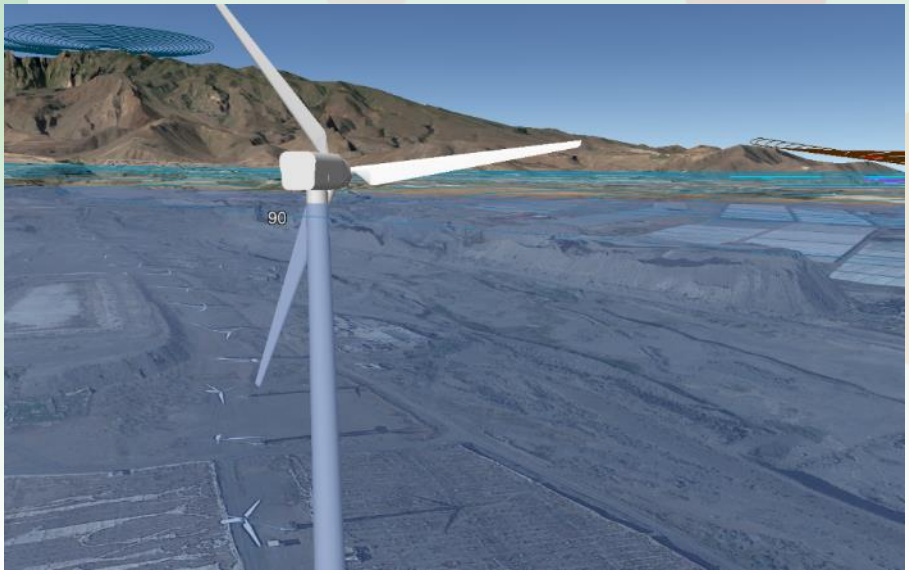
Evolución de la tecnología eólica

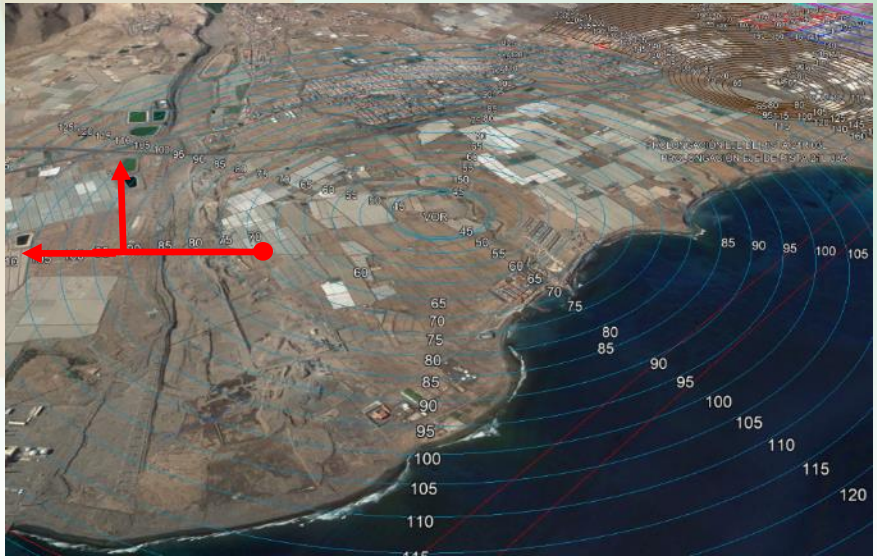
Nuevos aerogeneradores Multi-Megavatios:

- Los aerogeneradores con potencias inferiores a 1 MW comienzan a descatalogarse. La evolución del sector plantea alternativas con potencias comprendidas entre 5 – 10 MW.
- Estos aerogeneradores presentan mayores alturas de buje y diámetros de rotor, lo que plantea problemas relacionados con las servidumbres aeronáuticas.



Servidumbres vs Nuevos aerogeneradores (Caso Sureste Gran Canaria)





ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

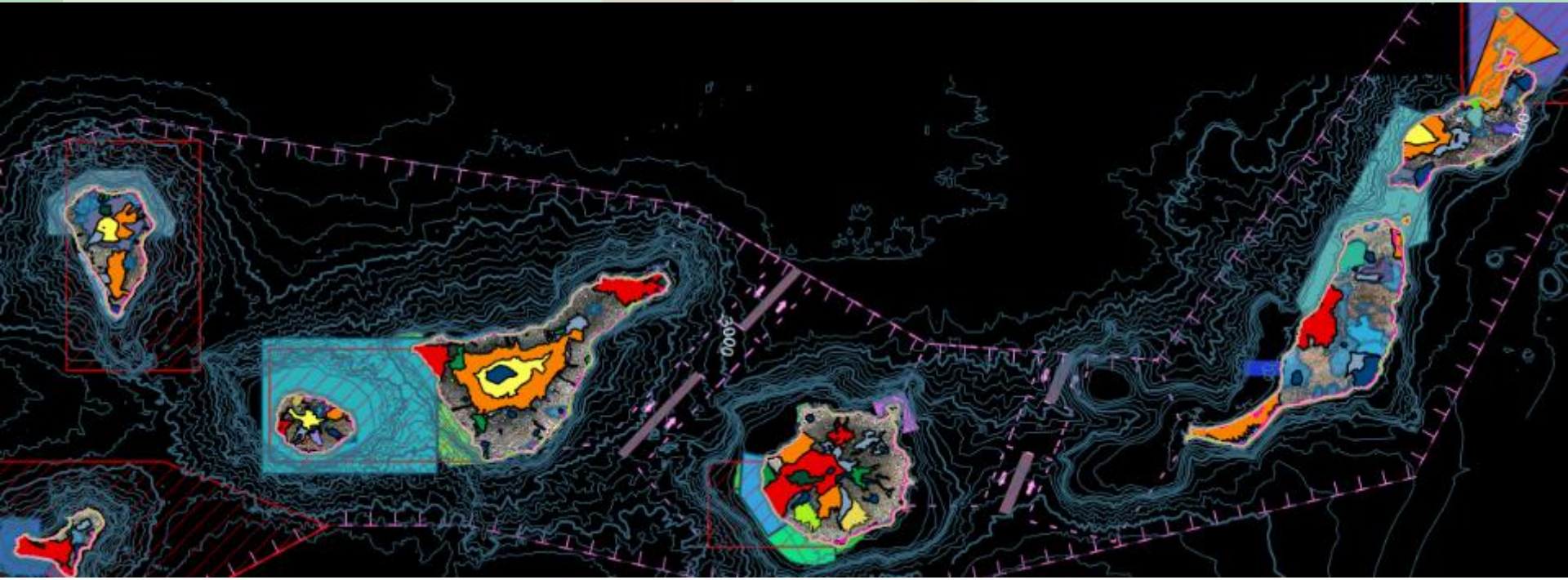
Restricciones energías marinas

Condiciones técnicas:
- Recurso EERR.
- Batimetrías.
- Fondo marino.
- Red eléctrica.

Usos de explotación:
- Puertos.
- Pesca.
- Acuicultura.
- Materias primas.

Usos restringidos:
- Zonas militares.
- Áreas protegidas.
- Rutas de transporte.
- Cables y tuberías.

Otros usos:
- Investigación científica.
- Actividades turísticas y recreativas.

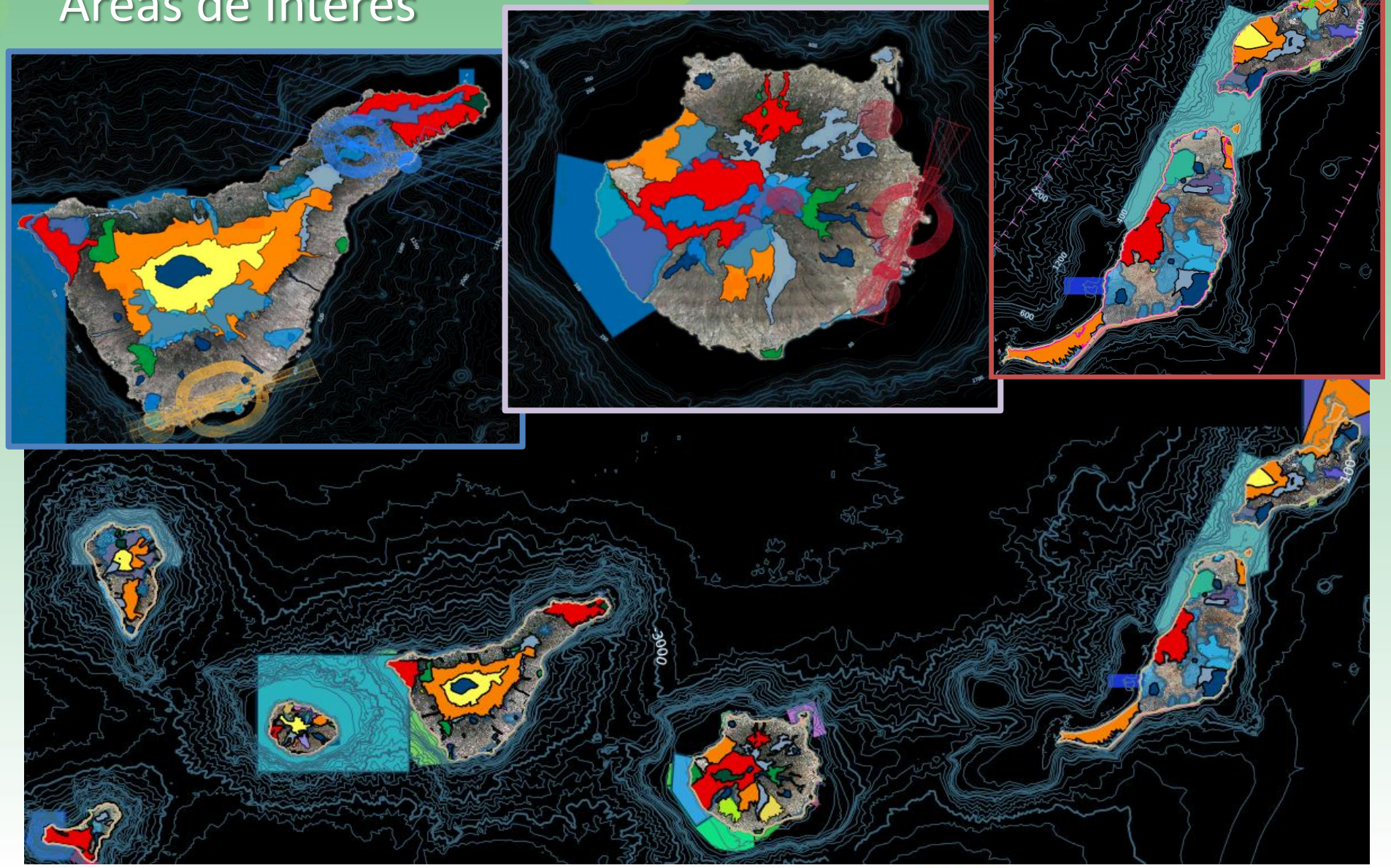


ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Áreas de Interés

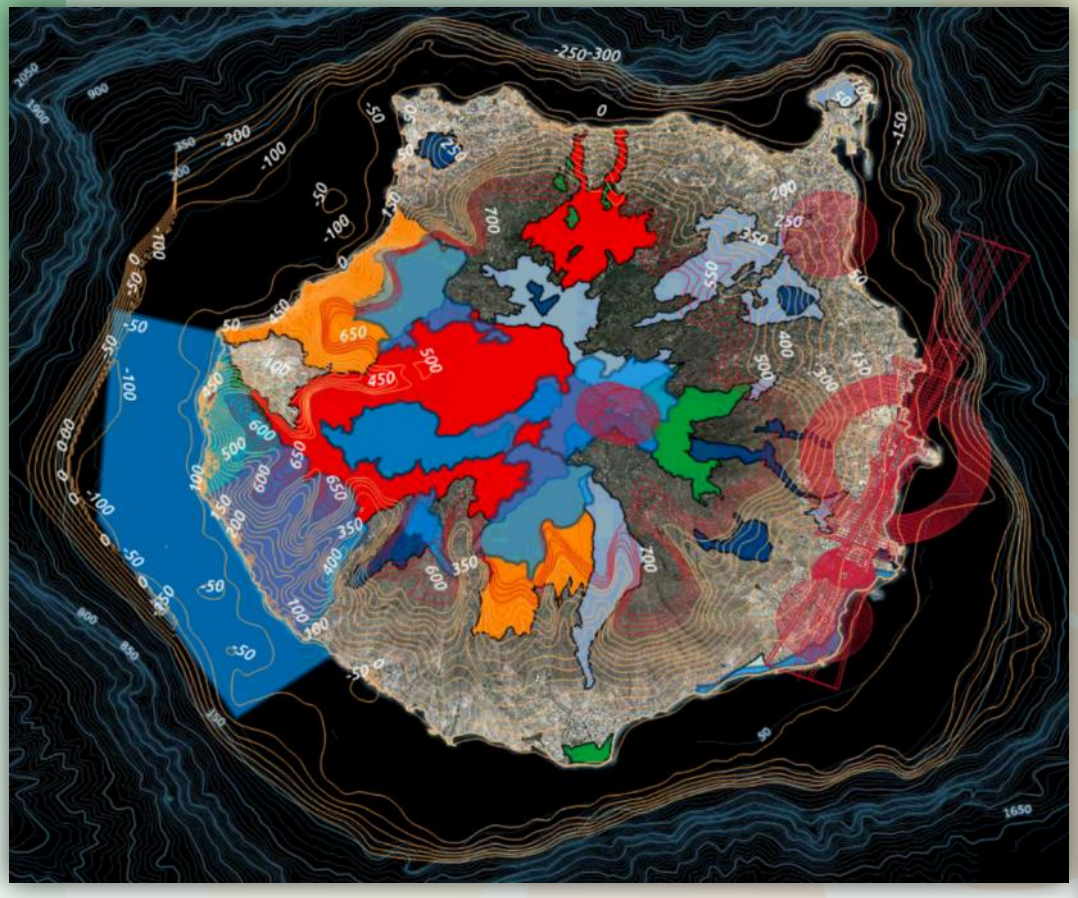


ENERMAC

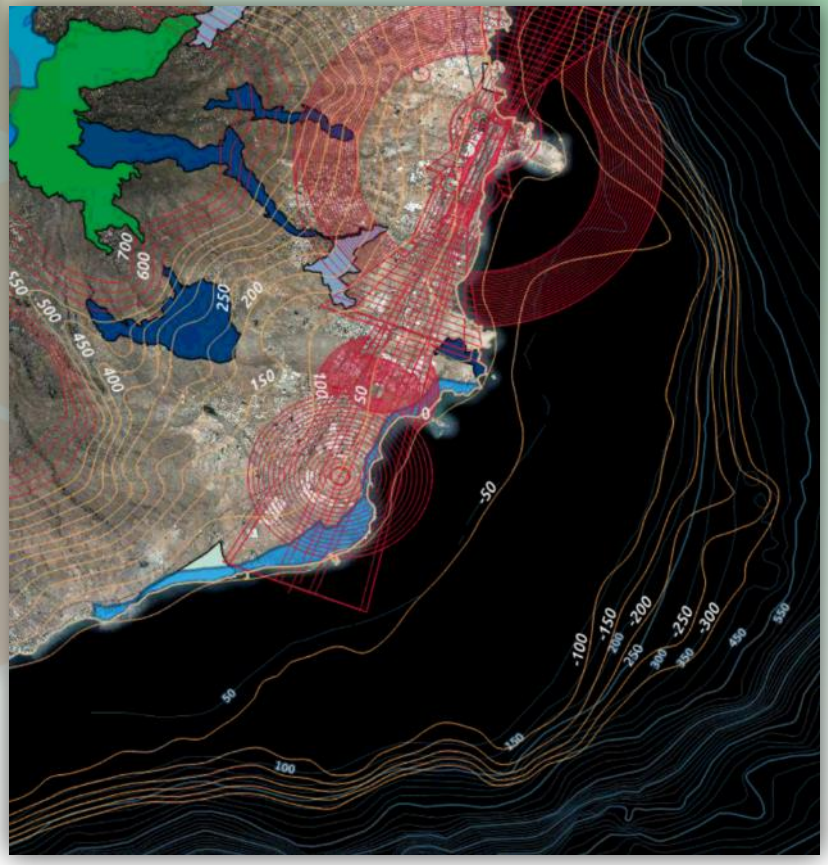
MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Interés de las energías marinas



- Islas de mayor potencial: Gran Canaria, Lanzarote, Fuerteventura y Tenerife.



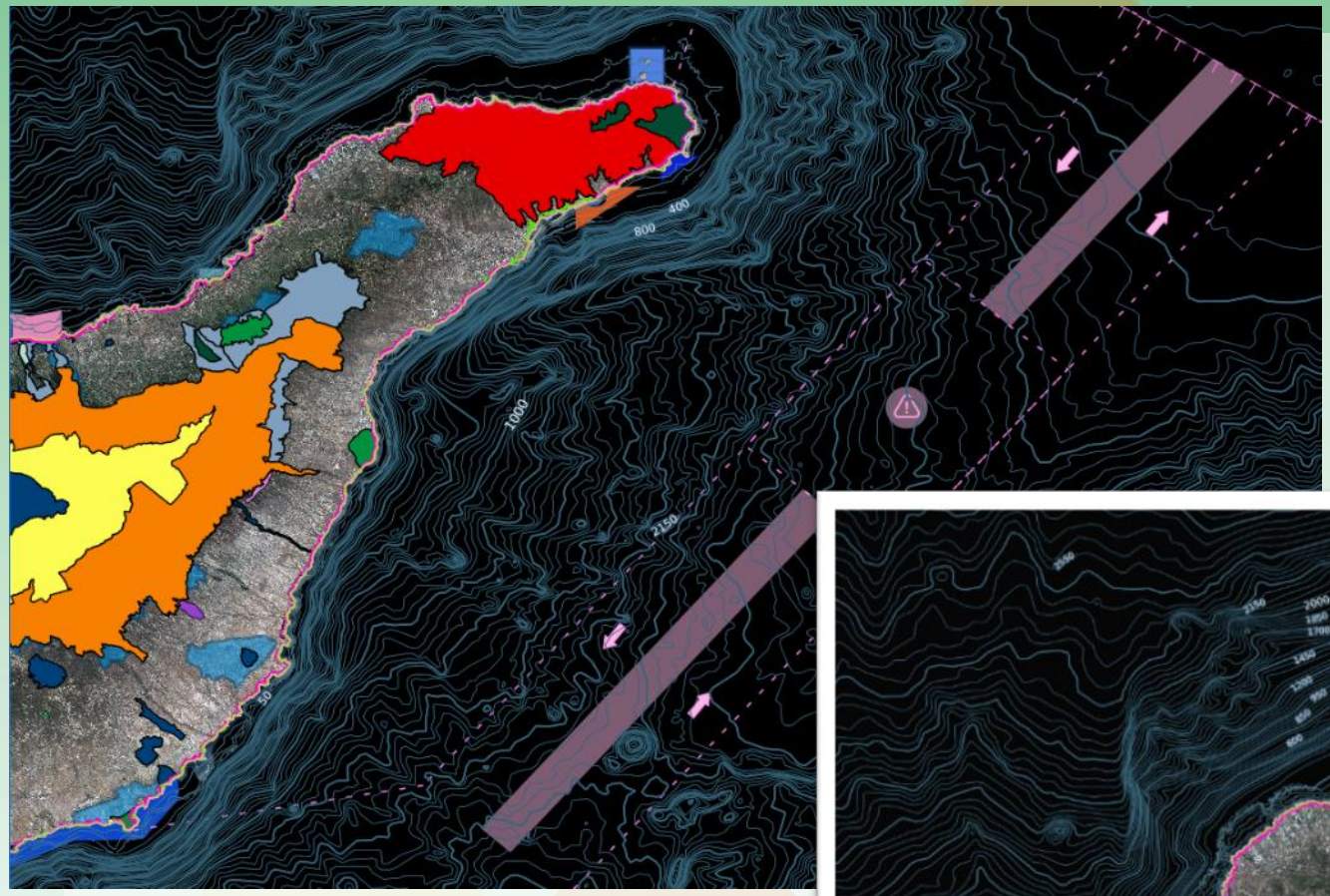
- Sureste: 200 km2 con profundidades inferiores a 200 metros y alejados de la costa una distancia mínima de 2 km.
- Norte: 50 km2 aptas para energías oceánicas.

ENERMAC

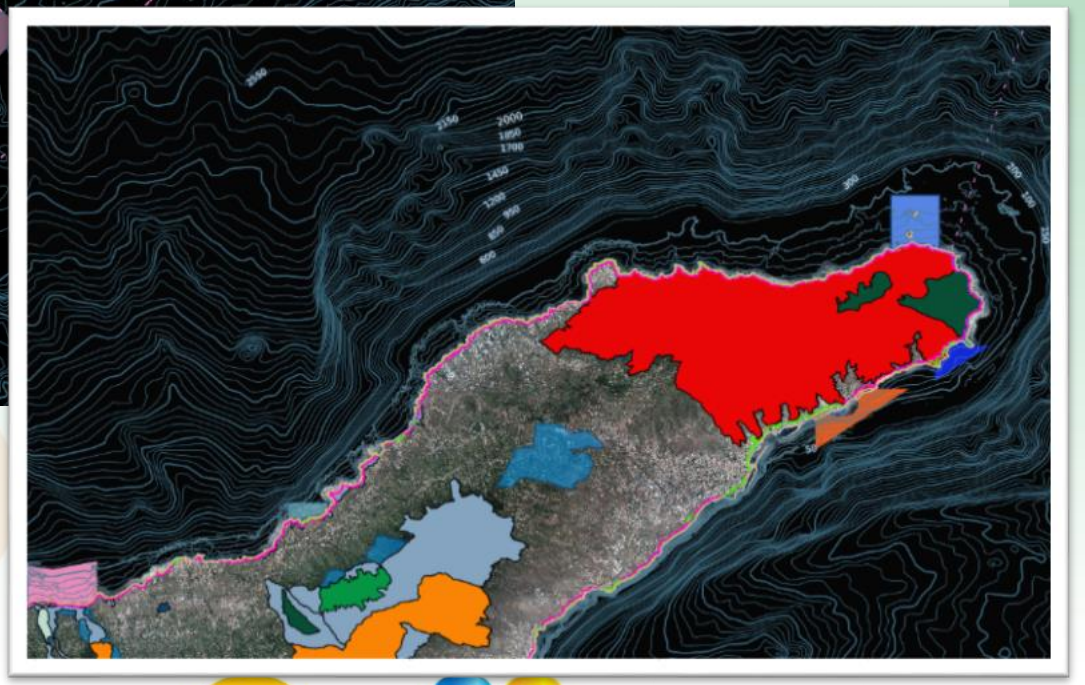
MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Interés de las energías marinas



- Zona de alto potencial en el Norte. Evita restricciones medioambientales en la región de Anaga.



- Especial interés para energías oceánicas (proximidad a cono de aproximación). 50 km2 con profundidades menores de 300 metros.

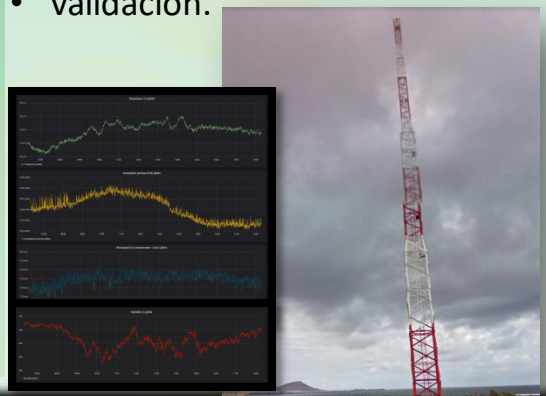
ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Estudios de recurso eólico

- Mapa desarrollado con modelos de mesoescala.
- Medición meteorológicas - 1999/2015.
- Ajuste a largo plazo.
- Validación.





Estaciones disponibles: 130
Series temporales: 1999/2015
Altura de mástil: 10 - 60 m.

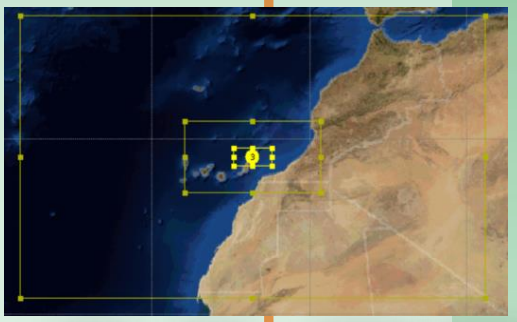
Estaciones meteorológicas

Análisis de calidad
- Test de rango
- Test de tendencia
- Test de parámetros relativos
- Test de periodos

Relleno de huecos
- Identificación de las series de datos afectadas.
- Identificación de referencias.

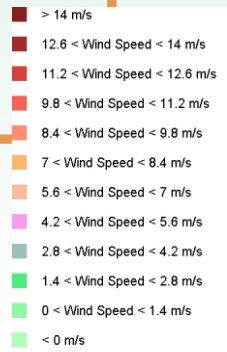
MCP
- Estudio de correlaciones.
- Métodos ML.
- Estimación a largo plazo.

Modelo mesoescala



GFS NCAR NCEP ECMWF





Proceso de ajuste

Mapas ajustados

ENERMAC

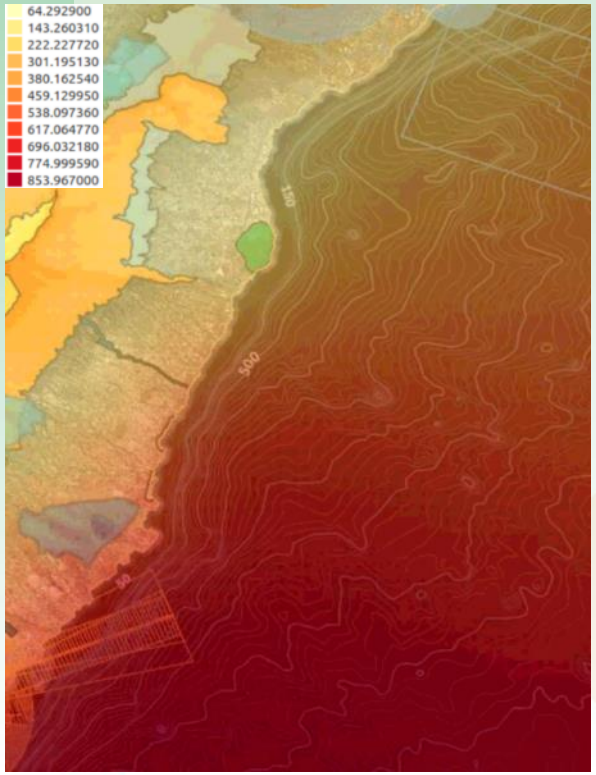
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

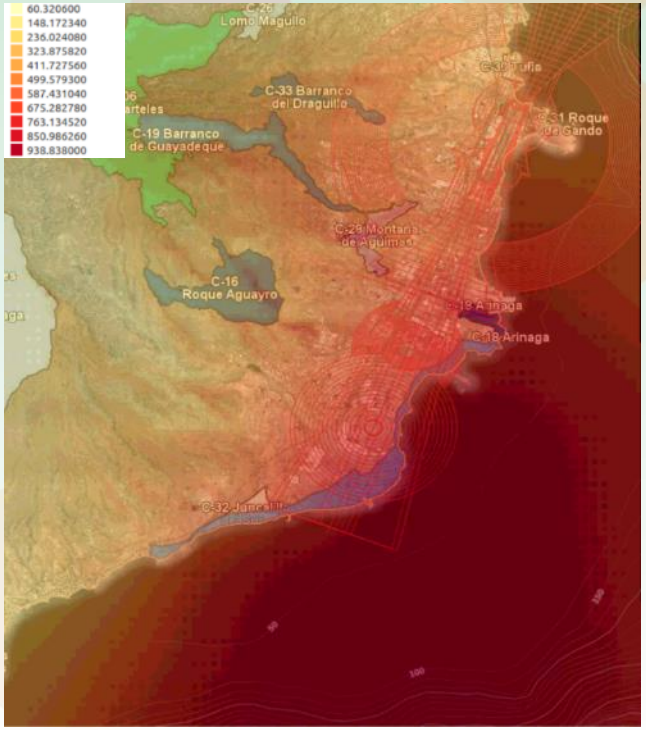
Energía eólica off-shore

- Potencial eólico mayor que el existente en regiones terrestres. Se alcanzar densidades de potencia eólica superiores a 700 W/m2 cuando en tierra no se superan los 500 W/m2.

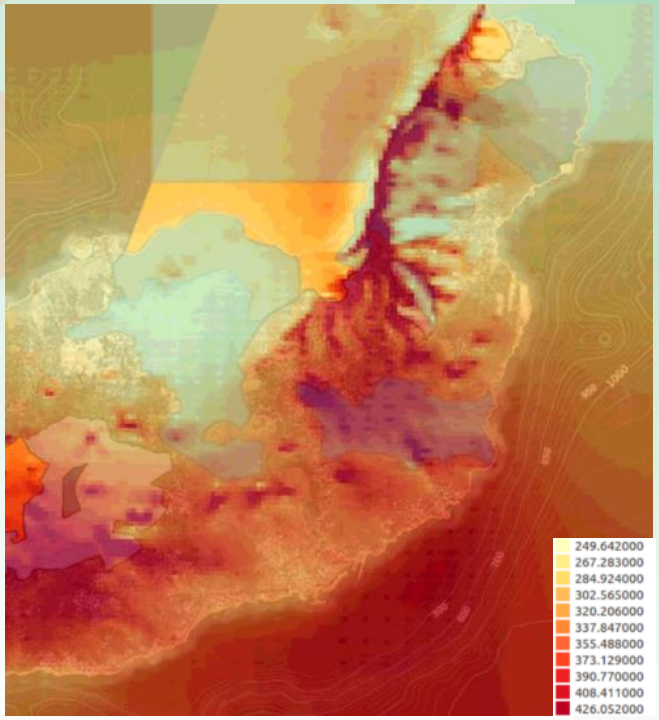
Sureste de Tenerife



Sureste de Gran Canaria



Norte de Lanzarote



ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

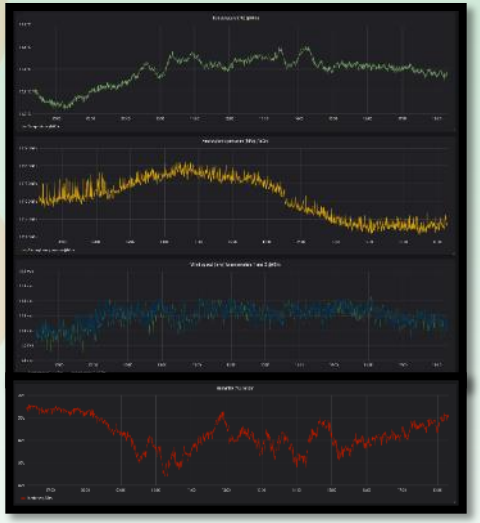
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

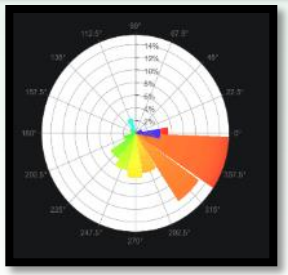
Energía eólica off-shore

- En regiones de alto interés tales como el sureste de Gran Canaria se alcanzan producciones que superan en un 70% las obtenidas de media en Canarias para eólica terrestre (2.900 horas equivalentes según Anuario Energético de Canarias 2017).

Valores indicativos del recurso eólico existente (100 metros)

Posición	Profundidad aproximada	Distancia a tierra	Velocidad media	Producción estimada	Densidad de potencia
Costas de Gáldar (Gran Canaria)	170 m	3 km	7.4 m/s	3.110 horas	430 W/m^2
Costas de Arucas (Gran Canaria)	165 m	4 km	5.0m/s	1.230 horas	160W/m^2
Costas de Santa Lucía de Tirajana (Gran Canaria)	60 m	6 km	11.5 m/s	5.300 horas	1190W/m^2
Costas de Buenavista del Norte (Tenerife)	240 m	3 km	8.3 m/s	3.250 horas	580 W/m^2
Costas de Famara (Lanzarote)	118 m	3 km	6.5 m/s	2.005 horas	305 W/m^2





ENERMAC

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

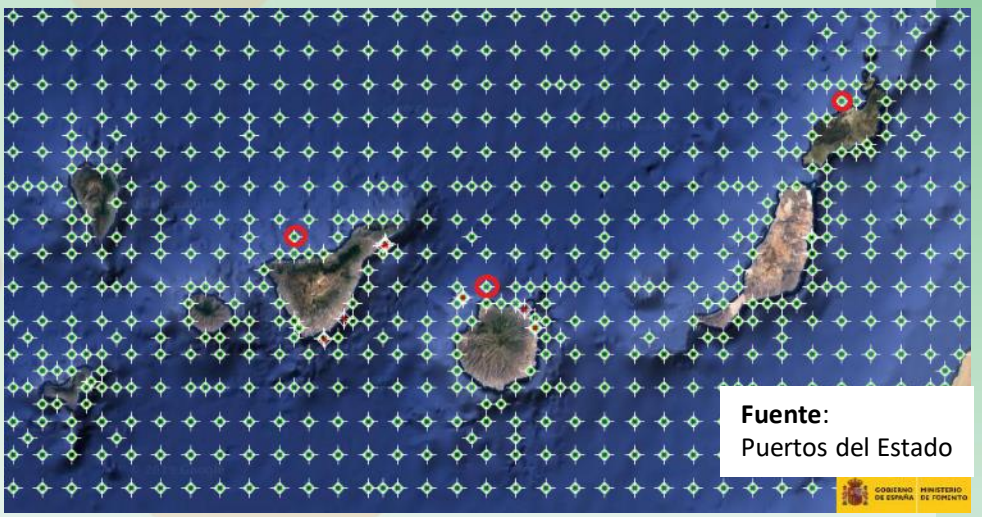
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Recurso de olas

- Mejores posiciones localizadas en el Norte de Gran Canaria, Tenerife, Lanzarote y Fuerteventura.

Altura máxima → 2 – 4 metros

Máximo periodo → 10 – 20 segundos



Mejores posiciones – SIMAR [Islas Canarias]

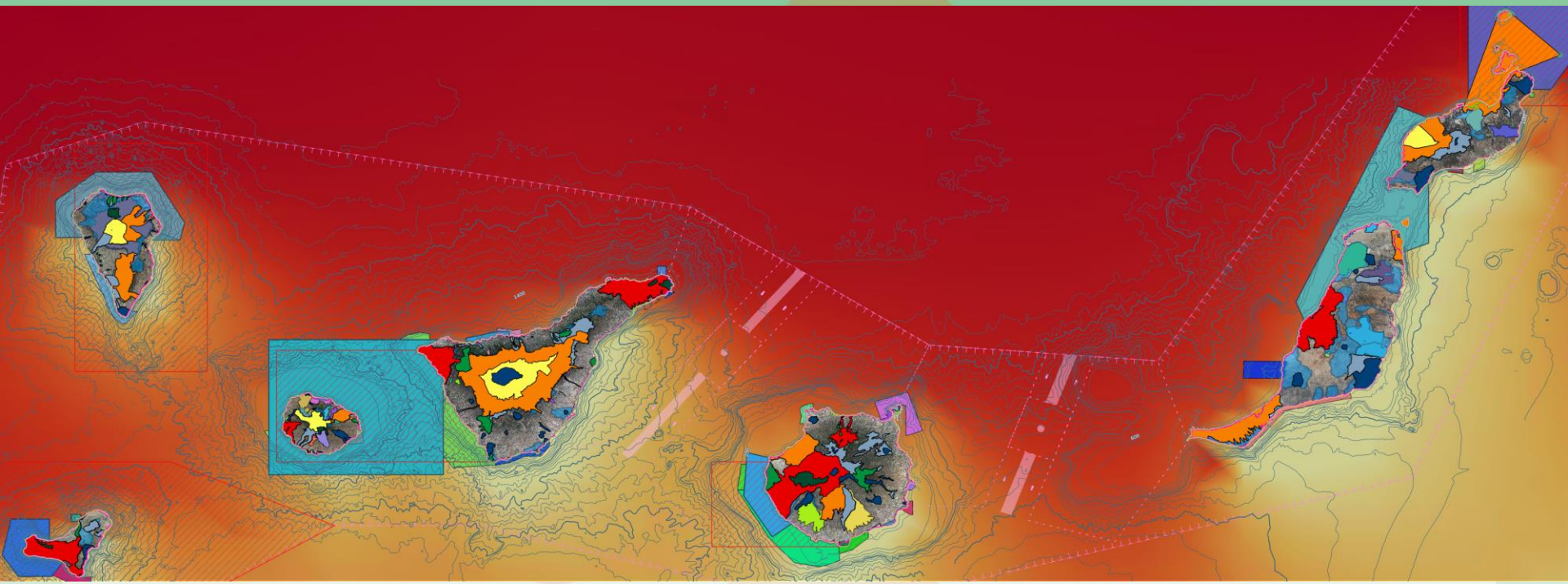
Month	Norte Gran Canaria					Norte Tenerife					Norte Lanzarote				
	Hs Max.	Tp	Dir	Día	Hora	Hs Max.	Tp	Dir	Día	Hora	Hs Max.	Tp	Dir	Día	Hora
Enero	4.41	19.51	0	18	19	4.68	19.51	347	18	18	5.25	19.51	344	18	16
Febrero	4.74	13.32	1	8	8	4.68	12.11	2	8	8	4.81	17.74	279	28	10
Marzo	3.65	17.74	348	12	0	4.3	17.74	335	11	23	5.1	14.66	289	1	10
Abril	3.82	16.12	4	10	7	4.04	17.74	334	4	15	4.37	14.66	348	10	4
Mayo	2.6	9.1	14	14	7	2.69	13.32	9	13	23	3.13	10.01	6	14	7
Junio	1.72	7.52	17	2	5	1.67	14.66	322	8	21	2.08	6.83	6	2	1
Julio	1.77	6.83	21	16	9	1.75	13.32	348	29	16	2.19	8.27	13	21	8
Agosto	1.98	9.1	15	11	21	1.82	8.27	20	12	12	2.44	9.1	6	11	12
Septiembre	1.78	11.01	358	5	20	1.85	12.11	350	5	16	1.96	11.01	350	5	20
Octubre	3.69	13.32	13	29	8	3.72	13.32	15	29	7	4.07	13.32	359	29	5
Noviembre	3.69	19.51	325	18	5	5.65	19.51	315	18	1	5.58	19.51	306	18	6
Diciembre	2.68	14.66	348	15	6	3.32	14.66	333	14	22	3.84	14.66	334	14	23

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Mapa de recurso de olas



La energía total promedio es que se encuentra en las olas se calcula con la siguiente expresión:

$$\overline{P} = \frac{\rho \cdot g^2}{64\,\pi} \cdot \sum_{i=0,5}^{5,5} H_{s_i}^2 \cdot \sum_{j=1}^{11} T_{p_j}$$

siendo $\rho = 1025\ \mathrm{kg/m^3}$, la densidad del agua del mar

$g = 9{,}80665\ \mathrm{m/s^2}$, la aceleración de la gravedad

H_{s_i}, la altura significativa de la ola (en m)

T_{p_j}, el periodo de la ola (en s)

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Distancias consideradas en el análisis

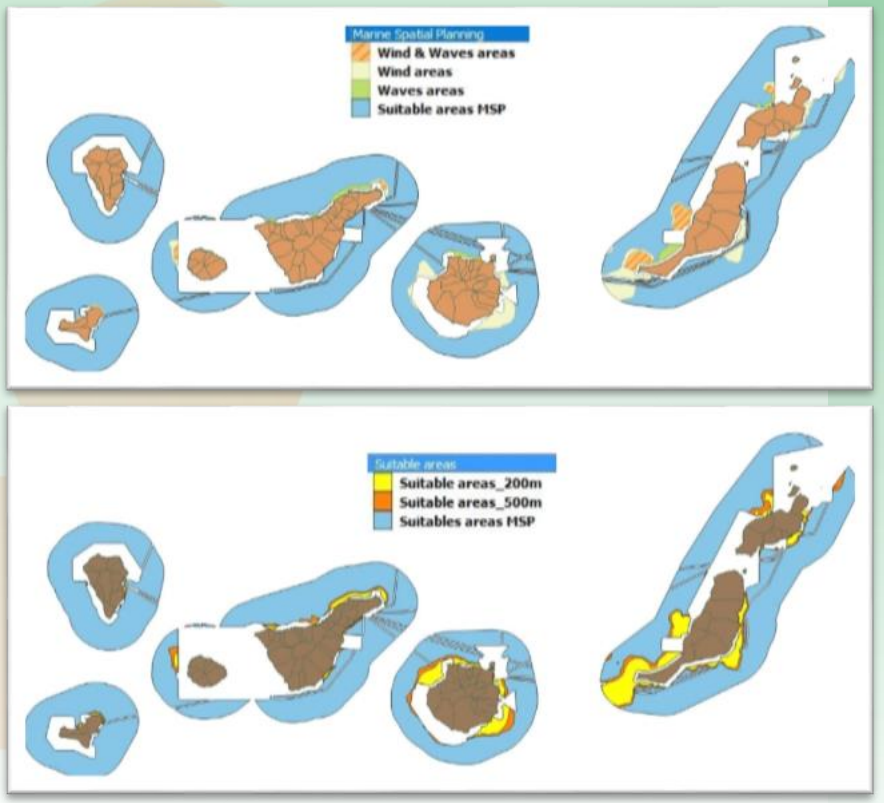
Se aplica una distancia de seguridad a las capas restringidas (mostradas en la Tabla), para evitar interacciones no deseadas en las áreas fronterizas de estas zonas especiales:

Áreas restringidas	**Distancias de Seguridad**
Áreas Protegidas: 1. Reservas Marinas 2. NATURA 2000: Zonas de Especial Protección para Aves (ZEPA) Zonas Especiales de Conservación (ZEC) Espacios Naturales Protegido (ENP)	2.000 m
Puertos (comerciales, deportivos y pesqueros)	500 m
Piscifactorías	500 m
Zonas de pesca	500 m
Zonas militares de exclusión	500 m
Rutas de navegación	500 m
Zonas de surfing	500 m
Aeropuertos	Área troncocónica al final de ambos lados de la pista de aterrizaje de 3.500 m de largo y 10° de ángulo de apertura.

Resumen de resultados

Resumen de los resultados de la zonificación obtenida para Canarias:

Isla	Mar Territorial km²	Área eólica Offshore km²	Área de Olas km²
El Hierro	3.390	35 (1,0%)	18 (0,5%)
La Palma	4.161	0 (0,0%)	0 (0,0%)
La Gomera	9.491	79 (0,8%)	26 (0,3%)
Tenerife		54 (0,6%)	128 (1,3%)
Gran Canaria	5.306	505 (9,5%)	50 (0,9%)
Fuerteventura	12.250	950 (7,8%)	442 (3,6%)
Lanzarote		188 (1,5%)	66 (0,5%)
Islas Canarias	**34.598**	**1.811 (5,2%)**	**730 (2,1%)**



ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Proyectos Afines

SOCLIMPACT

HORIZON 2020

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No776661

Maritime Transport



90% of external trade
40% of internal trade
9.000 ships

Ports



Commerc. ports=1,200
Cargo=3.5 bill ton/y
Passagers=350 M/y

Shipbuilding



Shipyards=300
Companies=9,000
Turnover=12,000M€

Fisheries



Fishermen=400,000
Vessels=90,000
Catches=6 Mton/yr

Aquaculture



20% of fisheries production
1.3 Mton
3,900 M€
85,000 jobs

Coastal & Maritime Tourism



Revenue=75 bill€
Marinas=4,000
Leisure boats=6 M
Cruise ships=150
Passengers=3M/yr

Ocean Energy



Off-shore windfarms
3,589 turbines
12,631 MW capacity
150,000 jobs

Blue Biotech



8% of biotech
13% of cosmetics
32% of nutraceutics

ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Proyectos Afines

SOCLIMPACT

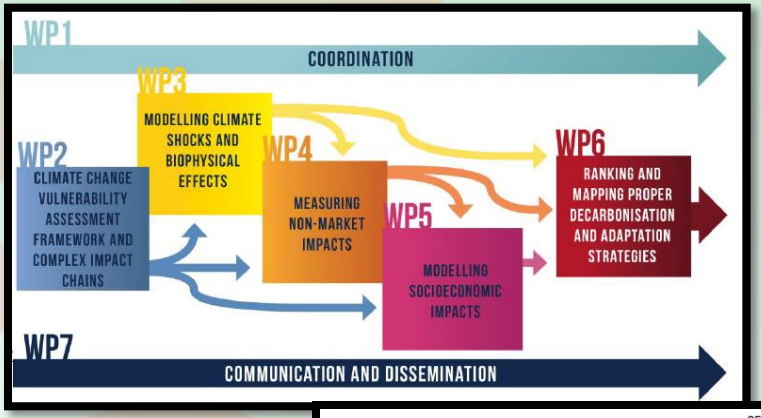
HORIZON 2020

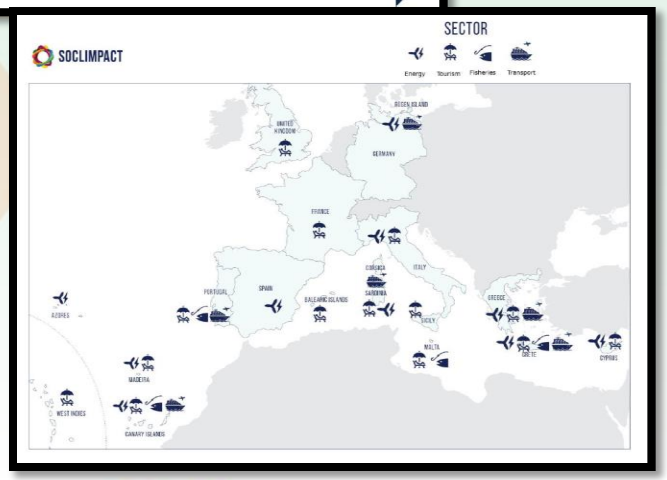
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No776661

Identifica y evalúa **factores de riesgo** asociados al Cambio Climático

Define estrategias de adaptación: **EERR Marinas** para minimizar impacto del Cambio Climático

Propone acciones eficientes **competitivas en coste para reducir la vulnerabilidad** y fortalecer las EERR marinas y las infraestructuras eléctricas





ENERMAC

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Conclusiones

Restricciones:

- Existen múltiples restricciones de carácter territorial y medioambiental que pueden frenar la integración masiva de generación renovable en Canarias.
- Las servidumbres aeronáuticas limitan la instalación de aerogeneradores multi-megavatios.

Energías marinas:

- Las zonas de mayor interés se ubican en Gran Canaria, Lanzarote – Fuerteventura y Tenerife.
- Eólica off-shore: 1370 km^2 (4%) donde se cumpliría las condiciones mínimas necesarias para la instalación de eólica off-shore.
- Eólica off-shore: Existen regiones marinas donde se estima que el recurso eólico disponible es un 70% superior al existente de media en las Islas Canarias. Densidades de potencia que superan los 500 W/m^2.
- Energía oceánica: 290 km^2 (0,8%) donde se cumpliría las condiciones mínimas necesarias para la instalación de convertidores de energía oceánica.
- Energía oceánica: Mayor interés en las zonas Norte de las Islas Canarias. Potencia del frente de ola comprendido entre 20-30 kW/m, siendo la altura máxima de 2-4 metros y el periodo máximo 10-20 segundos.

ENERMAC
Energías Renovables y Eficiencia Energética
Desarrollo Sostenible de África Occidental e Islas de la Macaronesia

MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg

ENERMAC

Energías Renovables y Eficiencia Energética Desarrollo Sostenible de África Occidental e Islas de la Macaronesia (MAC/1.1a/117)

Santiago Díaz Ruano
Departamento de Energías Renovables
sdruano@itccanarias.org

itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Gobierno de Canarias

Las Palmas, 29 de octubre 2019