



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Instituto  
Ingeniería  
Energética



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**  
**TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA DESARROLLO SOSTENIBLE**

# **“SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LA MARINA. PROPUESTAS PARA MEJORAR SU SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL”**

**AUTOR: CASAMAYOR SEGARRA, PAULA**

**TUTOR: GÓMEZ NAVARRO, TOMÁS**

**COTUTOR: PEÑALVO LÓPEZ, ELISA**

**Curso Académico: 2017-18**

**“Fecha 09/2018”**

# **AGRADECIMIENTOS**

“A mi familia por su incondicional apoyo y aliento

A mi tutor Tomás y a mi cotutora Elisa por su paciencia y dedicación

A mis compañeros por sus consejos e interés

A Dios por su presencia”

# RESUMEN

El presente trabajo fin de máster consiste en el desarrollo de una metodología de planificación energética territorial que será usada como base para analizar energéticamente la Marina Real de València. A partir de este estudio, será posible presentar una serie de propuestas que hagan de la Marina un espacio más sostenible<sup>1</sup> y respetuoso con el medio ambiente. Varios escenarios serán expuestos según los recursos energéticos renovables disponibles en la zona y según la demanda energética.

El objetivo de caso de estudio es el análisis y procesamiento de datos desde una perspectiva holística sin entrar en detalle ya que se manejan grandes consumos energéticos. La metodología permite proponer proyectos específicos para la mejora de la gestión energética que quedan planteados como siguientes pasos a dar por parte de la entidad interesada.

Entre las opciones exploradas, los escenarios sostenibles más convenientes a considerar son dos: uno que cuenta con el 20% de generación renovable respecto la energía final de la Marina cubierta con paneles fotovoltaicos, y otro que aspira a explotar la máxima disponibilidad de recursos renovables en el emplazamiento con un mix de tecnología fotovoltaica y eólica.

**Palabras Clave:** modelos energéticos, la Marina de València, energías renovables, sistemas híbridos.

---

<sup>1</sup> Cuando se mencione la palabra “sostenible” a lo largo del presente trabajo, se hará referencia a la sostenibilidad ambiental. Es decir, preservar los recursos naturales fomentando la responsabilidad ecológica. En lo que respecta a la energía se refiere principalmente a disminuir las emisiones de gases efecto invernadero (aunque también se reducen otros aspectos ambientales) además de utilizar fuentes renovables limpias.

# RESUM

El present treball final de màster consisteix en el desenvolupament d'una metodologia de planificació energètica territorial que serà utilitzada com a base per analitzar energèticament la Marina Real de València. A partir d'aquest estudi, serà possible presentar una sèrie de propostes que fagen de la Marina un espai més sostenible i respectuós amb el medi ambient. Diversos escenaris seran exposats segons els recursos energètics renovables disponibles en la zona i segons la demanda energètica.

L'objectiu de cas d'estudi és l'anàlisi i processament de dades des d'una perspectiva holística sense entrar en detall ja que es manegen grans consums energètics. La metodologia permet proposar projectes específics per a la millora de la gestió energètica que queden plantejats com següents passos a donar per part de l'entitat interessada.

Entre les opcions explorades, els escenaris sostenibles més convenients a considerar són dos: un que compta amb el 20% de generació renovable respecte l'energia final de la Marina coberta amb panels fotovoltaics, i altre que aspira a explotar la màxima disponibilitat de recursos renovables en l'emplaçament amb un mix de tecnologia fotovoltaica i eòlica.

**Paraules Clau:** models energètics, la Marina de València, energies renovables, sistemes híbrids.



# **ABSTRACT**

This master thesis consists of the development of a territorial energy planning methodology that will be used as a basis to analyze the Marina Real of València energetically. From this study, it will be possible to present a series of proposals that make from the Marina a more sustainable and respectful environment. Several scenarios will be exposed along this document according to the renewable energy resources available in the place and to the energy demand.

The case study's objective is the analysis and processing of data from a holistic perspective without going into details as large energy consumption is handled. The methodology allows proposing specific projects for the improvement of energy management that are considered as next steps to be taken by the interested entity.

Between the explored options, the most convenient sustainable scenarios to be considered are two: one that has 20% of renewable generation with respect to the final energy of the Marina covered with photovoltaic panels, and another that aspires to exploit the maximum availability of renewable resources in the site with a mix of photovoltaic and wind technology.

**Keywords:** energy models, the Marina of València, renewable energies, hybrid systems.



# ÍNDICE

## Contenido

---

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1. Antecedentes .....	7
1.2. Objetivo .....	7
1.3. Justificación.....	7
1.4. Estructura del documento .....	7
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE .....	9
2.1. Puertos.....	9
2.2. Metodología: planificación energética territorial .....	15
Capítulo 3. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Módulo 1: propósito y significado.....	21
3.2. Módulo 2: procedimiento .....	22
3.3. Módulo 3. demanda de energía .....	23
3.4. Módulo 4: potencial de energía .....	24
3.5. Módulo 5: producción de energía .....	31
3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético) .....	37
3.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético) .....	39
3.8. Módulo 8: propuestas .....	40
CAPÍTULO 4. CASO DE APLICACIÓN .....	43
4.1. Módulo 1: propósito y significado.....	43
4.2. Módulo 2: procedimiento .....	45
4.3. Módulo 3: demanda de energía .....	45
4.4. Módulo 4: potencial de energía .....	66
4.5. Módulo 5: producción de energía .....	70
4.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético) .....	79
4.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético) .....	96
4.8. Módulo 8: propuestas .....	105

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	109
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA .....	110
Referencias .....	110
ANEXOS .....	118
Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh .....	118
Anexo 2. Alumbrado público .....	118
Anexo 3. Catálogos.....	122
Anexo 4. Tipo de consumo según el CT .....	127

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Estructura de la metodología de SuisseÉnergie [14] .....	18
Ilustración 2: Modificaciones en la estructura de SuisseÉnergie.....	19
Ilustración 4: Esquema estructural .....	23
Ilustración 5: Recurso eólico en IDAE [25].....	27
Ilustración 6: Recurso eólico marino en Europa [26] .....	27
Ilustración 7: Recurso geotérmico en España [30] .....	28
Ilustración 8: Intensidad energética de olas en Europa [26] .....	29
Ilustración 9: Intensidad energética de mareas en Europa [26].....	30
Ilustración 10: Metodología SIMESSEN [49].....	38
Ilustración 11: Variables en SIMESSEN [49] .....	38
Ilustración 12: Ecuaciones entre variables de SIMESSEN [49] .....	39
Ilustración 13: Distribución Marina Real [52] .....	44
Ilustración 14: Mapa Centros de Transformación .....	48
Ilustración 15: Torretas en los amarres.....	51
Ilustración 16: Alumbrado .....	52
Ilustración 20: Edificio Veles e Vents .....	52
Ilustración 21: Casetas .....	52
Ilustración 22: Zona “de pescadores” .....	53
Ilustración 23: Parking exterior.....	53
Ilustración 24: Gasolinera.....	53
Ilustración 25: Curva de carga del CT 15 .....	61
Ilustración 26: Curva de carga del CT 13 .....	62
Ilustración 27: Curva de carga del CT 9 .....	62
Ilustración 28: Curva de carga del CT 17 .....	63
Ilustración 29: Curva de carga del CT 18 .....	63
Ilustración 30: Curva de carga total .....	65
Ilustración 31: Recurso solar en la Marina .....	67
Ilustración 32: Recurso eólico en la Marina .....	68
Ilustración 33: Recurso eólico estacionario.....	68
Ilustración 34: Recurso biomasa València.....	69
Ilustración 35: Recurso biomasa la Marina .....	70

Ilustración 36: Mapa zonas disponibles para paneles solares fotovoltaicos.....	71
Ilustración 37: Zona noreste .....	72
Ilustración 38: Zona norte .....	72
Ilustración 39: Zona noroeste .....	73
Ilustración 40: Zona oeste .....	73
Ilustración 41: Zona sudoeste .....	74
Ilustración 42: Zona sudeste.....	74
Ilustración 43: Ejemplo marquesinas en parking con paneles solares [66] .....	75
Ilustración 44: Estimación de energía producida por año con PV .....	76
Ilustración 45: Posicionamiento molino eólico en la Marina .....	77
Ilustración 46: Posicionamiento aerogenerador .....	77
Ilustración 47: Demanda energía final escenario BAU.....	85
Ilustración 48: Demanda energía final escenario 20%.....	85
Ilustración 49: Demanda energía final escenario máximo .....	86
Ilustración 50: Abastecimiento eléctrico escenario BAU .....	86
Ilustración 51: Abastecimiento eléctrico escenario 20% .....	87
Ilustración 52: Abastecimiento eléctrico escenario máximo.....	87
Ilustración 53: Introducción al vehículo eléctrico escenario BAU .....	88
Ilustración 54: Introducción al vehículo eléctrico escenario 20%.....	88
Ilustración 55: Introducción al vehículo eléctrico escenario máximo.....	88
Ilustración 56: Emisiones de CO <sub>2</sub> por fuente escenario BAU.....	89
Ilustración 57: Emisiones CO <sub>2</sub> por fuente escenario 20% .....	89
Ilustración 58: Emisiones CO <sub>2</sub> por fuente escenario máximo.....	90
Ilustración 59: Emisiones CO <sub>2</sub> por sector escenario BAU .....	90
Ilustración 60: Emisiones CO <sub>2</sub> por sector escenario 20% .....	91
Ilustración 61: Emisiones CO <sub>2</sub> por sector escenario máximo .....	91
Ilustración 65: Gasto red escenario BAU.....	92
Ilustración 66: Gasto red escenario 20%.....	92
Ilustración 67: Gasto red escenario máximo .....	92
Ilustración 68: Gasto combustible escenario BAU .....	93
Ilustración 69: Gasto combustible escenario 20% .....	93
Ilustración 70: Evolución de indicadores escenario BAU .....	94
Ilustración 71: Evolución de indicadores escenario 20% .....	95

Ilustración 72: Evolución de indicadores escenario máximo.....	95
Ilustración 76: Costes escenario 20% fotovoltaica .....	98
Ilustración 77: Generación y red escenario 20% fotovoltaica .....	99
Ilustración 78: Costes por tecnología escenario 20% eólica.....	100
Ilustración 79: Generación y red escenario 20% eólica .....	101
Ilustración 80: Costes por tecnología escenario 20% mixto.....	102
Ilustración 81: Generación y red escenario 20% mixto.....	103
Ilustración 82: Costes por tecnología escenario máximo.....	104
Ilustración 83: Generación y red escenario máximo.....	105
Ilustración 84: Especificaciones técnicas paneles fotovoltaicos [78].....	122
Ilustración 85: Especificaciones aerogenerador 2 MW [79].....	124
Ilustración 86: Especificaciones aerogenerador 850 kW [80] .....	125
Ilustración 87: Especificaciones aerogenerador 600 kW [80] .....	125
Ilustración 88: Curva de potencia aerogenerador 600 kW [81] .....	126
Ilustración 89: Especificaciones inversor [82].....	126

## Índice de tablas

Tabla 1: Consumo vehículos de la Marina.....	57
Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público .....	61
Tabla 3: Porcentajes por CT del tipo de consumo .....	64
Tabla 4: Ritmos de crecimiento .....	81
Tabla 5: Costes escenario 20% fotovoltaica .....	99
Tabla 6: Costes escenario 20% eólica.....	100
Tabla 7: Costes escenario 20% mixto.....	102
Tabla 8: Costes escenario máximo.....	104
Tabla 9: Comparación de propuestas.....	107
Tabla 10: Consumos eléctricos 2016.....	118
Tabla 11: Datos de alumbrado público .....	121
Tabla 12: Horas de uso del alumbrado público .....	122
Tabla 13: Tipo de consumo en cada CT.....	128



# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. ANTECEDENTES**

El presente trabajo nace bajo petición del Consorcio de la Marina Real de València. Queriendo hacer del área portuaria un espacio más sostenible, ha surgido interés por la instalación de energías renovables así apostando por la mitigación del cambio climático.

Se ha decidido establecer una metodología de base para planificaciones energéticas territoriales que luego pueda usarse con el caso de aplicación de la Marina Real. Además, con el fin de explorar tanto las experiencias internacionales de puertos sostenibles como de metodologías de planificación territorial para contextualizar la propuesta, se ha añadido al trabajo un capítulo de estado del arte.

Como resumen del mencionado capítulo, puede concluirse que, aunque ya hay diversas iniciativas lanzadas, la mayoría están empezando a implementarse. Existe una fuerte voluntad de reconducir las estrategias energéticas de los puertos hacia la sostenibilidad, pero este campo aún se encuentra incipiente.

## **1.2. OBJETIVO**

El propósito del presente trabajo es desarrollar una metodología de planificación territorial de manera que sirva como base para presentar una serie de propuestas en el caso de la Marina Real u otros espacios que deseen modelar su gestión energética. Estas propuestas explorarán escenarios futuros que difieran en cuanto al BAU en la contribución de energías renovables, haciendo uso de diversos recursos energéticos así creando una mini-red híbrida renovable apropiada para el emplazamiento.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El presente documento es relevante tanto para la Marina Real de València por su interés como para el panorama internacional de puertos y territorios con potencial de mejorar su escenario energético por la escasa información y ejemplos que hay al respecto. No sólo se ha desarrollado una metodología replicable, sino que se ha puesto a prueba en un caso de aplicación obteniendo resultados que pueden ser implementados en un futuro próximo.

## **1.4. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

A continuación, se presenta la estructura del presente documento, cada apartado con su correspondiente contenido:

- Capítulo 1: sección introductoria que sirve como base para introducir el contenido que va a desarrollarse posteriormente.
- Capítulo 2: estado del arte tanto de la gestión sostenible de puertos internacionales como de metodologías de planificación territorial.
- Capítulo 3: descripción de la metodología genérica que servirá como punto de partida para este trabajo u otros que quieran llevar a cabo acciones similares en distintas localizaciones.
- Capítulo 4: aplicación de la metodología genérica expuesta en un caso real como es el de la Marina Real. Obtención de las propuestas prácticas que sirvan como orientación al Consorcio de la Marina para tomar decisiones e iniciar la transición energética de la misma.
- Capítulo 5: exposición de las conclusiones obtenidas durante la elaboración del presente trabajo.
- Capítulo 6: presentación de la bibliografía utilizada a lo largo de este documento.
- Anexos: documentos añadidos para complementar la información de la memoria.

## CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Con el objetivo de establecer un punto de partida, una referencia para el inicio del trabajo, se ha llevado a cabo un estado del arte. De esta manera, se tiene una base de conocimiento acerca de proyectos con carácter similar que ya hayan sido desarrollados, así analizando las diferentes opciones que abarcan la eficiencia energética y la implementación de renovables en puertos.

No sólo se han estudiado los antecedentes en cuanto al caso de estudio de este proyecto que es la Marina Real de València, sino que también respecto metodologías utilizadas en diferentes casos de planificación energética territorial. Es por esto que el estado del arte se divide en dos subapartados.

### **2.1. PUERTOS**

En primer lugar, se ha hecho una búsqueda en los exploradores de artículos científicos “IEE Explore” y “Science Direct”, con las siguientes palabras clave: *“Renewable Energy Port”, “Renewable Energy Harbour”, “Save Energy Port”, “Save Energy Harbour”, “Green Port”, “Green Harbour”, “Sustainable Port”, y “Sustainable Harbour”*.

Siguiendo este procedimiento se han encontrado artículos científicos de interés y ha sudi de ayuda para crear un “benchmarking” sobre ejemplos de puertos españoles y europeos que han implementado las energías renovables en su sistema de gestión energética. En segundo lugar, también se ha realizado una búsqueda general en Google sobre noticias españolas de interés, lo cual ha dado lugar a conocer la “Green Energy Port Conference” y la “Guía de gestión energética en puertos” de las cuales se hablará más adelante, entre otros.

A continuación, se presentan los resultados del estado del arte en la sección de puertos.

#### **Green Energy Port Conference [1]**

Se trata de una conferencia internacional sobre tecnologías energéticas verdes en puertos, promovida por la Autoridad Portuaria de Vigo con la colaboración de Inova Labs. En ella se trata de destacar la importancia del medio ambiente y su conservación en un ámbito tan importante dentro de la logística mundial como es el transporte marítimo y, por ende, los puertos. Esta iniciativa pretende divulgar estas ideas a otras autoridades portuarias y empresas.

#### **Guía de gestión energética [2]**

Guía llevada a cabo por las Autoridades Portuarias españolas y por Puertos del Estado. Su objetivo es contribuir a una mayor competitividad de los puertos reduciendo los costes de gestión y el uso de la energía, e impulsar la sostenibilidad ambiental del transporte marítimo mediante la reducción de emisiones contaminantes ligadas al uso de la energía.

Esta guía resulta de gran interés para el alcance de este TFM pues consta con el análisis detallado de un caso piloto (el puerto de Tarragona) en el cual se ha llevado a cabo un estudio energético con la consecutiva aplicación de energías renovables. Además, también presenta un benchmarking de puertos españoles con instalaciones de energías renovables, que se introducirá más adelante en este capítulo.

### **E-harbours [3]**

Los e-harbours pretenden transformar la energía de la región de ciudades portuarias del norte de Europa hacia un modelo energético más sostenible y accesible. Es un proyecto en consorcio de varias ciudades y cuenta con financiación europea. Se han determinado nuevos estándares focalizados en 3 puntos clave: Virtual Power Plants, movilidad eléctrica y energías renovables.

El proyecto consta de 3 objetivos:

1. Aumentar la producción y utilización de la energía renovable en las ciudades portuarias. Las ciudades portuarias disponen de extensas áreas industriales con gran potencial para el desarrollo de energía sostenible como el viento, solar fotovoltaica, mareas, olas y la reutilización del calor o frío residual industrial.
2. Aumentar la utilización de conceptos de energía inteligente. Afinar la demanda y el suministro de energía a través de una gestión flexible de la demanda, desprendimiento instantáneo de carga y almacenamiento eléctrico.
3. Incrementar el uso del transporte eléctrico, para permitir un compartimiento más amplio de la generación renovable intermitente, y conduciendo hacia un ambiente más sano en el puerto. A pesar de que la creación de flexibilidad no es el principal objetivo de los vehículos eléctricos, la capacidad de baterías puede ser usado en caso de escasez de energética y la carga de la batería puede ser desplazada en el tiempo.

Seis actuaciones se han llevado a cabo:

1. Antwerp: su objetivo es facilitar la generación y aplicación de energía renovable en las regiones portuarias. Como la energía renovable es conocida como una fuente intermitente de energía, la flexibilidad a la hora de demandar electricidad debe ser especificada para que la variación en la generación se acomode.
2. Hamburgo: su objetivo es investigar y modelar las contribuciones de las instalaciones portuarias a la Virtual Power Plant. Se estudiará la posible utilización de infraestructuras específicas en el puerto como almacén flexible de energía.
3. Zaanstad: vehículos eléctricos serán cargados con energía solar. Un sistema se ha diseñado para prever la generación solar y la electricidad demandada para conseguir un equilibrio entre generación y consumo.
4. Ámsterdam: se estimulará la infraestructura de carga para barcos eléctricos. La electricidad necesaria para cargar estos barcos se obtendrá de una fuente de energía renovable, en particular la reutilización de residuos.
5. Malmö: ocho pequeñas casas inteligentes serán construidas para demostrar nuevas maneras de generar y consumir energía a través de la interacción con los consumidores.

Estas casas estarán ocupadas con medidores inteligentes, fuentes de energía renovable como fotovoltaica y plantas eólicas e infraestructuras de carga para vehículos eléctricos.

6. Scalloway: el objetivo es analizar el perfil energético del puerto. Sensores distribuidos y registradores de datos (data loggers) serán instalados para monitorizar los principales parámetros eléctricos para los nodos más importantes de la red eléctrica. El análisis también incluye la identificación de las fuentes de energías renovables más adecuadas.

El resultado esperado, entre otros, es la creación de una “Guía de aplicación Smart Grid”. Consistirá en una metodología transnacional desarrollada para una óptima integración de fuentes de energías renovables y una aplicación de conceptos energéticos inteligentes en regiones portuarias basado en las lecciones prácticas de los proyectos.

## **Puerto de València**

Es de vital importancia tener en cuenta los proyectos relacionados con energías renovables y eficiencia energética que se han llevado a cabo en el mismo puerto de València, ya que puede ser de gran ayuda como referencia para este trabajo.

### **General [4]**

La Autoridad Portuaria de València (APV en adelante) está comprometida con la progresiva descarbonización de las actividades que se desarrollan en los recintos portuarios que gestiona (València, Sagunto y Gandía). Dentro de este ámbito, la APV ha definido, dentro de su política ambiental y energética aprobada en el año 2016, como uno de sus objetivos estratégicos la reducción del impacto de la actividad portuaria para colaborar en la mitigación de los efectos del cambio climático. En concreto, la APV prevé reducir un 4% su Huella de Carbono entre los años 2015-2020, periodo que, según datos del Plan de Empresa, está previsto que el tráfico portuario se incremente alrededor de un 19%.

Para lograr este descenso, la APV ha iniciado la implantación de medidas de reducción de emisiones procedentes de combustibles fósiles y de potenciación de la eficiencia energética en los puertos. Para ello, la Autoridad Portuaria de València dispone de un Plan de Reducción de Emisiones del Puerto de València, elaborado en el marco del proyecto *Sea Terminals*, que tiene por objetivo reducir el consumo eléctrico del recinto en 4,5 millones de kWh y disminuir el consumo de gasoil en 1 millón de litros para el año 2020.

Para poder alcanzar estas cifras, el Plan de Reducción de Emisiones del Puerto de València incluye medidas concretas como la reducción de la flota de vehículos de servicio y su sustitución progresiva por vehículos híbridos o eléctricos. Asimismo, está prevista la sustitución progresiva de los sistemas de iluminación existentes por lámparas LED, así como la sustitución de las luminarias de las grúas por este tipo de tecnología. Respecto a los combustibles, el Plan también contempla el uso de combustibles bajos en carbono por parte de las embarcaciones empleados por los servicios náuticos, como los remolcadores y la remotorización de la maquinaria de patio de terminales con motores más eficientes y mayor grado de electrificación. Igualmente, la APV está trabajando para la implantación progresiva de energías renovables en el recinto del puerto de València.

En relación con el medio ambiente, la APV se ha erigido como referente europeo en gestión ambiental en el ámbito portuario. En este sentido, dispone de las certificaciones

medioambientales más exigentes como el certificado medioambiental europeo de puertos PERS (Port Environmental Review System), la ISO 14001 y el Certificado Europeo de Gestión y Auditoría Medioambiental EMAS III (Eco-Management and Audit Scheme), la certificación más prestigiosa en el ámbito europeo. Además, la APV también dispone de la certificación ISO 50001 de Gestión Energética.

### Sea Terminals [5]

Mencionado anteriormente, se trata de un proyecto europeo cuyo objetivo es acelerar la transición de la industria portuaria hacia modelos de operación más eficientes, integrando la variable energética como un factor clave de mejora en las Terminales Portuarias de Contenedores. Este proyecto facilitará la evolución de los puertos europeos hacia un modelo operativo de bajas emisiones, demostrando la viabilidad de alternativas eco-eficientes a través de proyectos piloto realizados en las propias terminales bajo operativa real. El objetivo es desarrollar un conjunto de alternativas eco-eficientes viables desde las perspectivas técnica, ambiental y financiera.

### Sumport [6]

El Ayuntamiento de València y la Autoridad Portuaria de València son los encargados de desarrollar el proyecto SUMPORT que, entre otras cosas, incorporará bicicletas eléctricas compartidas por los pasajeros del Puerto. Según han informado desde el Ayuntamiento de València, los objetivos de esta iniciativa son integrar el puerto y la ciudad, mejorar el transporte sostenible, la movilidad y el medio ambiente y fomentar la innovación en el ámbito portuario.

## Benchmarking

### España [2]

Actualmente, las experiencias en materia de energías renovables y generación distribuida en las Autoridades Portuarias españolas (al menos en las que han participado en la Guía de Gestión Energética) son muy limitadas y de tamaños poco apreciables en comparación con la envergadura de los puertos correspondientes.

Resumen de experiencias en energías renovables y generación distribuida:

- Algeciras: instalación de energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) (2 colectores, 8m<sup>2</sup>)
- Baleares:
  - Solar térmica para ACS (7 colectores, 18,4 m<sup>2</sup>, 22,2 kWt)
  - Solar fotovoltaica para autoconsumo (261 paneles, 52,4 kW)
- Cartagena:
  - Solar térmica para ACS (1 colector, 3 m<sup>2</sup>)
  - Solar fotovoltaica para venta en red (84 paneles, 15 kW instalados, 27.190 kWh/año producidos)
- Gijón: solar térmica para ACS (6 colectores, 72 m<sup>2</sup>, 48 kWt)

- Vigo: solar fotovoltaica para venta en red (642 paneles, 125 kW instalados, 62.298 kWh/año producidos, 160.000 € de inversión)
- Bilbao: eólica (5 aerogeneradores, 10 MW instalados, 17.000 MWh/año, evitando 16.000 toneladas de CO<sub>2</sub> cada año)

## Europa

### *Antwerp [7]*

Un buen ejemplo de la integración de renovables se puede ver en el puerto de Antwerp en Bélgica (que es uno de los e-harbours mencionados anteriormente), con el proyecto el “Wind aan de Stroom” el cual tiene 11 turbinas Siemens cada una produciendo 3 MW de potencia. Las turbinas están integradas en una Smart Grid de la empresa eléctrica, Eandis. El enfoque holístico aseguró cumplir los objetivos haciendo uso de turbinas adecuadas para la localización, coordinándose con la empresa de electricidad local, y con un contrato de mantenimiento a más de 15 años para asegurar la disponibilidad de la planta.

### *Génova [8]*

El Puerto de Génova reduce cada año 20.000 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> gracias a los 60 millones de euros invertidos en nuevas energías, todo parte del objetivo del nuevo Plan de Energía Ambiental del Puerto.

El Plan de Energía Ambiental del Puerto es un plan de acción exhaustivo desarrollado por la Autoridad Portuaria de Génova y la Provincia de Génova en contra del cambio climático, completamente financiado por fuentes internad y asignado a la fundación Muvita con el apoyo del ATS Muvita Energie Intelligenti. El plan apunta a convertir el puerto de Génova en un moderno puerto verde gracias a nuevos sistemas para la producción potencia solar, fotovoltaica y eólica y para que la electrificación del muelle se instale en las áreas portuarias, con un potencial de reducción de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 20.000 toneladas en 2020.

El primer paso para evitar que los barcos amarrados tengan su motor auxiliar funcionando un largo periodo de tiempo, es la electrificación del muelle en el área de reparación de buques en el puerto. Así se evitará también la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero en el corazón de la ciudad, además de reducir la contaminación acústica en el área.

Este plan también proporciona una planta eólica con 39 torres en rompeolas externo, 29 sistemas fotovoltaicos y 3 colectores solares en los tejados de edificios y almacenes portuarios.

Se calcula que la electrificación del muelle reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub> al año en 10.000 toneladas, la planta eólica en 6.000 toneladas, los sistemas fotovoltaicos en 3.600 toneladas, y los paneles solares en 100 toneladas.

Se han llevado a cabo, paralelamente, proyectos para la explotación de la energía geotérmica e hidrotermal que incluyen la instalación de plantas capaces de proporcionar calefacción y refrigeración en los edificios, usando la diferencia de temperatura entre el suelo y el aire.

La inversión prevista para la electrificación del muelle es 15 millones de euros, 20,1 millones para la planta eólica, 24,4 millones para los sistemas fotovoltaicos y 0,4 millones para los paneles solares. Sumando un total de 59,9 millones de euros.

## *Hamburgo [9]*

El puerto y la ciudad de Hamburgo han estado invirtiendo en energías renovables desde los años 90, cuando Hamburgo fue pionero del desarrollo de la energía eólica. La Autoridad Portuaria de Hamburgo ha dado prioridad a las renovables en la ciudad y a la alineación de tal enfoque con la estrategia de la autoridad portuaria.

El viento es el centro de la estrategia en renovables, habiendo instalado 58 turbinas con una capacidad total de 52,75 MW en 2012. La ciudad también está involucrada en el desarrollo de parques eólicos marinos.

La Autoridad Portuaria de Hamburgo tiene un rol importante en la promoción de las energías renovables en el puerto y se ha establecido un esquema de soporte para promocionar el desarrollo de instalaciones de energía solar en las terminales y en los tejados de los almacenes. La instalación en el centro de logística cerca de la Terminal de Contenedores Altenwerder cuenta con una generación de aproximadamente 500.000 kWh por año. Por otra parte, también se ha tenido en cuenta la energía solar térmica en el puerto de Hamburgo. El ACS en las oficinas de la autoridad portuaria se produce gracias a una instalación solar térmica en el tejado que ahorra 56.000 kWh cada año.

Además, un proyecto piloto para aplicar energía geotérmica para calefacción está siendo desarrollado. La instalación se regula automáticamente y el transporte de calor empieza tan pronto como la temperatura ambiente baja de un punto umbral, y es interrumpido tan pronto como lo supera. La operación de este sistema no produce emisiones ni necesita de electricidad para su funcionamiento.

Por último, una de las principales terminales ha sido electrificada para la utilización de vehículos guiados automáticos. Estos vehículos se sustentan con energía verde y así se reduce la contaminación acústica junto con las emisiones y los costes. La compañía está evaluando la posibilidad de usar packs de baterías para almacenar los excesos de electricidad producidos por los parques eólicos. Además, otra terminal también importante, está llevando a cabo una estrategia exhaustiva de sostenibilidad que incluye, entre otras cosas, la implantación de instalaciones fotovoltaicas y turbinas de viento en la misma terminal, junto con la operación de dos plantas de biomasa que funcionen con pellets.

## **Conclusión**

Este campo todavía es muy incipiente, aunque ya hay diversas iniciativas puestas en marcha. La mayor parte de la información relevante son proyectos que están empezando a implementarse, pero aún no se pueden ver los frutos de la aplicación. Por lo que se concluye que existe una fuerte intención de reconducir las estrategias energéticas de los puertos hacia la sostenibilidad, pero aún queda mucho trabajo por hacer.

Las principales estrategias para mejorar la gestión energética en puertos y hacerlos más sostenibles son: la auditoría y recogida de datos para entender mejor los consumos, la eficiencia, la generación mediante energías renovables y el uso de tecnologías como vehículos eléctricos y redes inteligentes que permitan acomodar mejor demanda y generación. Como se ha dicho, estas conclusiones, y los datos concretos de cada proyecto se han tenido en cuenta a la hora de analizar el caso de la Marina y para proponer soluciones.



## **2.2. METODOLOGÍA: PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA TERRITORIAL**

Antes de emprender el trabajo que requiere la elaboración de una metodología, es de gran importancia examinar otras metodologías que traten la planificación energética para tener una visión más amplia y recoger ideas que sirvan para la metodología propia. A continuación, se exponen diferentes fuentes consultadas y un breve comentario general destacando similitudes y diferencias.

### **Integración de las energías renovables en procesos de ordenamiento territorial [10]**

Se resalta la necesidad de vincular las políticas energéticas a los procesos de ordenamiento territorial. Conlleva ventajas como la valoración de los recursos energéticos renovables potenciales, la visualización de la demanda energética o la identificación de prioridades. El artículo se basa en una experiencia de investigación desarrollada en el Valle de Lerma, Argentina. Integra como ejes metodológicos: herramientas de evaluación multicriterio, herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) y técnicas participativas de consulta.

La metodología usada se desglosa en 3 etapas:

1. Diagnóstico territorial: se evalúa la oferta y la demanda de energía actual. A través de un sondeo exploratorio se identificaron las aplicaciones energéticas renovables ya existentes y se determinaron las percepciones y perspectivas de los actores sociales con relación a las necesidades energéticas y posibles transferencias tecnológicas y mejoras. La visión de los especialistas y representantes institucionales fue incorporada en el diagnóstico a través de talleres multidisciplinarios y la realización de un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Por otra parte, la evaluación del potencial energético renovable se realizó mediante el desarrollo de modelos instrumentales para el mapeo y zonificación espacial de los recursos: solar, eólico, hidroeléctrico y de biomasa. Los mapas fueron generados con herramientas SIG.
2. Evaluación de alternativas energéticas: la posibilidad de implementar energías renovables y medidas de eficiencia en la zona se analizó detalladamente en vinculación a los modelos generales de asignación de usos del suelo y demandas energéticas detectadas. Las herramientas metodológicas utilizadas fueron matrices de evaluación multicriterio (cualitativas y cuantitativas) y consulta a expertos.
3. Herramientas y estrategias para la planificación y gestión: los resultados del escenario actual y del deseable fueron integrados con una visión prospectiva mediante el reconocimiento de aportes y vinculaciones al contexto territorial en general y la definición de orientaciones para la planificación y gestión energética. Como herramientas metodológicas aplicadas en esta instancia se destaca la realización de un taller técnico interdisciplinario de discusión y la utilización de modelos representativos y relacionales para la visualización y análisis integrado de las propuestas.

Las conclusiones del artículo resaltan la intrínseca vinculación existente entre las cuestiones energéticas y socio-ambientales. Además, destacan el valor de la evaluación multicriterio, el desarrollo de modelos instrumentales y la aplicación de técnicas participativas como herramientas metodológicas en los procesos de evaluación y planificación energética.

## **Planificación energética comunitaria en Canadá: El papel de la energía renovable [11]**

El artículo repasa los 10 primeros planes de energía de comunidades canadienses con distinto número de habitantes (de 500 a 1 millón). Se observa que las comunidades más pequeñas están más predispuestas a implementar múltiples tecnologías de energías renovables que las grandes comunidades. Por otro lado, la tendencia a la planificación por comunidades viene de la mano a que en el futuro la generación de energía estará más distribuida donde las grandes centrales se sustituirán por fuentes energéticas más pequeñas y dispersas.

Se exponen los beneficios de pasar de planes regionales energéticos (centralizados) a planes de comunidad más distribuidos. También se analizan diferentes maneras de cambiar el tipo de planificación, haciendo a los ciudadanos partícipes activos en las planificaciones.

Las fuentes bibliográficas de este artículo destacan la importancia de incluir las energías renovables en la planificación energética de las comunidades, pero en la realidad no se ha tenido muy en cuenta. En la práctica, las comunidades canadienses le han dado prioridad a la eficiencia a la reducción del consumo energético.

Se han revisado 10 casos de estudio, como se ha comentado previamente, y cada uno tiene su modus operandi por lo que los procedimientos y enfoques son únicos. Sin embargo, es posible extraer un esquema de tres pasos que se repite en todos ellos:

- Proceso inicial de planificación: ciertas organizaciones participaron dando incentivos económicos para la elaboración del plan o proporcionando información relevante. Se concienció acerca del cambio climático y, aunque la iniciativa de crear planificaciones energéticas en comunidades vino desde entidades nacionales o internacionales, las acciones y respuestas se llevaron a cabo a nivel local.
- Dinámica del plan: algo que se incluyó en todos los planes fueron una distinción de consumo energético según el sector y el tipo, además de una lista formal de acciones que los municipios deben llevar a cabo para implementar el plan. Los objetivos de las comunidades eran disminuir su impacto ambiental, volverse más autosuficientes energéticamente, crear puestos de trabajo y ahorrar costes energéticos.
- Demanda y suministro: las acciones propuestas se han dividido en iniciativas en la demanda o en el suministro. En la demanda se centraron en concienciar al consumidor y en el suministro en descentralizar e implementar energías renovables.

## **Planificación energética regional a través del análisis FODA y herramientas de planificación estratégica. Impacto sobre el desarrollo de las energías renovables [12]**

La provincial de Jaén ha llevado a cabo una planificación estratégica para mejorar el desarrollo socioeconómico. El aspecto energético de esta planificación se ha enfocado en la explotación de fuentes renovables como la energía solar o la biomasa.

En la elaboración de la planificación estratégica se estableció un programa secuencialmente escalonado con el objetivo de asegurar, por una parte, la consistencia técnica del plan y, por otra parte, la participación masiva de la comunidad provincial. La consistencia técnica se llevó a cabo a través de una fase de diagnóstico basada en grupos de trabajo de expertos, y la implicación de la comunidad fue abordada por medio de una fase de participación colectiva específicamente diseñada para alentar la participación en mesas de trabajo. De esta manera, la

ciudadanía participó e hizo sugerencias al borrador del plan hecho por los grupos de trabajos de expertos para que así, éstos contaran con la opinión pública antes de presentar un documento definitivo.

A parte de la gran importancia que tuvo la participación de la comunidad en la elaboración exitosa del plan (más de 500 personas de diferentes sectores empresariales, universidades, administraciones locales, etc.), el método interdisciplinario y la metodología basada en el análisis FODA fueron también fundamentales. El método interdisciplinario fue seguido en las sesiones del grupo de trabajo de expertos, con lo que las propuestas y nuevas ideas eran sometidas a diferentes interpretaciones científicas o técnicas. Esto aseguró la consistencia científica en la elaboración del plan. Por otro lado, el análisis FODA para diagnosticar el sistema energético permitió la realización de un esbozo completo de la situación energética regional y un conjunto completo de estrategias de desarrollo.

### **Planificación de energía sostenible mediante el uso de análisis de aplicaciones multicriterio en la isla de Creta [13]**

La isla de Creta tiene un gran potencial de explotación de energías renovables por lo que hay un amplio rango de planes energéticos a implementar relacionados con energías renovables y que tengan en cuenta también aspectos económicos, técnicos, sociales y medioambientales. Resulta de vital importancia, por otro lado, conseguir el apoyo de los actores críticos como los inversores o los ciudadanos antes de ponerse a construir las instalaciones. Por tanto, estos actores participarán activamente en la elaboración del sistema energético y todo tipo de intereses serán tenidos en cuenta para fomentar la cooperación y el compromiso con la implementación de las alternativas energéticas.

Este artículo elabora un plan energético para la isla de Creta teniendo en cuenta los múltiples actores e intereses en el contexto de la isla. El objetivo principal es proporcionar a las autoridades regionales de Creta un análisis exploratorio de mixes de fuentes de energías renovables que tienen el potencial de ocuparse de la creciente demanda energética de la isla.

El enfoque metodológico escogido para llevar a cabo el objetivo expuesto es MCDA (*Multicriteria Decision Analysis* en inglés). Se ha escogido este enfoque por la necesidad de evaluación de las distintas propuestas de políticas energéticas por parte de cada actor involucrado. Los métodos de criterio múltiple proporcionan una herramienta que es apropiada para evaluar un amplio rango de variables que son analizadas de diferentes maneras y así ofrecer un soporte de decisiones válido. Cada participante activo le comunica sus preferencias al analista y para traducirlas en valores numéricos, se ha hecho uso de los métodos PROMETHEE I y II donde los resultados pueden ser validados fácilmente.

Esta metodología seleccionada (donde hay un sistema de apoyo para la toma de decisiones basada en algoritmos de múltiple criterio) tiene la ventaja de que no infravalora la presencia de los distintos actores, sino que los asiste a través de enteras fases de toma de decisiones proporcionando información útil a fin de establecer prioridades y recomendar estrategias políticas para una planificación energética sostenible.

## Planificación energética territorial de SuisseÉnergie [14]

Se trata de una guía de planificación energética territorial presentada por Suisseénergie para guiar a los especialistas y funcionarios municipales de Suiza que quieran implementar esta metodología a sus comunidades locales.

La planificación energética territorial permite coordinar el suministro de energía y adaptarlo al desarrollo estructural de un municipio. Centrándose en el suministro de calor y el uso de fuentes de energía renovables disponibles en la región, la planificación energética territorial puede ser una parte importante de los conceptos globales de energía de un municipio. Estos conceptos también abordan cuestiones relacionadas con la electricidad y la movilidad.

El objetivo de la planificación energética territorial es optimizar y garantizar el suministro de calor a largo plazo a los municipios. También permite restringir los principios básicos de la política energética donde es necesario observar los siguientes criterios:

- Seguridad del suministro
- Rentabilidad
- Respeto al medio ambiente

El uso racional de la energía y el suministro de calor, basado principalmente en energías renovables, son de crucial importancia para las Ciudades de la Energía [15] (*Cités de l'énergie* en francés) y las comunas. Para llevar a cabo el objetivo descrito previamente, los módulos 1 a 8 proporcionan herramientas e información práctica. En la siguiente imagen es posible observar la estructura que esta metodología ha llevado a cabo.



**Ilustración 1: Estructura de la metodología de SuisseÉnergie [14]**

### Por qué elegir la planificación energética territorial de SuisseÉnergie

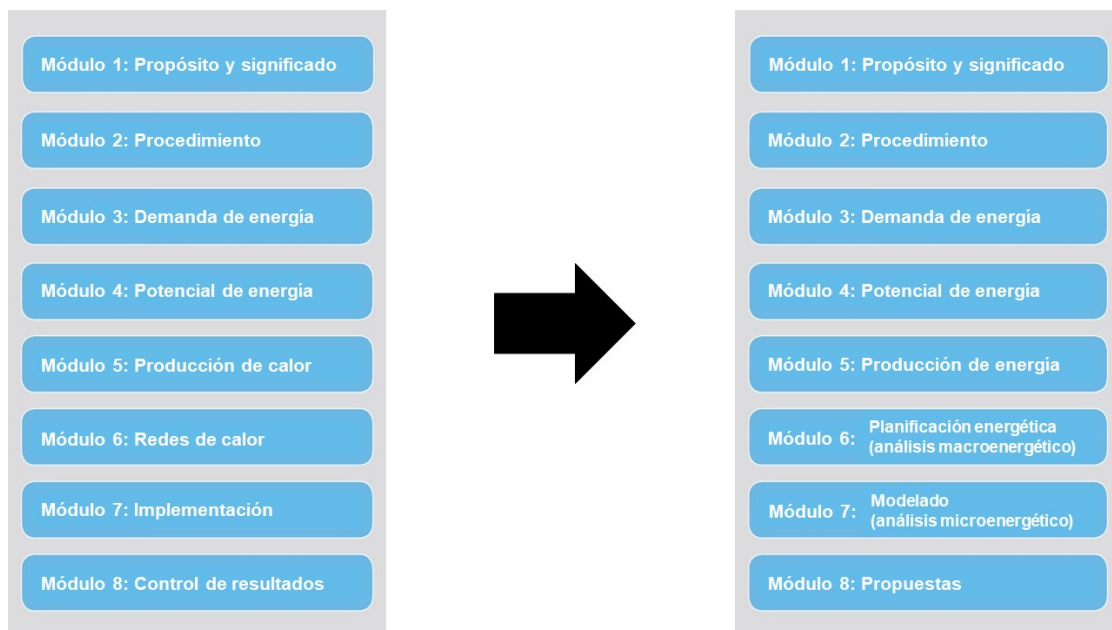
Habiendo revisado las metodologías previamente presentadas, se ha tomado la decisión de tomar como referencia la metodología suiza por las siguientes razones:

1. Es un estudio reciente y recoge propuestas anteriores, por lo que resulta ser más completo que las demás metodologías examinadas
2. Es un estudio pensado para territorios gestionados por comunidades: con menor dimensión, recursos y complejidad que una provincia o un país en sí mismo
3. El equipo que tutoriza el TFM está familiarizado con esta metodología

Sin embargo, se han realizado una serie de modificaciones en esta metodología para adaptarla al enfoque deseado en este proyecto. La mayoría de cambios realizados se debe a que la metodología suiza se focaliza mayoritariamente en la parte térmica debido a que en su disposición geográfica es la de mayor demanda. No obstante, la metodología de este trabajo pretende proporcionar una perspectiva más amplia y abarcar otros tipos de demandas energéticas que incluyan la parte eléctrica también., por lo que ciertos módulos se verán modificados. El contenido de estos nuevos módulos que sustituyen los eliminados previamente se desarrollará en el Capítulo 3. METODOLOGÍA

Estos nuevos temas han sido añadidos al esquema metodológico con el propósito de complementar a los anteriores y cumplir los objetivos propuestos en el 3.1. Módulo 1: propósito y significado.

Tomando la imagen previamente expuesta de la estructura de la metodología suiza, es posible visualizar a continuación las modificaciones implantadas:



**Ilustración 2: Modificaciones en la estructura de SuisseÉnergie**

A continuación, se desglosarán las razones de modificación de los módulos y se añadirán nuevos módulos que la base bibliográfica no contempla:

- Módulo 5: sí se incluirá en esta metodología, pero el enfoque dado en la fuente bibliográfica que sólo contempla la energía térmica (calor) será ampliado a cualquier tipo de energía. Pasará a llamarse “Producción de energía”.
- Módulo 6: no se incluirá ya que trata sobre las condiciones previas a la implementación de una red de calor, su rentabilidad y su realización. El enfoque de este trabajo engloba también la energía eléctrica, no sólo la térmica, por lo que no se centra en términos tan

específicos como las redes de calor. Además, este tipo de sistemas es más adecuado para países con grandes demandas de calefacción como Suiza. El nuevo módulo 6 pasará a llamarse “Planificación energética (análisis macroenergético)”.

- Módulo 7: no se añadirá porque abarca la implementación de la planificación energética desde una perspectiva muy centrada en acciones a nivel político y administrativo, más que técnico. Esto se debe a que el documento tomado de base para esta metodología va dirigido a los funcionarios de municipios o comunidades, normalmente entidades públicas que gobiernan sobre un determinado terreno. Sin embargo, éste no es el propósito de la metodología de este trabajo, que va dirigida a todo tipo de entidades, tanto públicas como privadas, y con un enfoque más técnico y específico usando las herramientas computacionales SIMESSEN y HOMER. Los trámites y acciones burocráticas no serán un punto relevante a tratar. El nuevo módulo 7 pasará a llamarse “Modelado (análisis microenergético)”.
- Módulo 8: tampoco se incluirá este módulo en la metodología de este proyecto ya que no forma parte del enfoque deseado. Se pretende ofrecer diferentes propuestas, pero no proveer de útiles de implementación de las propuestas ni de su posterior evaluación. El trabajo abarca la primera fase: la planificación. El nuevo módulo 8 pasará a llamarse “Propuestas”.

# CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

## **3.1. MÓDULO 1: PROPÓSITO Y SIGNIFICADO**

Esta metodología busca establecer un marco de actuación para desarrollar una simulación energética de un espacio concreto. Usando esta metodología será posible generar unos outputs (modelos y propuestas) a partir de la introducción de unos inputs (información geolocalizada y curvas de consumo). De esta manera, se crea una estructura reutilizable y aplicable a cualquier tipo de espacio que desee modelar su gestión energética y simular diferentes escenarios más sostenibles para tener una idea más realista sobre qué tipo de sistemas serán más apropiados.

Los objetivos que persigue la modelación energética mencionada son:

- Reducir el consumo de combustibles fósiles y, por consiguiente, la contaminación ambiental, aumentando así la calidad del aire.
- Aumentar el uso de fuentes renovables a nivel local, lo que conlleva una reducción de la dependencia de importaciones exteriores y, con ello, de los costes económicos y ambientales del transporte de energía.
- Conseguir un sistema más eficiente coordinando la demanda y el suministro a un nivel más local.
- Garantizar el suministro energético para asegurar un modelo sostenible pero fiable.
- Coordinar el desarrollo local y el potencial de suministro energético, favoreciendo así la creación de empleo, la reducción de costes energéticos y una tendencia hacia la autosuficiencia energética.
- Ofrecer propuestas técnicas alternativas para contemplar la adecuación de diferentes opciones al área de estudio.

La motivación sobre la cual se basan los pilares de esta metodología es facilitar la implantación de energías renovables en la gestión energética de diferentes espacios y así marcar una tendencia clara hacia los objetivos del acuerdo de París y la estrategia europea del 2020. Los interesados en utilizar este procedimiento se encaminarán hacia una gestión energética más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

En cuanto a las prioridades de explotación, en este proyecto sólo se tendrán en cuenta las potenciales fuentes renovables con las correspondientes tecnologías para evolucionar hacia un futuro más sostenible. Cabe resaltar que se prioriza la implementación de energías renovables a la autosuficiencia energética de la zona de estudio, por lo que no tiene lugar ampliar las fuentes energéticas fósiles para conseguir un sistema independiente.

Como sub-apartado de esta sección, sería pertinente incluir una contextualización de la zona de estudio. Es decir, una breve explicación del espacio a modelar: qué tipo de espacio es, el contexto geográfico e histórico, cuál es su funcionalidad, etc.

### 3.2. MÓDULO 2: PROCEDIMIENTO

Los pasos a seguir para el adecuado desarrollo de la metodología de este trabajo están concretados en la sección derecha de la Ilustración 2: Modificaciones en la estructura de SuisseÉnergie. Cada uno de los módulos es presentado extensamente a lo largo del presente capítulo, por lo que no tiene cabida volver a exponer la misma información. Sin embargo, sí resulta apropiado plantear una breve introducción que relacione los módulos entre sí y esquematice cómo se pretende alcanzar los objetivos deseados con esta metodología.

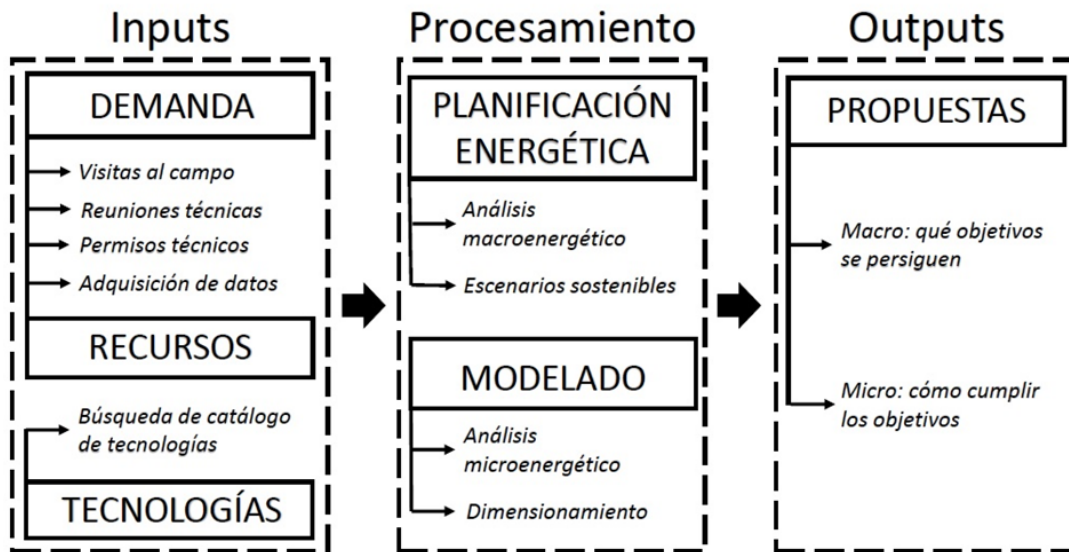
- Módulo 1: en primer lugar, es necesaria una introducción que exponga cuáles son los objetivos específicos de la entidad que vaya a hacer uso de esta metodología (que deben estar en consonancia con los propios de la metodología), al igual que una breve presentación del emplazamiento.
- Módulo 2: en segundo lugar, se planteará la estructura a seguir de una manera aplicada al caso de estudio.
- Módulo 3: en tercer lugar, se estudiará la demanda energética para observar qué tipo de consumos tienen lugar, dónde, en qué cantidad, etc. De esta manera las propuestas finales se acoplarán mejor al objeto de estudio.
- Módulo 4: en cuarto lugar, se analizará el potencial energético de la zona donde vaya a implementarse el estudio para determinar los recursos energéticos aprovechables para la implantación de tecnologías de explotación de energías renovables.
- Módulo 5: en quinto lugar, se definirán qué tecnologías son utilizables según el emplazamiento elegido, su demanda energética, y los recursos disponibles.
- Módulo 6: en sexto lugar, se realizará un análisis macro-energético de la zona de estudio con el objetivo de sugerir diferentes escenarios energéticos más sostenibles que el actual.
- Módulo 7: en séptimo lugar, se realizará un análisis micro-energético a través de una modelización de los escenarios energéticos deseados, para llevarlos a la realidad. La pregunta a contestar es: ¿qué mix de tecnologías permite sustentar los objetivos energéticos deseados?
- Módulo 8: en último lugar, en este apartado se recogerá el catálogo de propuestas para la zona de estudio de una manera resumida y visual. Es el fin al que pretende llegar esta metodología, por lo que se trata del apartado concluyente.

Habiendo desarrollado los pasos a seguir para implementar esta metodología, es conveniente presentar los inputs y outputs que entrarán y saldrán de este sistema metodológico:

- Inputs requeridos: demanda energética, recursos energéticos, tecnologías energéticas disponibles, calidad energética de los recursos y hábitos de consumo.
- Outputs generados: catálogo de propuestas de escenarios sostenibles con sus correspondientes tecnologías.

Los inputs y outputs se comunican a través de una etapa de procesamiento. Con el objetivo de visualizar globalmente estas relaciones dentro de la metodología de planificación energética territorial, a continuación, se muestra una ilustración donde se recogen los diferentes módulos, cómo se relacionan entre sí y una esquematización de las acciones llevadas a cabo en cada módulo:





**Ilustración 3: Esquema estructural**

### 3.3. MÓDULO 3. DEMANDA DE ENERGÍA

El primer paso práctico en el seno de esta metodología es determinar la demanda energética de la zona a estudiar, pues el objetivo es cubrir esta demanda con un sistema híbrido de energía. Las demandas se dividen según la forma de energía usada para cubrirlas: electricidad o combustible. Dentro de la demanda eléctrica, se puede diferenciar entre iluminación, clima, fuerza o trabajo.

Es importante remarcar que, aunque estas demandas en un principio estén separadas según hagan uso de electricidad o combustible, en un futuro el sistema híbrido a implementar puede abastecer estas demandas haciendo un reparto de fuentes diferente. Por ejemplo, si antes se utilizaba una caldera de diésel para calefacción, luego puede usarse una bomba de calor alimentada con electricidad de placas fotovoltaicas. Por lo que la forma de energía pasaría a ser electricidad de energía solar en vez de combustible fósil.

Lo ideal sería contar con documentación fiable y completa de la demanda de energía de la localización a estudiar. Sin embargo, esto no se cumple en la realidad, por lo que es necesario adentrarse en un estudio exhaustivo en busca de la máxima información válida posible. A continuación, se presenta una lista de las acciones que esta metodología recomienda para la adquisición de datos respecto la demanda energética:

- Visitar el lugar de estudio y en el caso de disponer de los instrumentos y el tiempo necesario, realizar medidas energéticas in situ.
- Reunirse con los responsables técnicos de la entidad que gestiona dicho emplazamiento.
- Recopilar datos energéticos proporcionados por la entidad, por ejemplo: facturas de electricidad, facturas de gas y carburantes, curvas de carga eléctricas, medidas energéticas in situ o estudios energéticos realizados por los técnicos responsables de las instalaciones.
- Pedir los permisos técnicos necesarios para tener acceso a las instalaciones y a la información de dicha entidad.

Una vez recopilada toda la información posible de consumos energéticos, el segundo paso del módulo 3 consiste en un análisis detallado del consumo y las necesidades energéticas para conocer bien el entorno de trabajo y proponer, posteriormente, escenarios energéticos más sostenibles que sean coherentes con éste. Es decir, es necesario un procesamiento de los datos de consumos energéticos.

Dentro de este análisis o procesamiento, la eficiencia energética juega un papel importante. No se puede hablar de escenarios sostenibles e implementación de energías renovables sin mencionar la eficiencia energética ya que la energía más limpia es la que no se consume [16]. Sin embargo, en la planificación energética a nivel territorial resulta de gran complejidad entrar en detalle de medidas de eficiencia a implementar ya que comprende un ancho rango de instalaciones cada una con su propio potencial para mejorar la eficiencia energética. Por estas razones, el alcance de este trabajo no contempla un análisis exhaustivo en cuanto a la eficiencia energética pero sí se tendrá en cuenta una evaluación grosso modo que permita considerar reducciones en el consumo analizado antes de implementar energías renovables.

A modo de ejemplo de esta reducción del consumo energético aproximada alcanzada con eficiencia, en el caso de aplicación que se expone más adelante se han aplicado unos porcentajes de eficiencia en cuanto a consumos en edificios y consumos en alumbrado público. El resto de consumos no disponía de potencial en eficiencia. A pesar de que esta metodología se abstiene de entrar en detalle en cuanto a cálculos de eficiencia siendo éstos de gran relevancia, sí entra en consideración de manera genérica y tomando como referencia otros proyectos y estudios más específicos. Un estudio de los tipos de consumo y su potencial en cuanto a eficiencia es necesario para, posteriormente, aplicar reducciones referenciadas a cada tipo de consumo.

Por otro lado, dentro del análisis detallado del consumo, se dividirá la información obtenida según la forma energética que abastezca las demandas: combustibles o electricidad. Dentro de cada una de dichas secciones, se estudiará el tipo de demanda de manera que se tengan cantidades lo más precisas posibles acerca de las fuentes energéticas empleadas en el emplazamiento y su correspondiente destinación y ubicación. Esto será de suma importancia para comprender el escenario energético presente y permitirá determinar cuáles son los puntos con potencial de mejora donde se puede actuar.

### **3.4. MÓDULO 4: POTENCIAL DE ENERGÍA**

En este apartado, con el objetivo de estudiar el potencial de instalación de energías renovables en el caso de estudio, es necesario determinar qué recursos hay disponibles en la zona y cuáles son más aprovechables. Por lo que se describirán cuantitativa y cualitativamente los recursos energéticos renovables a nivel local.

Con el fin de evaluar el potencial de estos recursos, se desarrollará un inventario de los recursos de energías renovables a utilizar, y posteriormente se justificará si representan una opción viable para el sistema de estudio o no. En esta metodología sólo se tendrán en cuenta las fuentes de energías renovables ya que se trata de mejorar la sostenibilidad ambiental de la zona a analizar.

Para obtener información sobre dichos recursos, es necesario seguir la lista de acciones recomendadas en el 3.3. Módulo 3. demanda de energía. Como se mostraba en la Ilustración 3: Esquema estructural, estas acciones son aplicables para la recopilación de datos tanto de

demanda energética como de recursos, que es lo que concierne en este apartado. En el caso de que existiera la opción de realizar mediciones in situ durante un año de ciertos recursos como el viento, sería lo más fiable y realista. No obstante, esto requiere de mucha previsión, voluntad y disposición de la instrumentación necesaria.

A falta de estas mediciones, se recurrirá a la búsqueda de fuentes fiables como el IDAE [17] que cuenten con una gran base de datos de recursos energéticos renovables (viento, sol, olas, biomasa...) para evaluar su disponibilidad según la ubicación del caso de estudio.

A continuación, se expondrán la totalidad de fuentes energéticas renovables que podemos encontrarnos hoy en día en el planeta.

## **Energía Solar**

La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. Hoy en día, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica [18].

Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según como capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios para la ventilación natural [19].

Además, la energía solar, es quizás la fuente renovable en la que los ciudadanos pueden protagonizar más directamente el cambio de modelo energético que se propugna. Y es que la tecnología solar puede situarse casi en cualquier lugar y en instalaciones de diferente tamaño, de tal forma que prácticamente cualquier edificio puede convertirse en una pequeña central generadora de electricidad, o productora de su propia agua caliente sanitaria. Por otro lado, se trata de una tecnología fácil de instalar, silenciosa, y con una vida útil prolongada, que requiere de escaso mantenimiento y goza de una elevada fiabilidad [20]. El potencial de energía solar sólo tiene dos límites: la existencia de radiación y el de las superficies disponibles.

Para evaluar de manera cuantitativa el potencial solar del que dispone un emplazamiento, es aconsejable el uso del programa PVGIS, disponible en la página web: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>. El funcionamiento es sencillo: introduciendo las coordenadas de dicho emplazamiento es posible descargar un PDF con tablas y gráficas sobre la irradiación solar en la zona.

## **Energía Eólica**

La energía cinética que posee una masa de aire es conocida como energía eólica, y su aprovechamiento es casi tan antiguo como la civilización. Esta energía ha sido utilizada desde tiempos remotos por el ser humano, para impulsar sus barcos mediante velas o para hacer funcionar molinos que molían grano o bombeaban agua [21].

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión. Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento [22].

Es un tipo de energía renovable ya que tiene su origen en procesos atmosféricos debidos a la energía que llega a la Tierra procedente del Sol. Es una energía limpia ya que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes. No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo que no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático [22].

Sin embargo, los inconvenientes más destacados de la energía eólica son su intermitencia, un detrimento de la calidad del paisaje y los efectos sobre la avifauna y el ruido. Además, su implantación no es tan sencilla y poco limitada como la tecnología de aprovechamiento solar. Para que la explotación de la energía eólica esté justificada debe considerarse: la velocidad mínima del viento en el emplazamiento (dependiendo del aerogenerador que se vaya a utilizar suele empezar entre los 3 m/s y 4 m/s), la distancia mínima hasta la zona residencial más cercana, la contaminación acústica y la protección de paisajes [22].

Es de relevancia destacar el hecho que la energía eólica y la solar son complementarias desde una perspectiva temporal anual. Es decir, invierno es la estación con mayores velocidades de viento y verano la estación con menores velocidades tal y como muestran los atlas eólicos españoles del IDAE, disponible en la página web: [http://atlaseolico.idae.es/inc/get\\_map.php?pdf=sta80\\_es-cv](http://atlaseolico.idae.es/inc/get_map.php?pdf=sta80_es-cv). Así pues, se observa una contraposición a lo que ocurre con la energía solar en el caso de España al ser un país del hemisferio norte donde en verano se recibe mayor radiación que en invierno [23].

Para evaluar de manera cuantitativa el potencial eólico del que dispone un emplazamiento es aconsejable seguir los siguientes pasos. En primer lugar, en la página web de EnergyPlus [24] es posible descargar un documento donde se proporcionan unas medias representativas (en un periodo de 30 años tomado por ASHRAE) de las velocidades horarias para cada mes del año de la localidad elegida. Si se desea más precisión en la ubicación de los datos tomados, es recomendable acudir a la página del IDAE [25] donde sí es posible seleccionar más detalladamente el punto geográfico de interés como se muestra a continuación.

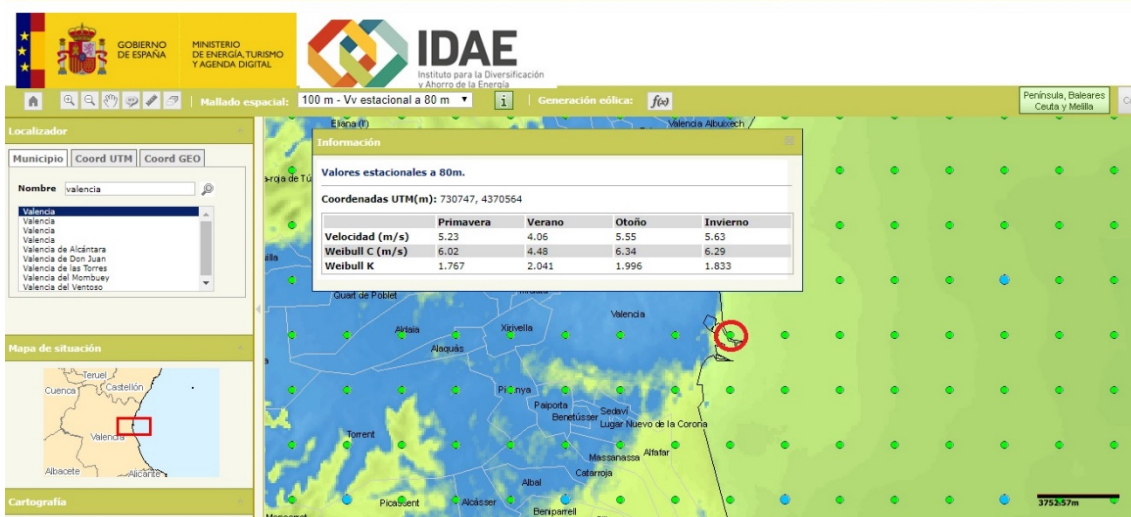


Ilustración 4: Recurso eólico en IDAE [25]

El inconveniente es que los datos de viento en el IDAE son dados de manera estacional. Por lo que, si se desea obtener datos horarios para cada mes del año, es conveniente tomar la información descargada de la página de EnergyPlus e interpolar para obtener una tabla de velocidades de viento horarias durante un año representativo para la ubicación seleccionada en la página del IDAE.

En el caso de la energía eólica marina, para evaluar el potencial de este recurso también se podría hacer uso de las herramientas previamente mencionadas, pero cabe resaltar que en el caso español (sobre todo en la costa Mediterránea), la intensidad es bastante limitada como nos muestra la siguiente figura:

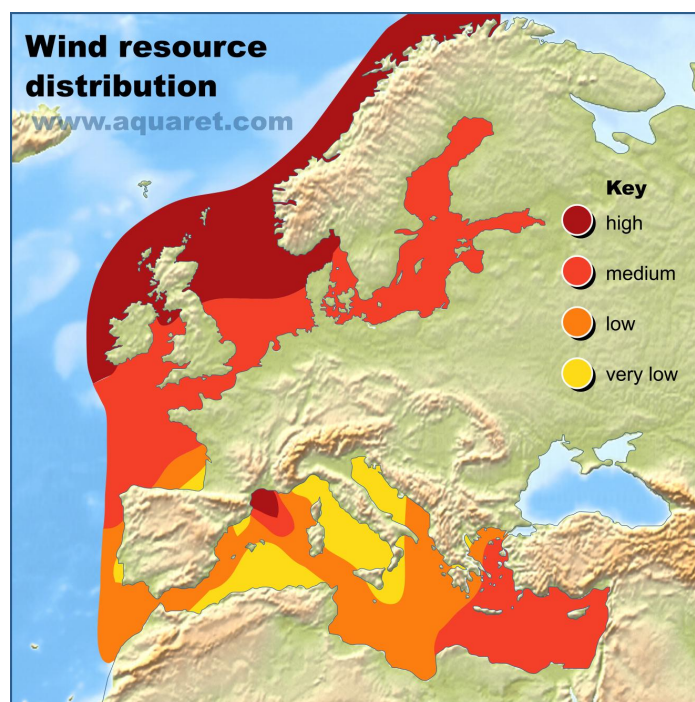


Ilustración 5: Recurso eólico marino en Europa [26]



## Energía Hidroeléctrica Continental

La energía hidroeléctrica es aquella que se obtiene de aprovechar la energía potencial de una masa de agua situada en un punto del cauce del río (el más alto del aprovechamiento) para convertirla primero en energía mecánica y finalmente en energía eléctrica disponible en el punto más bajo del aprovechamiento a través de una turbina que mueve un generador eléctrico [27].

Uno de los recursos más importantes cuantitativamente en la estructura de las energías renovables es la procedente de las instalaciones hidroeléctricas; una fuente energética limpia y autóctona, pero para la que se necesita construir las necesarias infraestructuras que permitan aprovechar el potencial disponible con un coste nulo de combustible. El problema de este tipo de energía es que depende de las condiciones climatológicas y de la cercanía de cauces de ríos con suficiente energía potencial almacenada (directamente proporcional a la masa de agua y a la diferencia de altura obtenible) [28].

## Energía Geotérmica

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía térmica más limpia, fiable y renovable. La geotermia proporciona energía en forma de calor proveniente del interior de la corteza terrestre. El calor se transmite desde las zonas internas de la corteza hacia la superficie debido a la acción de diversos fenómenos (movimiento de las placas corticales de la tierra, intrusión de magma, circulación profunda de aguas subterráneas...). En determinadas condiciones y lugares se forman almacenes de agua caliente o de vapor y el fluido geotérmico puede ascender hasta la superficie, formando surgencias naturales que, desde épocas antiguas han sido utilizados por el hombre en baños termales y para la cocción de alimentos [29].

La siguiente ilustración muestra un análisis cualitativo grosso modo del recurso de energía geotérmica en España.

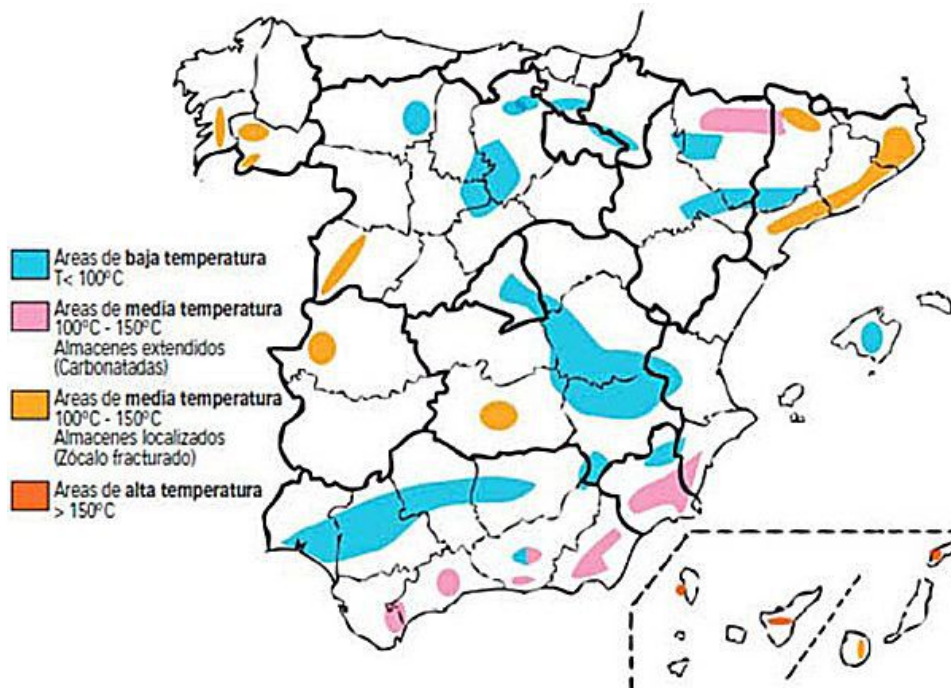


Ilustración 6: Recurso geotérmico en España [30]

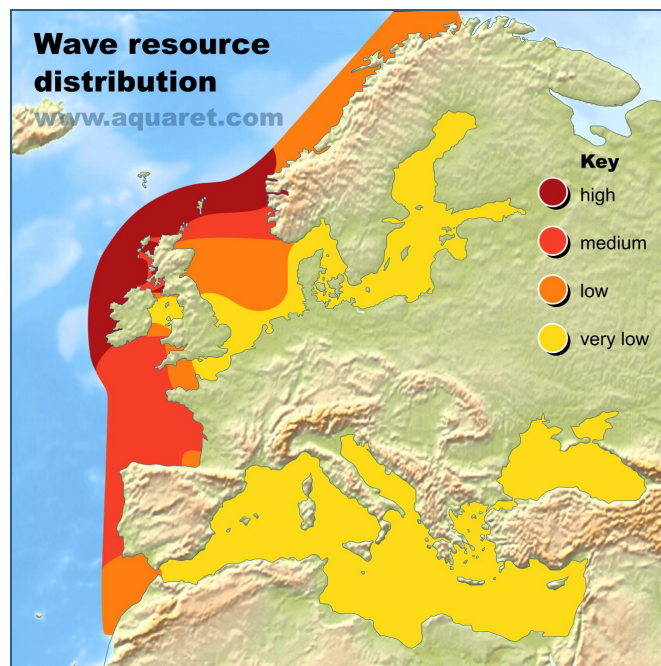
## Energía Marina

El mar tiene un gran potencial energético que se manifiesta principalmente en las olas, las mareas, las corrientes y en la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo marino [31].

El movimiento del agua en los océanos del mundo crea un vasto almacén de energía cinética, potencial, termodinámica, etc. Esta energía se puede aprovechar, mediante diferentes tecnologías para generar electricidad que alimente las casas, el transporte y la industria [32].

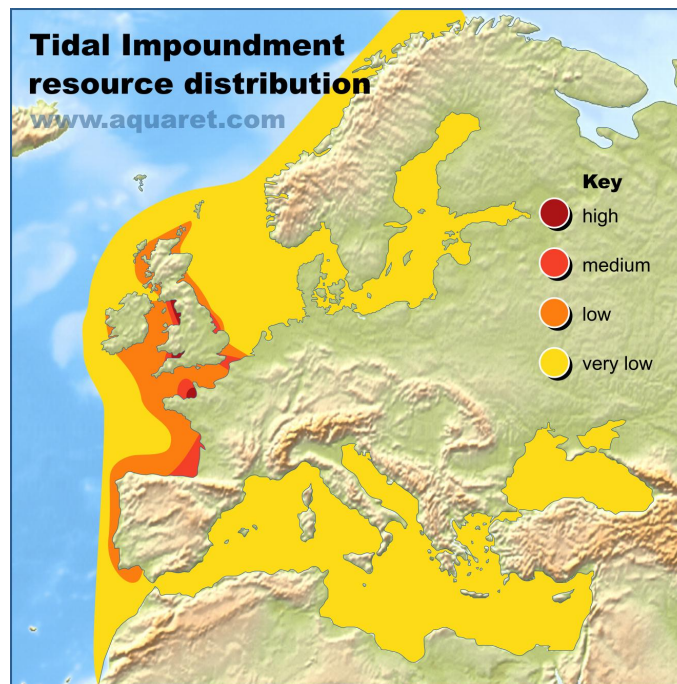
En España existe un alto potencial para el desarrollo de la energía marina en la costa cantábrica, la costa atlántica y las Islas Canarias. El aprovechamiento de este recurso energético está estimado en más de 20.000 MW que contribuirían a la producción eléctrica nacional. Actualmente existen diversas instalaciones experimentales. Para que despegue comercialmente esta tecnología en nuestro país es necesario establecer una tarifa que refleje sus costes reales de explotación. Cantabria, País Vasco, Galicia y Asturias, que ya están preparando ensayos sobre energía oceánica, son las comunidades autónomas que están liderando las investigaciones sobre cómo obtener energía de las olas del mar en nuestro país [33].

Para evaluar de manera cuantitativa el potencial marino del que dispone un emplazamiento, existe una aplicación online del IDAE que es un atlas del potencial de recurso de la energía de las olas [34] pero está inhabilitada actualmente. Sin embargo, acudiendo a la página web de Aquaret [26], es posible hacerse una idea de las intensidades energéticas marinas en diferentes zonas de España.



**Ilustración 7: Intensidad energética de olas en Europa [26]**

En la anterior ilustración se clasifican los recursos energéticos de olas por Europa y el Mediterráneo.



**Ilustración 8: Intensidad energética de mareas en Europa [26]**

En esta segunda imagen, se muestra el potencial de marea por la misma zona mencionada anteriormente.

### **Biomasa**

La biomasa es el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal, y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial. Se trata de un concepto muy amplio que incluye desde los residuos procedentes de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas hasta la fracción orgánica de los residuos domésticos e industriales, pasando por los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Por sus particulares características, y por su diferente tratamiento normativo, los residuos domésticos e industriales se tratan de forma separada en el apartado de residuos [35].

Los principales combustibles obtenidos a partir de la biomasa son leñas, astillas, pellets, huesos de aceituna y cáscaras de frutos. La leña de madera cortada y troceada, lista para utilizarse en los aparatos domésticos de combustión como estufas o chimeneas, es el producto menos elaborado de los cinco, y tradicionalmente se han empleado en viviendas unifamiliares. Los huesos de aceituna y las cáscaras de frutos, si bien usados en menores cantidades que las leñas, astillas y pellets, también suponen un combustible cada vez más empleado [35].

Es necesario tener en cuenta las reservas disponibles en la zona y si el manejo forestal es sostenible.

Para evaluar de manera cuantitativa el potencial de biomasa que dispone un emplazamiento, existe una aplicación online del IDAE: BIONLINE, disponible en la página web <http://bionline.idae.es/biomasa/index.php?r=layers/gis>. Se trata de un programa que se enmarca dentro de la evaluación del potencial de biomasa en España, de acuerdo con sus distintos orígenes y posibilidades de introducción en el mercado energético, y en función de los costes estimados para su producción y disposición en el mercado. Es una herramienta preparada



para cuantificar la biomasa de origen forestal y agrícola del área geográfica que elija el usuario. Se puede usar para consultas y estudios sobre los diferentes tipos de biomasa (restos de aprovechamientos forestales, restos de cultivos agrícolas y biomasa procedente de masas susceptibles de implantación tanto en terreno agrícola como forestal), ofreciendo salidas cartográficas de disponibilidad de los distintos tipos de biomasa en diferentes ámbitos territoriales (principalmente supramunicipales), de costes de extracción o acopio y de coste medio de la biomasa puesta en puntos concretos a determinar en cada estudio. En nuestro caso, se usará para cuantificar aproximadamente mediante mapas de la zona de estudio el recurso disponible de los distintos tipos de biomasa cercanos al emplazamiento elegido.

### **3.5. MÓDULO 5: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

A continuación, se expondrá un catálogo de tecnologías disponibles más utilizadas para la explotación de las fuentes nombradas anteriormente. Es importante seleccionar un tipo de tecnología teniendo en cuenta las características del consumo. Por ejemplo, si se tiene una alta demanda energética durante el día, es aceptable cubrir esa demanda con placas solares porque las horas de utilización se corresponden con las de producción. Es necesario, de igual manera, considerar las características del emplazamiento y los correspondientes recursos energéticos a la hora de elegir las tecnologías de explotación. Es posible combinar diferentes instalaciones, así formando un sistema híbrido que se complemente y sea capaz de abastecer la demanda.

#### **Energía Solar**

A continuación, se presentan dos tecnologías solares que transforman este recurso en energía eléctrica o térmica. Existen otras alternativas, pero estos dos sistemas son los más maduros y utilizados para el marco de trabajo de esta metodología. Las centrales de energía solar de concentración están multiplicándose en los últimos años [36], pero no resultan una opción conveniente para el tipo de instalaciones que esta planificación energética pretende abarcar ya que son utilizadas en centrales a grandes escalas.

Antes de exponer las dos tecnologías solares, es conveniente comentar algunos aspectos a tener en cuenta al instalar este tipo de tecnologías. En toda la geografía española es recomendable la instalación de paneles solares gracias a la irradiación que llega a la superficie del país por su localización y clima [37]. No obstante, hay ciertas directrices a considerar a la hora de la instalación [38]:

- **Orientación:** en el hemisferio norte la orientación óptima es hacia el Sur. En el caso de que la orientación sea Oeste o Este, habrá entre un 5 y un 15% de pérdidas solares [37].
- **Inclinación:** depende de la latitud y de la época de más demanda energética. Si las placas van a ser utilizadas por igual durante todo el año con una inclinación fija, entonces lo ideal es que se instalen con una inclinación igual a la latitud del lugar. Si tienen más uso en verano, entonces la inclinación ideal será menor, y si tienen más uso en invierno entonces la inclinación ideal será mayor debido a la altura solar.
- **Sombras:** es necesario evitar tener obstáculos posicionados cerca de las placas de manera que puedan crear sombras indeseables que produzcan pérdidas importantes.

## Paneles Fotovoltaicos [39]

La energía solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar transformándola directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, que consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (en este caso radiación solar).

Existen distintas tecnologías fotovoltaicas (fijas, seguimiento solar a un eje y seguimiento solar a dos ejes) pero la mayoría se basan en el silicio. Las instalaciones solares fotovoltaicas pueden ser básicamente de dos tipos: instalaciones aisladas (orientadas fundamentalmente a aplicaciones de bombeo, señalización, comunicaciones y electrificación rural) e instalaciones conectadas a red (orientadas a la venta de energía eléctrica y autoconsumo).

Las posibilidades de aplicación de la energía solar fotovoltaica son inmensas y abarcan desde las más aplicaciones más simples como calculadoras y relojes solares, a las más complejas como grandes plantas de generación eléctrica o sistemas de alimentación para satélites artificiales.

## Paneles Solares Térmicos [40]

La utilización de la energía solar térmica para abastecer las diferentes demandas térmicas existentes en los sectores de la edificación, industrial y agropecuario, es una de las formas más eficientes y económicas de aprovechar un recurso abundante y autóctono, el cual además es gratuito y tenemos disponible en el mismo punto de consumo.

Su utilización, supone la disminución del consumo de energía primaria y de emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a la fuente energética a la que sustituye y que abastece dichas demandas. Supone, por tanto, la mejora de la eficiencia energética de los edificios, industrias, etc. donde la energía solar térmica se incorpora.

La tecnología solar térmica es una tecnología madura que ha experimentado una considerable implementación en el sector de la edificación durante los últimos años. El actual desarrollo tecnológico y la alta fiabilidad de las instalaciones solares permite que éstas sean integradas fácilmente en edificios e industrias.

La tecnología actual permite que las instalaciones solares térmicas precisen de un mantenimiento mínimo y dispongan de sistemas de control para su seguimiento remoto, ofreciendo así todas las garantías en materia de seguridad y comodidad de uso.

## Energía Eólica

### Aerogeneradores “Onshore” y “Offshore”

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operadoras, como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador [22].

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos [22].

La potencia del generador está en función de la longitud de sus aspas, a mayor longitud, se consigue mayor potencia y consecuentemente, mayor generación de electricidad. El tamaño de los aerogeneradores puede ser muy variable, existiendo unidades que van desde los 400W y un diámetro de aspas de 3 m. hasta los aerogeneradores comerciales instalados por las grandes empresas como Iberdrola, que llegan a los 2,5 MW de potencia y 80 m de diámetro de aspas [41].

Los aerogeneradores pueden trabajar solos o en parques eólicos, sobre tierra formando las granjas eólicas, sobre la costa del mar o incluso pueden ser instalados sobre las aguas a cierta distancia de la costa en lo que se llama granja eólica marina [41].

Las instalaciones eólicas marinas presentan características diferenciadas ventajosas frente a las instalaciones en tierra: el recurso eólico existente en el mar es superior que, en costas próximas, el impacto visual y acústico es menor por lo que las máquinas pueden ser más grandes y eficaces, etc. [42].

Además, la potencia unitaria de los aerogeneradores en el mar es superior a la de las turbinas en tierra. Mientras en tierra, por limitaciones asociadas a la orografía y al transporte, se han consolidado potencias unitarias en el entorno de los 3 MW para los aerogeneradores, con una clara tendencia a aumentar el diámetro de rotor para un mejor aprovechamiento de los emplazamientos; en el mar los nuevos desarrollos de parques eólicos marinos están compuestos por potencias unitarias superiores a los 5 MW, existiendo prototipos de hasta 10 MW de potencia [42].

Sin embargo, estas instalaciones marinas tienen también importantes desventajas respecto a las terrestres: inexistencia de infraestructuras eléctricas, condiciones ambientales más severas, evaluación del recurso eólico más compleja y cara, y sus mayores ratios de inversión y gastos de explotación [42].

Las instalaciones eólicas de pequeña potencia presentan unas características propias, que las dotan de una serie de ventajas adicionales respecto a la gran eólica, como una potencial mayor eficiencia global por las pérdidas evitadas en las redes de transporte y distribución, y que permiten la integración de generación renovable sin necesidad de crear nuevas infraestructuras eléctricas. Además, pueden fomentar la implicación ciudadana en la mejora de la eficiencia energética, el autoabastecimiento energético y la lucha contra el cambio climático [43].

## **Energía Hidráulica**

### **Centrales Hidroeléctricas [27]**

Una central hidroeléctrica está constituida por un conjunto de instalaciones hidráulicas (azud o presa, canal, tubería, etc.) y equipos electromecánicos (turbinas, generadores, sistema eléctrico, etc.) necesarios para transformar la energía potencial en energía eléctrica disponible. La potencia eléctrica que se obtiene es proporcional al caudal de agua utilizado y a la altura del salto en un aprovechamiento.

En función de la tipología del aprovechamiento, las centrales se pueden clasificar principalmente en tres grandes grupos:

- Centrales de agua fluyente: son aprovechamientos que, mediante una obra de toma en un azud, captan una parte del caudal circulante por el río, lo conducen hacia la central para ser turbinado y posteriormente, es restituido al río.
- Centrales de pie de presa: son instalaciones que aprovechan el desnivel creado por la propia presa, pudiendo regular los caudales de salida para ser turbinados en función de los usos de la presa (hidroeléctricos, regadíos o abastecimientos) o en el momento preciso. Dentro de esta tipología, cabe destacar las centrales de bombeo o reversibles, que además de generar energía como una central convencional (modo turbinación), tienen la capacidad de elevar el agua a un embalse o depósito consumiendo energía eléctrica (modo bombeo).
- Centrales integradas en redes de aguas: son aprovechamientos que se integran en canales de riego y de navegación, en redes de distribución de agua potable o tuberías en presión y en estaciones de tratamiento de aguas residuales.

Se entiende por minicentral hidroeléctrica, aquella instalación hidroeléctrica cuya potencia instalada es igual o inferior a los 10 MW.

## **Energía Geotérmica**

### **Tecnología Geotérmica [44]**

Los yacimientos geotérmicos podrán ser explotados tanto para la generación de energía eléctrica como con fines térmicos, en función de la temperatura del fluido geotermal.

En el caso de la generación de electricidad, los yacimientos geotérmicos de alta temperatura pueden aprovecharse para generar electricidad mediante un ciclo similar al utilizado en las centrales termo-eléctricas convencionales. Dependiendo de las características del recurso geotérmico, la generación de electricidad se realiza mediante turbinas de vapor convencionales (ciclo Rankine) y plantas de ciclo binario. Una central geotérmica basada en esta tecnología funcionaría de la siguiente manera: primeramente, hay que perforar hasta la roca caliente seca (profundidad aproximada entre 3.000-5.000 m) y después inyectar agua en el pozo para romper aún más las grietas creadas y para aumentar el tamaño de las fisuras. El agua, que se introduce a presión, se calienta en su viaje hacia las profundidades hasta llegar a los 200°C y a través de los pozos de producción se bombea hasta la superficie. Ya sobre el terreno, con un separador vapor-agua, se extrae el vapor que hace funcionar el grupo turbo generador para la producción de electricidad. Después de este proceso, el agua se vuelve a inyectar por un circuito cerrado a las profundidades y todo vuelve a empezar desde el principio.

Los recursos geotérmicos de alta temperatura, necesarios para la producción de electricidad, son escasos en comparación con los recursos de media y baja temperatura, por lo que existen otras aplicaciones para el aprovechamiento de la energía geotérmica que se pueden denominar de utilización directa. El uso directo del calor es una de las aplicaciones más antiguas y comunes de la energía geotérmica para balnearios, calefacción residencial, agricultura, acuicultura y usos industriales. Para climatización y refrigeración se utiliza la energía geotérmica de muy baja temperatura, mediante el uso de bomba de calor.

## Energía Marina

### Tecnologías Marinas

Dentro de las Energías del Mar, existen tecnologías claramente diferenciadas, en función del tipo de aprovechamiento energético. A continuación, se describen las distintas tipologías de energías del mar [45]:

- Energía de las corrientes: consiste en el aprovechamiento de la energía cinética contenida en las corrientes marinas. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores empleando en este caso instalaciones submarinas.
- Energía de las olas o Ondimotriz: Es el aprovechamiento energético producido por el movimiento ondulatorio de la superficie del agua del mar. El oleaje es una consecuencia del rozamiento del aire sobre la superficie del mar, por lo que resulta muy irregular. Ello ha llevado al desarrollo de múltiples dispositivos o convertidores de energías del mar según el principio de captación del dispositivo: columna de agua oscilante (OWC), cuerpos flotantes, sistemas de rebosamiento y/o impacto, etc.
- Energía de las mareas o Maremotriz: Se basa en aprovechar el ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del Sol y la Luna. Un proyecto de una central maremotriz está basado en el almacenamiento de agua en un embalse que se forma al construir un dique con unas compuertas que permiten la entrada de agua o caudal a turbinar, en una bahía, cala, río o estuario para la generación eléctrica.
- Energía Maremotérmica: se fundamenta en el aprovechamiento de la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas profundas. Se requiere que el gradiente térmico sea de al menos 20°. Las plantas maremotérmicas transforman la energía térmica en energía eléctrica utilizando el ciclo termodinámico denominado "ciclo de Rankine" para producir energía eléctrica cuyo foco caliente es el agua de la superficie del mar y el foco frío el agua de las profundidades.
- Energía del gradiente salino o Energía Azul: es la energía obtenida por la diferencia en la concentración de sal entre el agua de mar y el agua de los ríos mediante los procesos de ósmosis.

Sin embargo, ninguna de estas tecnologías está ampliamente desarrollada hasta el momento. Los desafíos de ingeniería asociados con la interceptación eficiente de la energía de las mareas o las olas son importantes, particularmente dada la necesidad de sobrevivir y operar en condiciones difíciles. Otros problemas que a considerar son los impactos en la vida marina, el medio ambiente marino y otros usuarios marinos, como el transporte marítimo, la industria pesquera, etc. [46].

## Biomasa

A continuación, se presentarán 3 sistemas de uso de la biomasa para transformarla en energía térmica o eléctrica. Existen más alternativas, pero se han seleccionado las más utilizadas y de mayor interés para el enfoque de este trabajo.

## Calderas de Biomasa [35]

Las aplicaciones térmicas de la biomasa se pueden realizar principalmente a través de calderas, estufas o chimeneas. Las calderas son los únicos equipos capaces de dar al mismo tiempo calefacción y agua caliente sanitaria, mientras que las estufas y chimeneas permiten calentar la estancia en la que se encuentran ubicadas. Las calderas pueden instalarse tanto en viviendas unifamiliares como en comunidades de vecinos de cualquier tamaño, ya que se pueden encontrar calderas desde 20 kW hasta más de 1 MW (y tamaños mucho mayores para las redes de calor y las aplicaciones industriales o de generación eléctrica). Estas instalaciones suelen ir acompañadas de depósitos de inercia que permiten compaginar un funcionamiento estable de la caldera y una demanda de calor que varía a lo largo del día. Además, las calderas se pueden usar también en el sector industrial, bien para la producción de agua caliente o de vapor de proceso. Por otro lado, las estufas y chimeneas suelen instalarse en viviendas unifamiliares o locales comerciales, siendo las potencias más habituales de las estufas entre 8 y 15 kW.

## Redes de Calor con Biomasa [47]

Son sistemas centralizados de generación térmica que mediante un sistema de redes que transportan fluidos térmicos permiten la satisfacción de la demanda de calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos y otros edificios privados y públicos, como bibliotecas, hospitales o polideportivos, así como en industrias.

Es una forma más eficiente de aprovechar el calor generado que en el caso de soluciones individuales, porque permite encajar de una forma óptima el binomio generación-demanda y también se beneficia del efecto de las economías de escala. Es una solución que cuenta con un alto grado de implantación en países del centro y norte de Europa, y que poco a poco se va abriendo paso como una alternativa energética rentable y sostenible para los usuarios españoles.

Aunque aún existe muchísimo potencial por explotar en España, comienza ya a haber ejemplos muy relevantes, como son las redes de calor con biomasa ya en funcionamiento en Soria, Valladolid y Ólvega, y la red actualmente en construcción en Móstoles. El diseño y tamaño de las redes varía ampliamente, pudiendo adaptarse tanto a pequeños municipios como a grandes ciudades.

## Gasificación de la Biomasa [48]

Se denomina gasificación de biomasa a un conjunto de reacciones termoquímicas que se producen en un ambiente pobre en oxígeno, y que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina o en un motor, tras ser debidamente acondicionados.

En el proceso de gasificación, la celulosa se transforma en hidrocarburos más ligeros, incluso en monóxido de carbono e hidrógeno. Esta mezcla de gases llamada gas de síntesis o “syngas”, tiene un poder calorífico inferior (PCI) equivalente a la sexta parte del poder calorífico inferior del gas natural, cuando se emplea aire como agente gasificante.

Además de sustituir a combustibles ligeros de origen fósil, la gasificación permite obtener altos rendimientos eléctricos a partir de biomasa, cuestión ésta muy difícil mediante combustión directa para generación de vapor y posterior expansión de éste en un turbo alternador.

Mediante gasificación se pueden alcanzar rendimientos eléctricos de hasta un 30-32% mediante el uso de moto-generadores accionados por syngas, mientras que con un ciclo Rankine convencional simple las cifras rondan un 22% de rendimiento eléctrico.

Microturbinas de gas, MCIAs especialmente diseñados para biogás, o motores Stirling integrados en calderas de biomasa, permiten generar electricidad en unos rangos de potencia lo suficientemente pequeños para que se pueden integrar en edificios u otros sistemas consumidores, de forma técnica y económicamente viable.

### **3.6. MÓDULO 6: PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA (ANÁLISIS MACRO-ENERGÉTICO)**

Una vez expuestos los módulos que representan los inputs de la metodología, el siguiente aspecto a tratar es el procesamiento de estos inputs para dar lugar a los outputs deseados.

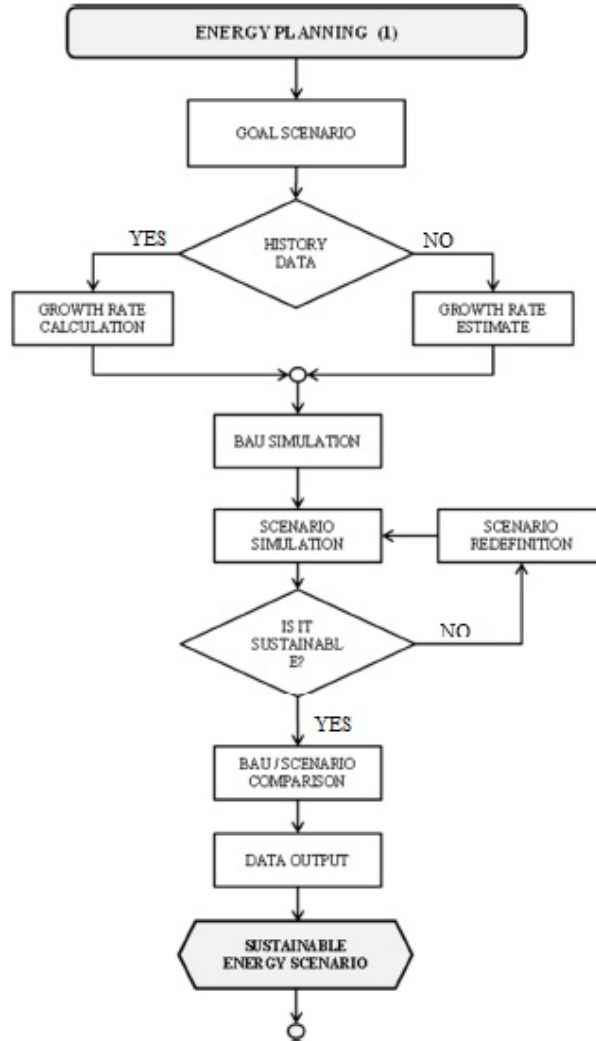
El primer paso dentro del procesamiento es la planificación energética a grandes rasgos. Es decir, un estudio energético desde un punto de vista macro de la generación y la demanda. En este apartado se realizará un análisis global de la gestión energética del caso a estudiar para determinar qué objetivos energéticos se pretende alcanzar, hacia dónde dirigirse.

Para llevar a cabo estos propósitos, es recomendable la utilización de una herramienta computacional que procese los datos energéticos del caso de estudio y, desde un punto de vista macro, proporcione un enfoque a través de distintos escenarios energéticos exploratorios.

En este apartado de la metodología se usará SIMESSEN [49] como herramienta computacional. A continuación, se presenta una detallada explicación acerca de dicho software.

SIMESSEN (Simulación de Escenarios Energéticos) es una herramienta computacional que utiliza un enfoque centralizado para analizar diferentes alternativas energéticas hacia una transición energética sostenible de un área, una región o un país. Explora el impacto de soluciones sostenibles en la hoja de ruta de energía de la región. SIMESSEN compara dos escenarios de energía a nivel macro, Business As Usual (BAU) y un escenario de energía exploratoria basado en energías renovables. Compara la evolución del contexto energético teniendo en cuenta la combinación de energía real del área, la que existe en ese momento, con un escenario HRES (Sistemas Híbridos Renovables) basado en la generación distribuida de energía renovable. El escenario HRES explora el impacto de aumentar la contribución de fuentes renovables en la región mediante sistemas híbridos renovables distribuidos. SIMESSEN permite analizar dos rutas alternativas para identificar los factores clave y cuantificar la contribución de las fuentes renovables para alcanzar un objetivo sostenible [49].

La metodología que tiene lugar en SIMESSEN se puede observar en la siguiente figura:



**Ilustración 9: Metodología SIMESEN [49]**

Esta metodología se basa en un modelo lineal que relaciona la demanda con las posibles contribuciones de cada fuente de energía primaria y electricidad. Proporciona la evolución de cada una de estas contribuciones y sus emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> para analizar una serie de variables de energía. Se tienen en cuenta las siguientes variables:

Variable	Definition
$P(t)$	Population
$GDP(t)$	Gross domestic product
$TEP(t)$	Total Primary Energy
$EP(t)$	Evolution of the primary energy demand for each source: $i = 1$ (coal); $i = 2$ (oil); $i = 3$ (natural gas); $i = 4$ (renewable); $i = 5$ (nuclear); $i = 6$ (electricity generation)
$DA(t)$	Evolution of the final energy demand from each sector: $j = 1$ (transport); $j = 2$ (industrial); $j = 3$ (residential); $j = 4$ (services); $j = 5$ (agricultural and fishing); $j = 6$ (electricity generation)
$TDA(t)$	Evolution of total final energy demand from each sector
$TEF(t)$	Evolution of total final energy consumption
$DR(i,j,t)$	Evolution of the percentage of each source of energy ( $i$ ) in the demand of a particular sector ( $j$ )
$TEM(t)$	Evolution of total CO <sub>2</sub> emissions
$EM(i,j,t)$	Evolution of the CO <sub>2</sub> emissions due to the use of a particular source of energy ( $i$ ) in a demand sector ( $j$ )
$SEM(t)$	Evolution of the total CO <sub>2</sub> emissions from sector $j$
$CEM(i,j)$	Emission coefficients due to the energy ( $i$ ) use in the sector ( $j$ )
$R(j,t)$	Growth rate evolution for the energy demand in the sector ( $j$ ) and for the population ( $j = 7$ ) and the GDP in $j = 8$ .

**Ilustración 10: Variables en SIMESEN [49]**



En este tipo de análisis, a menudo se usan ritmos de variación anuales, para lo cual se define el vector  $R(j, t)$ . La evolución de las variables independientes, que son las demandas energéticas de cada sector, puede definirse mediante leyes matemáticas predeterminadas. Las siguientes ecuaciones representan la relación matemática entre ellas:

$$\begin{aligned}
 TDA(j, t) &= \sum_i DA(i, j, t) \\
 DR(i, j, t) &= \frac{DA(i, j, t)}{TDA(j, t)} \\
 EP(i, t) &= \sum_j DA(i, j, t) \\
 TEP(t) &= \sum_i EP(i, t) \\
 TEF(t) &= \sum_{j=1}^5 TDA(j, t) \\
 EM(i, j, t) &= DA(i, j, t) * CEM(1, j) \\
 SEM(j, t) &= \sum_i EM(i, j, t) \\
 TEM(t) &= \sum_j SEM(j, t)
 \end{aligned}$$

**Ilustración 11: Ecuaciones entre variables de SIMESSEN [49]**

### 3.7. MÓDULO 7: MODELADO (ANÁLISIS MICRO-ENERGÉTICO)

El segundo paso a dar dentro de la fase de procesado de datos es el modelado energético. A través de la planificación energética en el 3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético), se han determinado los escenarios energéticos futuros exploratorios con datos energéticos a un nivel macro. En este apartado se tratará el “cómo” alcanzar dichos datos. SIMESSEN proporcionará datos energéticos de una manera global y sin determinar de qué manera ni si se corresponde con la realidad dicho escenario sostenible. Es en este punto donde entra el modelado, el análisis micro-energético: ¿qué tecnologías se instalan?, ¿de cuánta potencia?, ¿es posible responder a los datos macro?

Dicho de otro modo, el modelado se encarga de llevar los escenarios sostenibles propuestos a la realidad, de dimensionarlos. Siempre teniendo en cuenta los inputs estudiados (demanda energética, recursos y tecnologías disponibles) y los escenarios del 3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético). Para llevar esto a cabo, es recomendable apoyarse en una herramienta computacional que utilice los inputs para proponer distintos sistemas híbridos que respondan a los datos introducidos.

En el caso de esta metodología, se usará HOMER [50] como herramienta que determine qué tecnologías utilizar y en qué medida. Pero resulta igualmente conveniente utilizar otros softwares que realicen la misma función. Dependiendo de los objetivos y características de cada caso de aplicación, se mostrarán los resultados de modulación que sean más adecuados.

HOMER es una herramienta computacional que permite desarrollar simulaciones del comportamiento de sistemas híbridos teniendo en cuenta factores técnicos, ambientales y económicos considerando diferentes escenarios y cambios en parámetros operacionales.

El objetivo de usar este software es diseñar un sistema de energía pequeño que consiga abastecer la demanda del área de estudio, para cada escenario sostenible propuesto en SIMESSEN. HOMER nos proporcionará las soluciones más rentables y permitirá añadir restricciones para contar con una mínima contribución de energías renovables en el total de la producción energética.

En cuanto al funcionamiento del software, el primer paso a realizar es la introducción de datos en el programa. La información necesaria para el modelado es la siguiente:

- Caracterización de la demanda (eléctrica y térmica)
- Componentes del sistema y caracterización de las tecnologías
- Caracterización de los recursos energéticos (radiación solar, viento...)
- Restricciones de la aplicación (técnicas, económicas, de operación, legales...)

Una vez disponemos de todos los inputs, HOMER se dispone a simular la operación de un sistema llevando a cabo cálculos del balance de energía para cada una de las 8.760 horas del año. Para cada hora, HOMER compara la demanda eléctrica y térmica en dicha hora, con la energía que el sistema pueda suministrar en dicha hora, y calcula los flujos de energía, para y desde cada componente del sistema.

Para los sistemas que incluyen baterías (u otro sistema de almacenamiento) o generadores a base de combustible, HOMER también decide para cada hora cómo operan los generadores y si se cargan o descargan las baterías.

HOMER realiza estos cálculos de balance de energía para cada configuración de sistema que se quiera considerar. Entonces determina si la configuración es factible, es decir, si puede o no satisfacer la demanda eléctrica bajo las condiciones que se especifiquen, y estima el coste de instalación y operación del sistema durante el tiempo de vida del proyecto.

Después de la simulación de todas las posibles configuraciones del sistema, HOMER lleva a cabo una optimización del sistema deseado desplegando una lista de configuraciones, ordenadas por costo neto presente, que se puede utilizar para comparar las opciones del diseño del sistema.

Por último, es de relevancia resaltar que el programa permite definir variables sensibles como datos de entrada. Cuando esto ocurre, HOMER repite el proceso de optimización para cada variable sensible que se especifique. Por ejemplo, si se define la velocidad del viento como una variable sensible, HOMER simulará las configuraciones del sistema para el rango de velocidades de viento que se especifiquen.

### **3.8. MÓDULO 8: PROPUESTAS**

Una vez terminada la simulación con HOMER, los diferentes escenarios han sido adaptados a una instalación híbrida. El siguiente y último paso se trataría de elegir entre las distintas propuestas establecidas para luego implementar un sistema híbrido en la región estudiada.

En este apartado, los resultados serán mostrados de una manera esquemática, visual y comparativa con el propósito de facilitar la elección a la entidad correspondiente que quiera invertir en la mejora de la gestión energética del emplazamiento.

En los resultados se mostrarán mapas que permitan visualizar la información útil: las ubicaciones de las demandas energéticas, de los recursos renovables y de la instalación híbrida a implementar. De esta manera, se plasmará de una manera visual los puntos de consumo, los potenciales energéticos y los puntos de suministro.

Cabe remarcar, que en el 3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético) y 3.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético) se han implementado propuestas al elegir los posibles escenarios y tecnologías en los sistemas híbridos. Estas propuestas se dividen, entonces, en 2 tipos y se repasarán más detallada y esquemáticamente en este apartado.

1. Propuestas macro: realizadas en el 3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético) e implementadas en los escenarios exploratorios de SIMESSEN. Se basan en enfoques globales desplazándose hacia los objetivos establecidos. Por ejemplo, si se desea cumplir los objetivos energéticos impuestos por el Protocolo Kioto [51], las propuestas tomarán un rumbo específico en este sub-apartado.
2. Propuestas micro: realizadas en el 3.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético) e implementadas en las simulaciones de sistemas híbridos de HOMER. Se basan en la elección de tecnologías para el dimensionamiento de los escenarios sostenibles.

A continuación del módulo 8, el siguiente paso (necesario para llevar a la realidad todo lo estudiado previamente) es el diseño técnico de la propuesta elegida. Un análisis técnico minucioso con datos más cercanos a la realidad que contemple la instalación y diseño detallado del sistema híbrido propuesto sería necesario. No obstante, esta etapa queda fuera de la planificación territorial y, por tanto, del alcance de este trabajo.



## **CAPÍTULO 4. CASO DE APLICACIÓN**

Habiendo expuesto anteriormente la metodología de este trabajo, a continuación, se dispone a aplicar este procedimiento a un caso real en la Marina Real de València. Cada uno de los módulos descritos de manera general y flexible para facilitar un ancho rango de aplicaciones, será adaptado en esta sección a un caso concreto.

### **4.1. MÓDULO 1: PROPÓSITO Y SIGNIFICADO**

El objetivo de añadir a este trabajo un caso de aplicación es doble. Por una parte, presentar un ejemplo de aplicación de la metodología expuesta previamente para un mayor entendimiento de su procedimiento. Por otra parte, estudiar el caso de la Marina Real de València y sus necesidades energéticas para proponer soluciones que fomenten una gestión energética más sostenible. De esta manera, la entidad responsable de este espacio, el Consorcio, podrá contar con una primera toma de contacto que le permita profundizar y emprender un nuevo proyecto hacia un futuro con energías renovables y autoconsumo. Cabe resaltar que, aunque ser autosuficiente es una prioridad para la Marina, el camino hacia este objetivo se emprenderá sólo en el marco de las energías renovables reduciendo así la huella de carbono.

#### **Contextualización de la zona de estudio**

El origen de la Marina es el de un pequeño varadero al lado del puerto de València. A finales del siglo XV se construyó el Pont de Fusta y, con el tiempo, se levantaron los astilleros, los diques, los tinglados y todo un legado arquitectónico modernista.

Actualmente, la Marina es situada en el mapa mundial del turismo náutico, gracias a que en el año 2007 acogió la celebración de la 32ª America's Cup y se construyó un pantalán para megayates y un conjunto de edificios para acoger participantes y trabajadores del evento. Para promover la candidatura como sede de la 32ª America's Cup, la Administración General del Estado, la Generalitat Valenciana y el Ayuntamiento de València crearon el Consorcio València 2007, un organismo que se ocupó también de ejecutar las actuaciones necesarias para la competición deportiva [52].

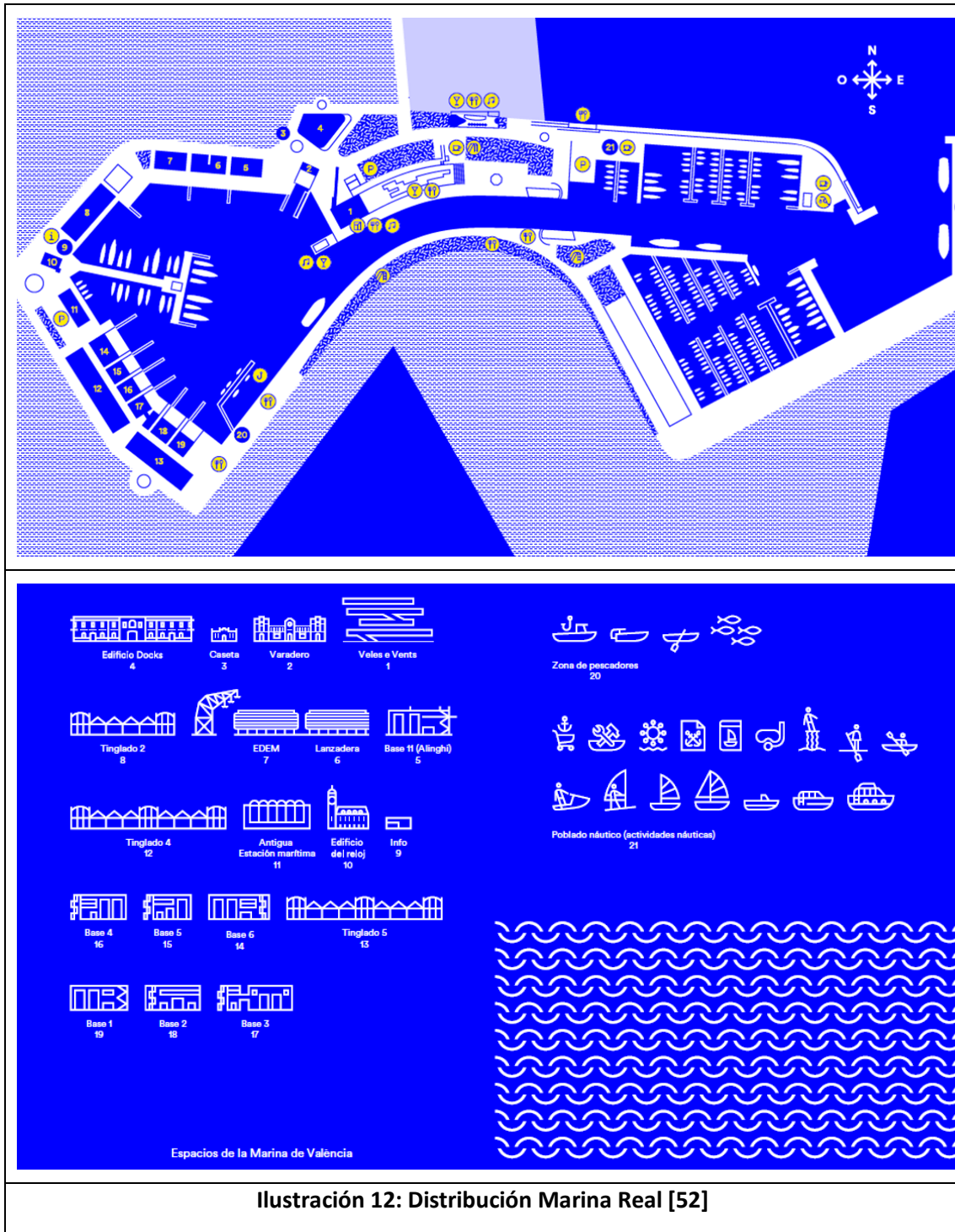
A pesar de haber acogido varios grandes eventos (dos ediciones de dicha Copa América y cinco ediciones del Gran Premio de Europa de F1), la Marina quedó en un estado de abandono como efecto de la crisis económica y los problemas de endeudamiento [52].

A día de hoy, las instalaciones son usadas mayoritariamente como puerto deportivo, oficinas y sede de grandes eventos. Pero el Consorcio València 2007 ha empezado a movilizarse para dar un uso a las instalaciones vacías y construir un espacio común para la convivencia [52].

El proceso de transformación emprendido incorporará los aspectos sociales, económicos y medioambientales de la sostenibilidad reduciendo el desempleo, la exclusión social y los

problemas medioambientales. En lo que concierne a este trabajo, la Marina tiene intención de desarrollar un plan de sostenibilidad energética que abarca la gestión y la eficiencia, por lo que este proyecto será una primera toma de contacto para luego llevar a cabo un estudio más profundo y detallado [52].

Actualmente, la Marina Real consta de la distribución mostrada en las siguientes figuras:



**Ilustración 12: Distribución Marina Real [52]**

Para finalizar esta presentación del emplazamiento a estudiar, cabe destacar las superpuestas responsabilidades sobre edificios y recursos de la Marina, que implican a diversas entidades operando en el mismo lugar.

El espacio de la Marina forma parte del Puerto de València que está gestionado por la Autoridad Portuaria de València, a su vez dependiente del Ministerio de Fomento. Sin embargo, se cede la gestión del espacio de la Marina al Consorcio 2007. El Consorcio, al mismo tiempo, está formado por la Administración General del Estado, la Generalitat Valenciana y el Ayuntamiento de València (como se ha mencionado previamente). Además, hay diversos edificios dentro de la Marina gestionados por otras entidades. Como es el caso de la Lanzadera, Veles e Vents, los restaurantes, etc.

## **4.2. MÓDULO 2: PROCEDIMIENTO**

El esquema metodológico de la planificación territorial será empleado en el caso de estudio de la Marina de València. Se seguirán los mismos pasos mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** pero de una manera aplicada y ceñida a la realidad de las instalaciones a estudiar. Llevando a la práctica la metodología, se facilitará la comprensión sobre cómo se relacionan los módulos entre sí. La labor de procesamiento de inputs para obtención de outputs cobrará valor porque es en la etapa de implementación donde los obstáculos y las limitaciones surgen.

En este caso de aplicación, los dos softwares expuestos previamente serán usados en la etapa de procesamiento de los inputs por familiarización, conocimiento y accesibilidad. No obstante, esto no es un requisito de la metodología ya que existen diversas herramientas adecuadas de igual modo para el procesamiento.

## **4.3. MÓDULO 3: DEMANDA DE ENERGÍA**

Si se desea proponer maneras de gestionar energéticamente la Marina Real de València usando energías renovables para apostar por un futuro más sostenible, un paso importante a realizar es el estudio de la demanda energética. En este apartado se presentarán los datos energéticos recopilados del emplazamiento a estudiar y el correspondiente análisis de los consumos para obtener uno de los grupos de inputs necesarios para el siguiente paso del esquema metodológico: el procesamiento. Así pues, el módulo 3 se dividirá en 2 apartados:

### **1. Recopilación de datos**

Antes de iniciar la presentación de datos, es significativo comentar que el acceso a la información de consumos energéticos ha sido limitado debido a la superposición de entidades y organismos en la Marina mencionados en el 4.1. Módulo 1: propósito y significado. Por este motivo algunos datos no se han podido obtener, contrastar o confirmar.

Dicho esto, la adquisición de datos se ha realizado vía teléfono, correo electrónico y mediante una visita a las instalaciones de la Marina en la que hubo una reunión con algunos empleados del Consorcio y de las empresas de mantenimiento. La estructura y seguida en este apartado para organizar la obtención de datos es la siguiente:

1. Esquematización de la información a obtener: donde se sintetizan los datos necesarios para el estudio de la demanda energética de la Marina con el objetivo de organizar la información y evitar omisiones.
2. Información recibida vía correo electrónico.

3. Información recibida en la visita.
4. Casación de la información demandada y la proporcionada: esta sección funciona como un puente entre la información pedida a la Marina y la ofrecida. De esta manera, saldrán a la luz las estimaciones que será necesario realizar al igual que se determinará el nivel de detalle al que el estudio de la demanda tiene acceso, es decir, cuán realistas serán los inputs que salgan como respuesta al análisis de la información proporcionada en relación a la demanda energética de la Marina Real.

### Esquemmatización de la información a obtener

Antes de realizar la visita a las instalaciones y la reunión con los técnicos responsables, se redactó la siguiente ordenación de datos a obtener previamente o durante la visita a la Marina Real:

1. Consumos energéticos de todo tipo: electricidad, combustibles, calderas, diésel en los coches de la Marina y de mantenimiento, diésel en los barcos de la Marina, renovables y en el caso de que haya algún taller con maquinaria especial también saber los consumos específicos.
2. Electricidad: establecer con los datos de consumo qué centros de transformación (CTs) tienen más consumo acumulado a lo largo del año.
3. Qué tipo de consumo hay en los CTs de más consumo y en qué cantidad. Clasificación:
  - a) Alumbrado: tipo de luz, interior/externo, potencia y uso horario.
  - b) Fuerza: qué está enchufado (neveras, ordenadores, cafeteras, climatización no centralizada, etc.), uso horario y potencia.
  - c) Trabajo: información sobre maquinaria como puentes, puentes grúa, bombas hidráulicas, grúas o monta cargas. Información: potencia, factor de potencia, trifásica, mantenimiento, etc.
  - d) Climatización: tipo de consumos, verano/invierno, centralizado/no centralizado, gestionado despacho a despacho/no gestionado despacho a despacho y potencias.
4. Ubicar en el plano estos consumos principales dentro de los CTs, es decir, indicar dónde va la energía.
5. Oportunidades de eficiencia y renovables: orientación, iluminación natural, aislamiento térmico y puntos de fuga, superficies en tejados, energías residuales, geotérmica, eficiencia en equipos, hábitos y señalización para una gestión eficiente.

### Información recibida vía correo electrónico

Los documentos recopilados vía email a través del Consorcio son los siguientes:

- Consumo por CT mensual del año 2016 (último año del que se tienen datos completos), incluido en el Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh
- Facturas eléctricas mensuales del año 2016
- Consumos eléctricos horarios de algunos CT durante el año 2016. A partir de éstos, es posible obtener la curva de carga media diaria.
- Destino de los consumos eléctricos en cada centro de transformación (amarres, restaurantes, edificios, alumbrado público, etc.)
- Listado técnico del alumbrado público, incluido en el Anexo 2. Alumbrado público
- Mapas de las instalaciones (con información acerca de los centros de transformación y cuadros eléctricos) y un mapa CAD



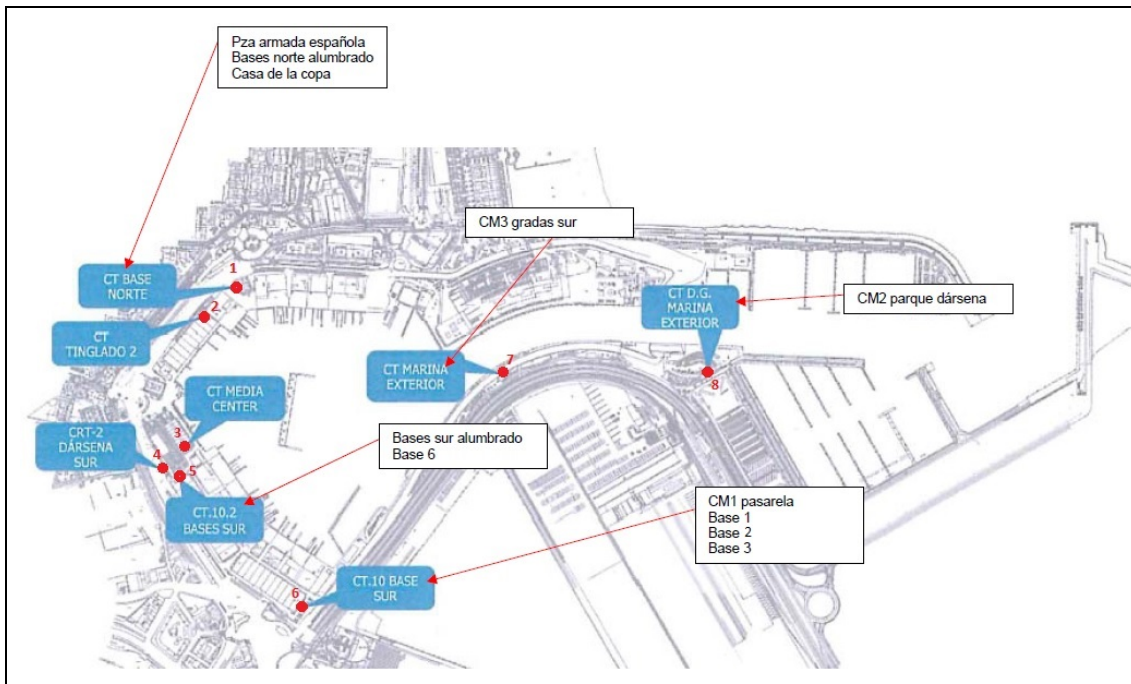
## Información recibida en la visita

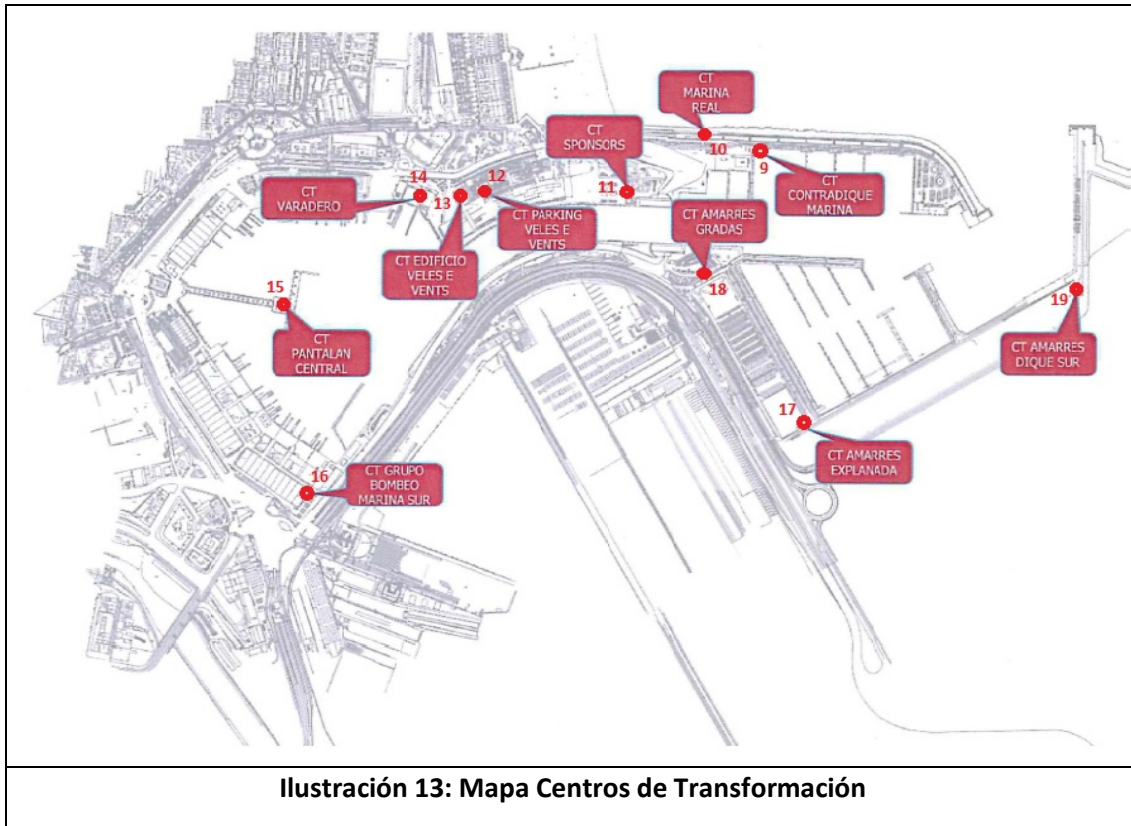
El día 09/11/17 se realizó una visita a las oficinas del Consorcio en la Marina Real de València. En esta visita se transmitieron los puntos de la ordenación anterior al personal responsable y se recopiló la siguiente información:

### *Electricidad*

Hay un anillo eléctrico que suministra a la Marina en media tensión. Desde este anillo, diversos transformadores transforman la energía de media tensión (MT) a baja tensión (BT). Desde cada transformador parten redes eléctricas menores que distribuyen a los diferentes puntos de consumo. En la siguiente figura, los cuadros azul y rojo se diferencian por la entidad que suministra a los centros de transformación (CT). Los azules serían los CT que gestiona Iberdrola y los rojos los que gestiona el Consorcio. Todo esto a grosso modo porque en la práctica hay consumos del Consorcio en los CT azules, y hay consumos en los CT rojos que no gestiona el Consorcio. Se tendrán todos en cuenta para el análisis del consumo eléctrico.

Previamente a la visita, se habían enumerado los diferentes CT en los mapas proporcionados vía email:





**Ilustración 13: Mapa Centros de Transformación**

Además, con la información proporcionada de los consumos mensuales por CT mensuales, se halló los CT de mayor consumo anual: el CT 10 (Marina Real), el CT 9 (Contradique Marina), el CT 12 (Parking Veles e Vents), el CT 13 (Edificio Veles e Vents) y el CT 15 (Pantalán Central). Los CT 17, 18 y 5 también tienen unos consumos relativamente elevados.

Aclarado esto, el personal técnico se dispuso a comentar los puntos de consumo que alimentan los CTs con mayor consumo anual.

- CT 10: suministra electricidad al alumbrado del dique norte y a algún consumo de restaurantes como el Panorama.
- CT 9: suministra electricidad al alumbrado cercano, las torretas para los amarres, una serie de casetas, el pantalán norte, una oficina de capitanía y los proyectores nocturnos que están cerca del CT 11 pero en la práctica se conectan al 9.
- CT 18 (Amarres Gradadas): suministra electricidad al alumbrado cercano, las torretas para los amarres y también gradas (eventos y conciertos que puede tener mucho consumo). Además, lleva bombas de vacío. Hay tres bombas de vacío cerca de: CT 10, CT 15 y CT 18. Las bombas de vacío son para succionar las aguas negras de los barcos: aguas residuales, de limpieza, maquinaria, etc.
- CT 15: es donde atracan los grandes barcos. Las torretas que alimentan a los amarres de las embarcaciones disponen de enchufes desde 125 amperios (A) hasta 400 A. La energía se emplea en los amarres.
- CT 17 (Amarres Explanada): suministra electricidad al alumbrado cercano y a las torretas para los amarres.
- CT 12: la mayoría de su consumo es alumbrado y las variaciones vendrán dadas por los diferentes eventos que puedan tener lugar en la Marina o específicamente en el edificio Veles e Vents.

- CT 13: suministra el edificio Veles e Vents. Los responsables entrevistados no tienen mucho conocimiento acerca del edificio de Veles e Vents porque no llevan el mantenimiento, aunque sí pasa por el Consorcio la factura eléctrica. El mantenimiento corresponde a la empresa que alquila el edificio. El edificio de Veles e Vents tiene un CT propio por ser un gran consumidor. El personal del Consorcio intuye que el consumo será mayoritariamente para luz y climatización.

A parte del edificio Veles e Vents, también hay 2 grandes edificios en la Marina: la Lanzadera y el EDEM. Éstos tienen sistemas propios con CT propios por lo que sus consumos no pasan a través del Consorcio y el personal de la Marina no sabe muy bien cuánta y en qué se gasta la electricidad. Sin embargo, suponen que los consumos serán de climatización y alumbrado interno.

Como conclusión y de manera generalizada, el personal de mantenimiento de la Marina estima que la mayoría del consumo eléctrico es destinado al alumbrado público y a las torretas de los amarres.

### *Gas*

Algunas bases, estaciones y el edificio Veles e Vents tienen gas de línea. La Marina en su globalidad no tiene ningún sistema centralizado para calefacción. En el caso de ACS, no hay grandes consumos, y sólo disponen de algunas pequeñas calderas en sitios puntuales, pero casi todo es eléctrico. En cualquier caso, y comparando en términos de energía final con el consumo eléctrico, el consumo de gas es despreciable.

En el caso del Veles e Vents, el edificio consta de 2 calderas de 2000 l cada una, que son calentadas con el consumo de gas. Estos consumos de gas son contratados particularmente y no pasan a través de la gestión energética del Consorcio, por lo que tampoco será un dato relevante a tratar porque no se dispone de la información para hacerlo.

### *Especificaciones respecto los diferentes tipos de consumo*

Todas las torretas tienen toma de trifásico, pues los barcos así lo requieren. No obstante, hay algunas monofásicas. Todas las torretas tienen tomas Cetac de 16 A en adelante, hasta llegar a 400 A en el pantalán central. También tienen tomas Sucko de 16 A, pero con consumos no relevantes.

El alumbrado tiene sistemas de descarga de vapor de sodio o vapor de mercurio de entre 150 W y 400 W por báculo. Además, tienen unos sistemas denominados arrancadores. Estos últimos, son sistemas antiguos para unas instalaciones relativamente nuevas. Este sistema de lámparas y arrancadores tiene consumos muy altos y problemas de mantenimiento. Los datos de potencia, número y tipo de alumbrado público se han facilitado en el listado técnico enviado vía correo electrónico.

Respecto a grúas y maquinaria de trabajo, la Marina tiene el "travel lift" en las bases 1 2 y 4 que se usaban en la Copa América para sacar los barcos fuera del mar y hacer el mantenimiento. Están prácticamente en desuso porque ya no hay Copa América, de hecho, el del 4 se ha quitado ya y los demás no se usan.

### *Sobredimensionamiento*

Existe un factor que provoca que las cosas puedan variar mucho de un día para otro que son los grandes barcos que puedan amarrar o los grandes eventos (conciertos, ferias, etc.) con gran consumo de luz y sonido. Las instalaciones están muy sobredimensionadas porque así pueden dar gran suministro en caso de eventos puntuales de gran consumo.

### *Vehículos*

Ciertas entidades que gestionan el espacio de la Marina disponen de los siguientes vehículos. Toda la información que el Consorcio puede proporcionar es:

- El Consorcio: tiene 4 lanchas neumáticas propias (de las que solo saben que gastan 800 €/mes en combustible), 2 vehículos de transporte propios, una furgoneta y un automóvil.
- La empresa de mantenimiento: tiene 2 furgonetas, una plataforma elevadora y una carretilla elevadora (que gastan 500 €/mes de gasoil). Estas dos últimas son las que más consumen.
- La empresa que se encarga de los jardines: tiene 3 vehículos (camión, furgoneta y coche).
- La empresa de sistemas que llevan las cámaras de vigilancia a los accesos: tienen 2 vehículos y una plataforma elevadora.
- La empresa que se encarga de la seguridad: tiene un vehículo.
- La empresa que gestiona la limpieza de la Marina: tiene una bicicleta, un camión y una barredora.

### *Taller*

Hay un taller de mantenimiento que está en la base 6 que tiene un consumo pequeño comparado con el de los grandes CTs mencionados anteriormente.

### *Potencial de renovables*

La Marina no dispone de fuentes de energías residuales, como grandes focos de energía térmica. Por otro lado, respecto a la disponibilidad espacial para instalaciones solares (ya sea fotovoltaica o térmica), ciertos edificios tienen espacio libre en la cubierta y se ha mencionado la posibilidad de instalar marquesinas en los parkings al aire libre que sirvan como soporte de dichas placas. En cuanto a la energía eólica, hay una zona “de pescadores” cerca del CT 19 que tiene 10 m de ancho y un poco menos de 300 m de largo que podría ser utilizable. Cerca del CT 18 hay una gran explanada, pero se usa temporalmente para grandes eventos, por lo que no es una opción disponible en la actualidad.

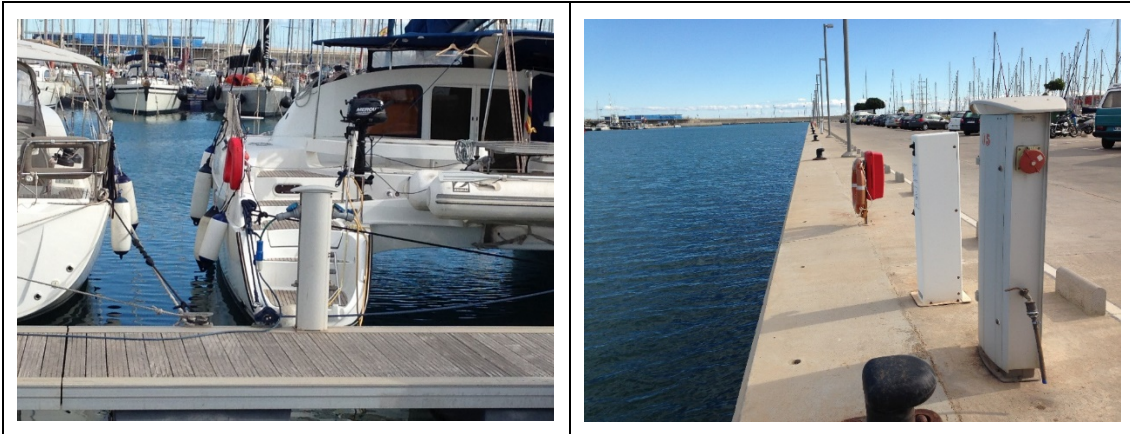
### *Eficiencia*

Se ha observado potencial de mejora sobre todo en el alumbrado público y luego en los edificios. Estos son relativamente modernos y cabría esperar que fueran más eficientes, pero tanto en el aislamiento, la iluminación, el acristalamiento, etc., se podrían implementar mejoras.

### *Fotografías*

En este apartado se mostrarán las fotografías tomadas de las instalaciones de la Marina que puedan ser de relevancia y resulten en un apoyo visual para la total comprensión de los sistemas de energía.





**Ilustración 14: Torretas en los amarres**





**Ilustración 15: Alumbrado**



**Ilustración 16: Edificio Veles e Vents**

**Ilustración 17: Casetas**



**Ilustración 18: Zona “de pescadores”**



**Ilustración 19: Parking exterior**



**Ilustración 20: Gasolinera**

### Casación de la información demandada y proporcionada

A continuación, se expondrá qué puntos de los expuestos en la esquematización requieren de estimaciones posteriores para su obtención:

1. Consumos energéticos de todo tipo:
  - a) Proporcionado: datos energéticos en cuanto al consumo eléctrico (curvas de carga, consumos mensuales, facturas...). Respecto al gas no se han proporcionado datos, pero sí se ha concluido junto con los gestores de La Marina, que es un consumo despreciable en términos relativos.
  - b) A estimar: el consumo total de los vehículos, sólo se dispone de una parte. Se estimará el consumo de diésel a través de referencias bibliográficas.
2. Electricidad:
  - a) Proporcionado: consumos mensuales de cada CT, con lo que se puede saber los que tienen un gran consumo.
  - b) A estimar: los consumos horarios totales, sólo se disponen algunos de los CTs de grandes consumos. Será necesario extrapolar.



3. Qué tipo de consumo hay:
  - a) Proporcionado: la destinación de los consumos en cada cuadro eléctrico y el listado técnico del alumbrado público.
  - b) A estimar: no se especifica el porcentaje de consumo destinado a cada tipo, sólo se saben qué tipos de consumos hay en cada CT. Por tanto, será necesario estimar con las curvas de carga de algunos CT y la potencia del alumbrado público, cuánta energía es consumida según el tipo de consumo (edificios, amarres, alumbrado...).
4. Ubicar los consumos:
  - a) Proporcionado: la destinación de los consumos en cada cuadro eléctrico y mapas de las instalaciones
  - b) A estimar: la ubicación de los amarres y otros puntos de consumo no especificados en los mapas
5. Oportunidades de eficiencia y renovables: se han observado potenciales de mejora con eficiencia energética y posibles ubicaciones para emplazar paneles solares. Sin embargo, al tratarse de un complejo tan amplio y con tal cantidad de edificios e instalaciones, que resulta extremadamente laborioso determinar una a una las oportunidades en cada sistema dentro de la Marina. Se tomará una perspectiva global en este punto.

## **2. Análisis de la información recopilada**

En la segunda etapa del módulo 3, una vez ya se ha obtenido la máxima cantidad de información relevante sobre los consumos energéticos de la Marina Real de València, el siguiente paso es analizar esta información para simplificar y reorganizar los datos así transformándolos en los inputs deseados.

En primer lugar, es importante distinguir entre las demandas energéticas provistas con electricidad y las provistas con algún tipo de combustible como el gas natural (para calentar agua) o el petróleo (para vehículos). Esto determinará qué tipo de tecnologías usar en el sistema híbrido propuesto y hacia qué tipo de escenarios energéticos encaminarse. Por ejemplo, si existe la demanda térmica cubierta con consumo de gas, sería coherente utilizar paneles termo-solares o energía geotérmica para cubrirla y así sustituir dicho consumo de combustible por una fuente renovable. Sin embargo, si no existiese demanda térmica, no tendría sentido aplicar estos recursos al caso de estudio.

En área de estudio de este caso de aplicación, existe una importante demanda eléctrica para diferentes tipos de usos. Sin embargo, la demanda térmica es despreciable y ha se ha decidido no tenerla en cuenta así centrándose exclusivamente en la parte eléctrica. A continuación, se expondrá una explicación fundamentada de los motivos para tomar dicha decisión:

- En el trabajo de campo se pudo identificar que los consumos de energía térmica eran efectuados por los restaurantes y algunos edificios, básicamente para cocinar, climatización y ACS. Sin embargo, los técnicos responsables con los que se efectuó la reunión el día de la visita de campo, como ya se ha adelantado, aclararon a este respecto que:
  - el Consorcio no tiene prácticamente consumo de gas, las entidades que gestionan edificios como Veles e Vents manejan sus propios contratos de gas y no se tramitan a través del Consorcio;



- no existe ninguna red de calefacción centralizada y los consumos de ACS o calefacción con gas que provenga del Consorcio son despreciables;
- el consumo energético es eléctrico prácticamente en su totalidad, y los grandes consumos se focalizan específicamente en el alumbrado público y en los amarres que alimentan eléctricamente a los barcos.
- El Consorcio no ha provisto facturas de gas, al no disponer de ellas, por lo que no hay información sobre la que efectuar cálculos energéticos. En todo caso, el consumo es despreciable comparado con el de electricidad. Más adelante se confirma esta simplificación.
- De este modo, en caso de actuar e implementar medidas en estas organizaciones que no dependen del Consorcio, sería necesario contar con su apoyo y hacer un estudio detallado de cada espacio con consumo térmico. Sin embargo, no se consideró dentro del ámbito del trabajo acudir a otros interlocutores porque no se contaba con la disposición de colaborar como era el caso del Consorcio desde el principio.

Es de suma importancia resaltar que, en la planificación energética territorial, es necesario considerar la posibilidad de que la solar térmica sustituya y ahorre este gas - que es un combustible fósil - pero se ha dejado fuera del ámbito de estudio para otra futura revisión de este trabajo.

Por otro lado, a pesar de no considerar los consumos térmicos, sí se tendrán en cuenta los consumos de diésel y gasolina de los vehículos internos de la Marina comentados en la visita porque éstos sí dependen del Consorcio y se ha proporcionado algo de información al respecto de manera que es posible estimar el consumo. Además, las medidas de sustitución de los vehículos tradicionales por eléctricos son de fácil implementación y cuentan con gran visibilidad de cara al público; cosa que beneficiaría a la entidad según su nuevo enfoque renovador y de gestión sostenible en la Marina.

### Consumo de combustible para vehículos

Los pasos seguidos para determinar dicho consumo de diésel y gasolina empleados en la movilidad de los trabajadores internos de la Marina a lo largo del año se han expuesto a continuación.

Como la información proporcionada por el Consorcio era existente pero limitada, se han hecho las siguientes estimaciones:

- El consumo de un coche por ciudad es de 7 l/100 Km [53]
- El consumo de una furgoneta por ciudad es de 9 l/100 Km [54]
- El consumo de una camioneta por ciudad es de 12 l/100 Km [55]
- Los vehículos terrestres utilizados por el personal de la Marina Real recorren una media de 20 Km/día teniendo en cuenta que el espacio de la Marina suma 5 Km de recorrido de punta a punta.

En cuanto a los precios de combustibles tomados son los siguientes [56]:

- Gasolina: 1,24 €/l
- Diésel: 1,22 €/l

Sabemos que hay 4 lanchas neumáticas que gastan 800 €/mes en gasolina, lo que se traduce (teniendo en cuenta el precio de la gasolina mostrado previamente) en 645,16 l de diésel al mes. En un año serían 7.741,94 l.

En cuanto a la plataforma y la carretilla elevadora de mantenimiento, la información proporcionada es que junto con 2 furgonetas consumen un total de 500 €/mes en diésel. Como podemos calcular el consumo anual de las 2 furgonetas con los datos estimados previamente, se obtendrá el gasto de la carretilla y la plataforma:

2 furgonetas consumen 9 l/100 Km cada una y recorren 20 Km/día cada una. Lo que hace un total de 72 l/mes entre las dos. Teniendo en cuenta el precio del diésel, se obtienen 88 €/mes de consumo de las furgonetas. Esto significa que 412 €/mes van destinados al consumo de la carretilla y la plataforma y, suponiendo que se reparte a partes iguales, el gasto en litros será de 168.85 l/mes.

La última suposición a realizar es que un año consta de 249 días laborales [57] y que la barredora del equipo de limpieza de la Marina consume combustible como una furgoneta.

Ahora que ya están todas las suposiciones y estimaciones hechas, el siguiente paso es elaborar una tabla de consumos de vehículos:

Vehículo	Combustible	Consumo anual
Lancha neumática	Gasolina	1.935,5 l
Lancha neumática	Gasolina	1.935,5 l
Lancha neumática	Gasolina	1.935,5 l
Lancha neumática	Gasolina	1.935,5 l
Furgoneta	Diésel	448,2 l
Coche	Diésel	348,6 l
Furgoneta	Diésel	448,2 l
Furgoneta	Diésel	448,2 l
Plataforma elevadora	Diésel	2.026,2 l
Carretilla elevadora	Diésel	2.026,2 l
Camioneta	Diésel	597,6 l
Furgoneta	Diésel	448,2 l
Coche	Diésel	348,6 l
Coche	Diésel	348,6 l
Coche	Diésel	348,6 l
Plataforma elevadora	Diésel	2.026,2 l
Coche	Diésel	348,6 l
Camioneta	Diésel	597,6 l
Barredora (furgoneta)	Diésel	448,2 l

**Tabla 1: Consumo vehículos de la Marina**

Resumiendo, existe un consumo anual de gasolina de 7.741,94 l y de diésel de 11.257,8 l. Estos números deben transformarse de litros a tep. Haciendo uso de los factores de conversión de la Comunidad Valenciana [58], es conocido que para la gasolina el factor es de 1,07 tep/Tm y para el gasóleo de 1,035 tep/Tm. En cuanto a las densidades de ambos combustibles [59], la gasolina cuenta con 0,7 kg/l y el gasóleo con 0,85 kg/l.

Por lo que se tienen 5,8 tep de gasolina y 9,9 tep de diésel anuales, es decir 15,7 tep de petróleo para transporte.

## Consumo eléctrico

El próximo paso a dar es analizar el consumo eléctrico, lo cual es una tarea compleja y muy variante de un caso a otro pues depende en gran medida de la instalación estudiada y los datos disponibles. Al tratarse la Marina de un complejo de edificios y otro tipo de instalaciones como los amarres, resulta de gran complejidad realizar un estudio detallado de cada sistema energético como sería lo deseable según se ha comentado en la Esquematización de la información a obtener. Sería necesario realizar una auditoría energética del emplazamiento, lo cual está fuera del alcance de este proyecto.

Por otro lado, cabe mencionar que en este apartado se han realizado estimaciones aproximadas y con una perspectiva global y holística – sin entrar en mucho detalle – porque el Consorcio no dispone de estudios actualizados con catálogos técnicos sobre todos los sistemas energéticos en las instalaciones que incluyan las potencias de los equipos, los usos horarios, tipología, etcétera. Además, se aplica el principio de Pareto que recomienda centrarse en el (aproximadamente) 20% de las causas de (aproximadamente) 80% de los efectos relevantes. Es decir, este TFM se ocupa aproximadamente del 20% de los consumos que acumulan aproximadamente el 80% del consumo total de energía tep en la Marina.

Para poder llegar a conclusiones aplicadas al área de estudio es de suma importancia evaluar cómo se dividen los consumos eléctricos dentro de esta sección. En primera instancia, como se ha expuesto previamente, la clasificación de consumos eléctricos contemplaba cuatro categorías: iluminación, clima, fuerza y trabajo. Sin embargo, con el objetivo de ceñirse más al perfil de infraestructuras con consumo energético de la Marina Real, conviene modificarlas y adaptarlas.

Por una parte, la sección de trabajo desaparece porque, como se aclaró en la visita, ese tipo de consumo es nulo o despreciable en términos relativos. Por otra parte, la sección de alumbrado se convierte en alumbrado público exclusivamente a causa de los datos más específicos proporcionados de estos sistemas vía email. Además, la sección de fuerza pasa a ser exclusivamente de amarres por el gran peso en cuanto al consumo eléctrico que éstos suponen. Y, finalmente, el resto de consumos incluidos en las secciones de alumbrado, fuerza y clima (alumbrado interno, electrodomésticos, ordenadores, climatización...) pasan a formar parte de una nueva sección: edificios.

Cabe concretar que en el caso del CT “Parking Veles e Vents” la tipología será de parking en vez de edificios, pues el consumo es mayoritariamente iluminación interna 24 horas y eso difiere del perfil general de un edificio. Además, se ha añadido un apartado de “otros” que engloba pequeños consumos de diferentes ramas que no son relevantes.

De esta manera, en lugar de desglosar los consumos eléctricos según si son alumbrado, fuerza, trabajo o clima; se desglosarán según sean alumbrado público, amarres, edificios o parking. Esta clasificación resultará muy útil cuando se hable de eficiencia energética más adelante. Por ejemplo, dependiendo de si la electricidad está siendo consumida en un edificio o en alumbrado público, el porcentaje de consumo que podría ser ahorrado a través de medidas de eficiencia será mayor o menor.

Para poder organizar los consumos eléctricos en los tipos especificados, se ha utilizado la documentación proporcionada por el Consorcio. Ésta constaba de los siguientes ficheros:

1. Inventario de luminarias públicas en el área de la Marina Real que expone la siguiente información: número de luminarias, tipología, potencia y ubicación.
2. Centros de transformación con sus consumos finales.
3. Curvas de carga de los consumos anuales de los centros de transformación más importantes,

El archivo que proporciona una perspectiva global del consumo eléctrico contiene una tabla con los consumos mensuales de cada CT durante el año 2016 la cual puede observarse en el Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh. En dicha tabla, algunos CTs aparecen desglosados. Para ser coherentes, este desglose se numerará acorde a la numeración asignada en la Ilustración 13: Mapa Centros de Transformación de la siguiente manera:

1. CT Base Norte
  - 1.1. Plaza Armada Española
  - 1.2. Bases Norte Alumbrado
  - 1.3. Casa de la Copa
2. CT Tinglado II
3. CT Media Center
4. CT Dársena Sur
5. CT Bases Sur 10.2
  - 5.1. Bases Sur Alumbrado
  - 5.2. Base 6
6. CT Base Sur 10
  - 6.1. CM1 Pasarela
  - 6.2. Base 1
  - 6.3. Base 2
  - 6.4. Base 3
7. CT Marina Exterior
  - 7.1. CM3 Gradass
8. CT D.G. Marina Exterior
  - 8.1. CM2 Parque Dársena
9. CT Contradique Marina
10. CT Marina Real
11. CT Sponsors
12. CT Parking Veles e Vents
13. CT Edificio Veles e Vents
14. CT Varadero
15. CT Pantalán Central
16. CT Grupo Bombeo Marina Sur
17. CT Amarres Explanada
18. CT Amarres Gradass
19. CT Amarres Dique Sur

Utilizando el fichero 2 que determina la destinación de cada centro de transformación según dónde se consume la electricidad (restaurantes, amarres, etcétera), es posible agrupar los CTs utilizando la clasificación anterior. Sin embargo, en algunos CTs resulta complicado saber qué tipo de consumo predomina más y resulta de gran utilidad realizar gráficas que representen la curva de carga diaria de media para visualizar el perfil de consumos. Este recurso solamente podrá ser utilizado para los CTs de los cuales se han proporcionado los consumos horarios para

todo el año 2016, que son los siguientes: el CT “Pantalán central”, el CT “Contradique Marina”, el CT “Amarres-gradas” el CT “Amarres-explanada” y el CT “Edificio Veles e Vents”.

En primer lugar, se mostrará la clasificación de CTs según el tipo de consumo predominante que tengan. La palabra “mix” significa que no disponen de consumos predominantes y habrá que recurrir a la curva de carga o estimarlo. La palabra “otros” significa que son consumos minoritarios o desconocidos que no entran dentro de la clasificación establecida pues no se tendrán en cuenta bajo la perspectiva generalizada que se está tomando. La tabla se muestra en el Anexo 4. Tipo de consumo según el CT.

**Teniendo en cuenta dicha tabla, se analizarán las curvas de carga disponibles para concretar los casos “mix” y confirmar los que no son “mix”. Pero resulta conveniente mostrar previamente los cálculos de potencia destinada al alumbrado público según qué CT. Estos cálculos se han realizados a partir del listado técnico del alumbrado público facilitado, disponible en el Tabla 10: Consumos eléctricos 2016**

Anexo 2. Alumbrado público. Una vez calculada la potencia, también es posible hallar la energía anual consumida en alumbrado público tomando una media de las horas sin luz de cada estación del año.

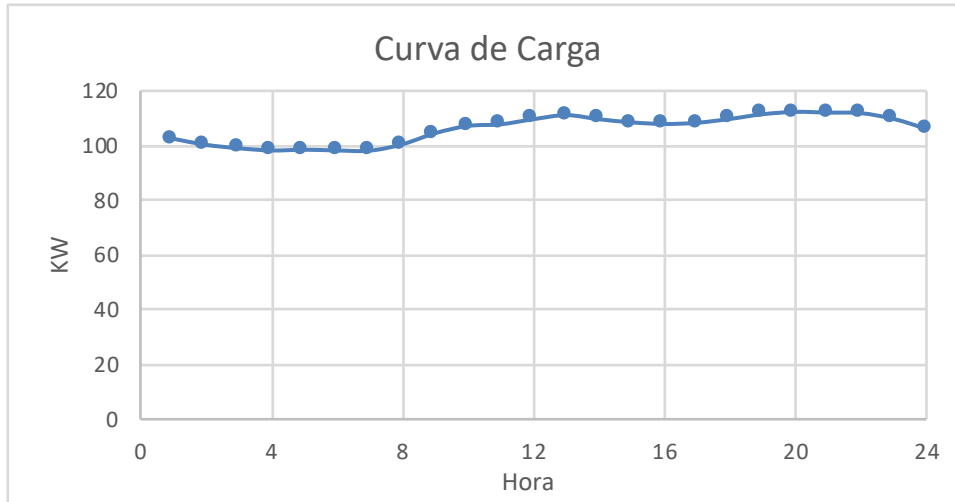
De esta manera, se ampliará la información disponible y se facilitará la clasificación según el tipo de consumo. Es más, se podrá distinguir el consumo destinado a alumbrado público de cada CT para ofrecer unas consideraciones más aproximadas a la realidad. A continuación, se muestra la tabla con los cálculos finales:

CT	kW	MWh/año
<b>1.2. Bases Norte Alumbrado</b>	16,60	74,22
<b>1.3. Casa de la Copa</b>	4,17	18,65
<b>5.1. Bases Sur Alumbrado</b>	19,74	88,26
<b>6.1. CM1 Pasarela</b>	8,68	38,83
<b>7.1 CM3 Gradass Sur</b>	8,68	38,83
<b>9. Contradique Marina</b>	39,50	176,61
<b>8.1 CM2 Parque Dársena</b>	2,38	10,65
<b>10. Marina Real</b>	3,45	15,43
<b>12. Parking Veles e Vents</b>	38,46	171,98
<b>14. Varadero</b>	4,32	19,32
<b>15. Pantalán Central</b>	2,75	12,28
<b>17. Amarres Explanada</b>	33,35	149,12
<b>18. Amarres Gradass</b>	5,16	23,09

**Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público**

En segundo lugar, una vez se han presentados ambas tablas, el siguiente paso es analizar las curvas de carga de los CTs mencionados anteriormente. Estas curvas de carga expresan los consumos medios diarios, distinguidos por horas, para el año 2016 (último año del que se tienen datos recopilados y procesados).

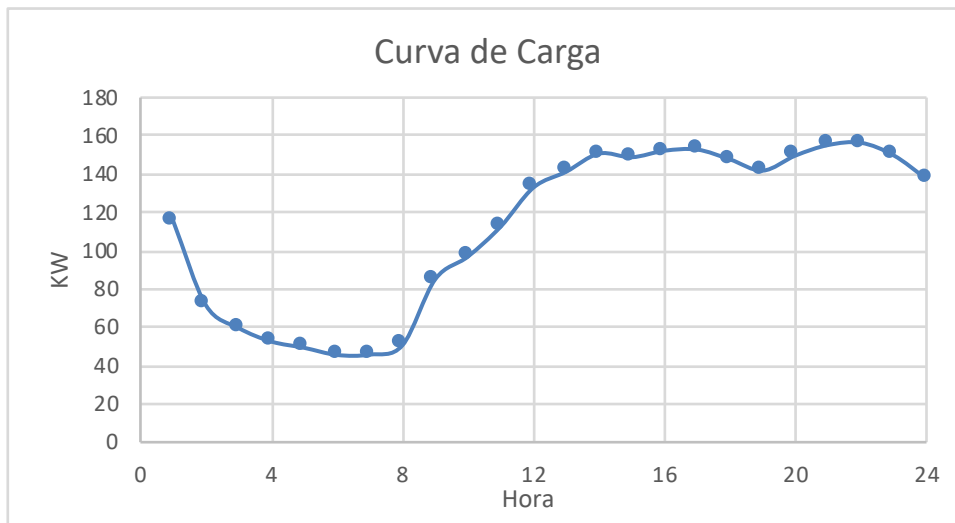
*Pantalán central*



**Ilustración 21: Curva de carga del CT 15**

Esta curva de carga se muestra para comprobar que el CT “Pantalán central” corresponde a una tipología de “amarres”. Unos 2,75 kW de potencia se consumen en el CT “Pantalán Central” a alumbrado público según los cálculos mostrados en la Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público, lo cual refleja un pequeño porcentaje del total en este CT. Teniendo en cuenta, además, la información cualitativa del tipo de consumo en cada CT reflejada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede suponer que la gran mayoría del consumo va destinado a amarres (carga de barcos en los distintos amarres del pantalán). Podemos observar que esta tipología de consumo es bastante constante a lo largo del día. Las variaciones diarias se darán según la cantidad de clientela náutica que amarra sus embarcaciones en la Marina.

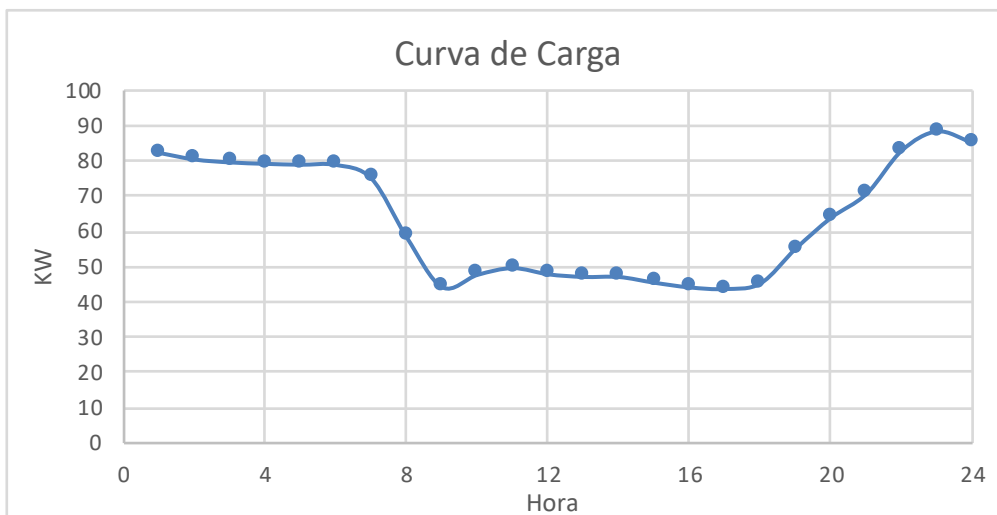
### Edificio Veles e Vents



**Ilustración 22: Curva de carga del CT 13**

Esta curva de carga se muestra para comprobar que el CT “Edificio Veles e Vents” corresponde a una tipología de “edificios”. En la curva de carga es posible observar que el perfil corresponde al de un edificio de servicios con mayores demandas diurnas que nocturnas, lo cual confirma lo dicho anteriormente. Además, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, no hay alumbrado público que se conecta a este CT, ni amarres ni parkings subterráneos.

### Contradique Marina



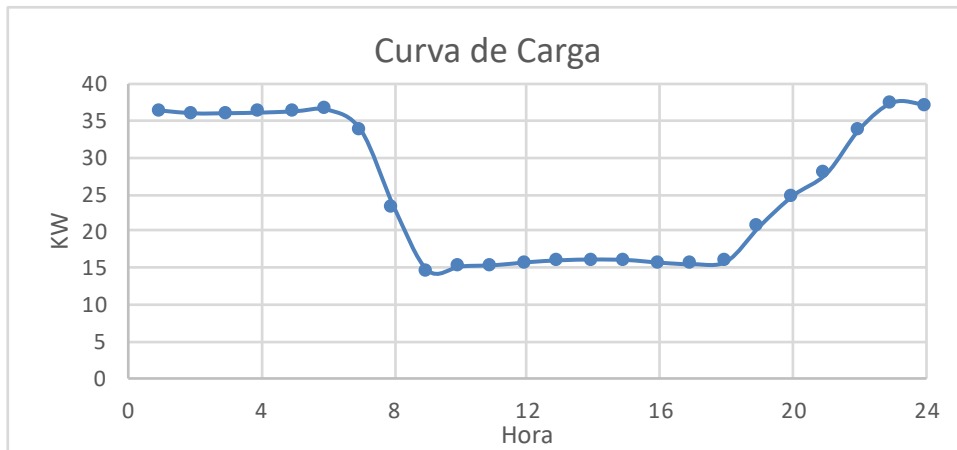
**Ilustración 23: Curva de carga del CT 9**

En este CT se reúnen una multitud de demandas de diferente tipo: térmicas en los restaurantes y las casetas; eléctricas en el alumbrado, los pantalanes, los restaurantes, las casetas y la estación de vacío. Resulta complejo diferenciar qué tipo de demandas serán predominantes, sin embargo, gracias a la curva de carga diaria sí es posible. Como se observa en la figura, el perfil corresponde a consumos eléctricos nocturnos, lo que apunta a una predominación del alumbrado público. Exactamente, unos 39,5 kW se emplean durante las horas nocturnas en alimentar a la iluminación exterior según la Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado



público. Restándole esto al perfil de la curva de carga, se queda una curva constante que ronda los 40 kW durante todo el día. Esto apunta a que el resto de los consumos sean de amarres (o pantalanes) pues, como se ha contemplado en la curva del CT “Pantalán central”, es el tipo de perfil que plasman estos consumos.

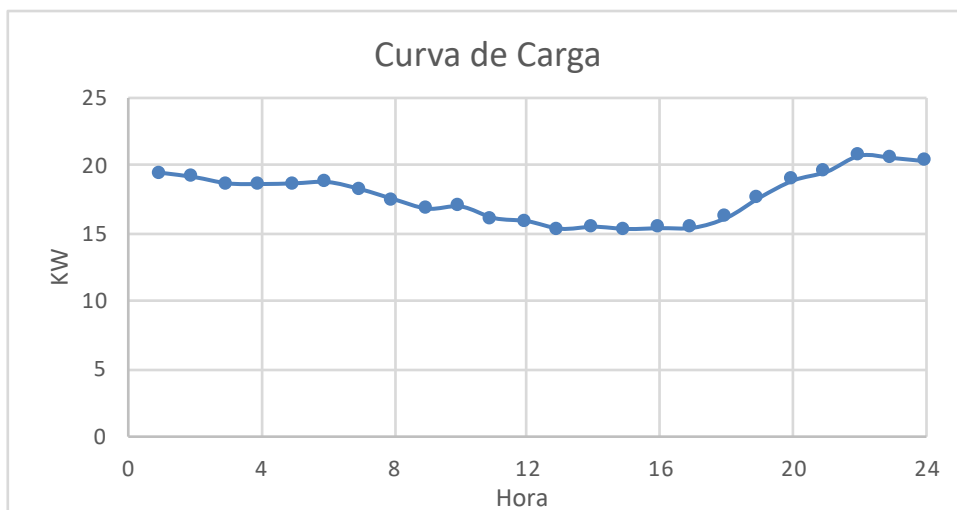
*Amarres-explanada*



**Ilustración 24: Curva de carga del CT 17**

Al igual que el CT “Contradique Marina”, este CT muestra un perfil donde claramente predomina el consumo del alumbrado público. Recurriendo a la Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público, es posible observar que 33,35 kW de potencia se destinan a este fin. Al restar esta potencia durante las horas sin luz, la curva pasaría a ser relativamente constante, subiendo un poco por el día. Llegados a este punto, y se puede suponer que el consumo restante va dirigido a las torretas ya que este CT cuenta solamente con alumbrado y amarres.

*Amarres-gradas*



**Ilustración 25: Curva de carga del CT 18**

En este CT también se reúnen una multitud de demandas de diferente tipo como en el CT “Contradique Marina” por lo que resulta complicado desglosar los consumos y clasificarlos. Según la Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público, la potencia eléctrica destinada a la iluminación exterior por las noches es de 5,16 kW. Al restar esta potencia del perfil de la

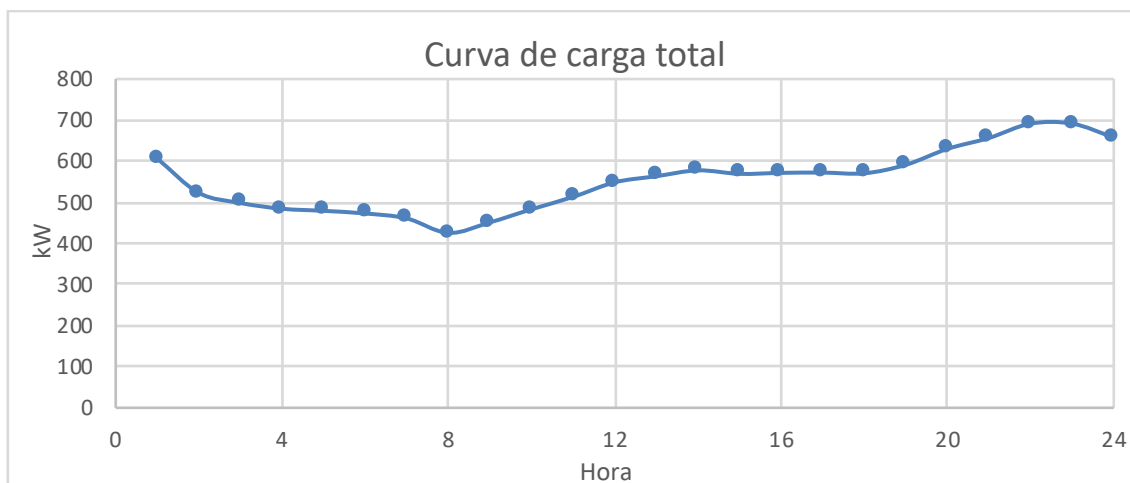
curva de carga diaria, resultaría otra curva con una tendencia similar a la tipología de amarres, es decir, con consumos constantes durante el día. De esta conclusión se podría suponer que el consumo mayoritario es de amarres, seguido de edificios y otros por las casetas y las bombas de vacío mencionadas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Así pues, con estos documentos y la información recopilada en la visita, se ha podido hacer una estimación aproximada en cuanto a qué porcentaje de consumo en cada CT corresponde a cada tipo como se muestra a continuación:

CT	Alumbrado público (%)	Amarres (%)	Edificios (%)	Parking (%)	Otros (%)
1.1 Plaza Armada Española	0	0	0	0	100
8.1 CM2 Parque Dársena	100	0	0	0	0
1.2 Bases Norte Alumbrado	90,55	3,15	3,15	0	3,15
5.1 Bases Sur Alumbrado	91,23	0	0	0	8,77
6.1 CM1 Pasarela	90,05	0	0	0	9,95
7.1 CM3 Gradass	93,67	0	0	0	6,33
1.3 Casa de la Copa	13,27	0	86,73	0	0
2. Tinglado II	0	0	0	0	100
6.2 Base 1	0	0	100	0	0
6.3 Base 2	0	0	100	0	0
5.2 Base 6	0	0	100	0	0
6.4 Base 3	0	0	100	0	0
13. Edificio Veles e Vents	0	0	100	0	0
11. Sponsors	0	0	0	0	100
16. Grupo Bomba Dársena Sur	0	0	0	0	100
10. Marina Real	4,8	0	75	0	20,2
19. Amarres Dique Sur	0	0	50	0	50
9. Contradique	31,63	60	8,37	0	0
17. Amarres Explanada	65,83	34,17	0,00	0	0
18. Amarres Gradass	14,72	50,00	20,28	0	15
15. Pantalán	1,31	98,69	0	0	0
12. Parking Veles e Vents	20,77	0	0	79,23	0
Base 11	0	0	100	0	0
14. Varadero	28,02	71,98	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>17,26</b>	<b>30,29</b>	<b>33,8</b>	<b>13,52</b>	<b>5,13</b>

**Tabla 3: Porcentajes por CT del tipo de consumo**

Para complementar esta tabla, se han extrapolado las curvas de carga disponibles de los CTs con grandes demandas mostrados previamente a la demanda total anual mostrada en el Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh, para así obtener aproximadamente la curva de carga total de la Marina.



**Ilustración 26: Curva de carga total**

Como se puede observar, la curva total es bastante plana por la combinación de los diferentes tipos de consumo predominantes: amarres, alumbrado público y edificios. Los consumos más elevados son por la tarde y la noche seguramente por la combinación del alumbrado nocturno con la llegada de más embarcaciones y la actividad de los edificios principales o restaurantes. De esta ilustración, se puede concluir que será necesario abastecer esta demanda con recursos renovables, además del solar, alternativos a él pues no se acopla bien a la curva de carga.

#### *Demanda térmica dentro de la parte eléctrica*

Ya que por falta de información se ha descartado el análisis del consumo de gas en la Marina con su consecuente propuesta de energías renovables para demanda térmica, es importante dedicar un apartado para hacer una reflexión sobre la demanda térmica que pueda estar incluida en el consumo eléctrico. Ésta estará comprendida, en cualquier caso, dentro de la tipología “edificios” pues ni “parking” ni “amarres” ni “alumbrado público” contemplan este tipo de demanda.

Como se puede observar en la Tabla 3: Porcentajes por CT del tipo de consumo, el porcentaje de electricidad total aproximado consumida por los edificios está en torno al 30%. Dentro de este 30%, prácticamente el 90% lo consume el edificio de Veles e Vents. Por lo tanto, centrándonos en el principio de Pareto, el resto de consumos se despreciarán. Esto es así, según la experiencia indirecta de los gestores de la Marina, porque es despreciable el posible porcentaje de demanda térmica del consumo de edificios que no sean el Veles e Vents (recuérdese que otros edificios significativos como EDEM o Lanzadera quedan fuera del estudio por no tener ninguna información).

En cuanto al edificio Veles e Vents, como se comentó en la visita a las instalaciones, hay 2 calderas de 2000 l alimentadas por un abastecimiento de gas que no controla el Consorcio. Esto representa un gran abastecimiento entorno los 1000 MWh/año [60], por lo que debería alimentar sin necesidad de fuentes externas la demanda de clima y ACS del edificio. De este modo, la parte eléctrica será destinada a iluminación, aire acondicionado, altavoces, electrodomésticos, bombas, montacargas, etc. Lo que significa que básicamente no hay consumo eléctrico que abastezca demanda térmica en el edificio.

Puesto que no hay paneles solares térmicos en la cubierta del edificio Veles e Vents, y visto que el consumo de calderas es equiparable al consumo eléctrico en Veles e Vents, podría considerarse la instalación de solar térmica. Incluso el uso de biomasa como fuentes renovables que sustituyesen el consumo de gas de las grandes calderas. Sin embargo, debido a la falta de datos no se ha entrado en este análisis en este trabajo, es algo a tener en cuenta.

En conclusión, dependiendo de cada caso de aplicación, debe considerarse la posibilidad de sustituir grandes demandas térmicas dentro del consumo eléctrico por energías renovables térmicas. Sin embargo, no es este el caso de la Marina Real por lo explicado respecto a Veles e Vents. Finalmente, la planificación energética de este caso de estudio se centra sólo en el consumo de electricidad y diésel para vehículos.

#### **4.4. MÓDULO 4: POTENCIAL DE ENERGÍA**

De todas las fuentes energéticas renovables presentadas en el capítulo de la metodología, se han descartado algunas debido a las condiciones geográficas de la Marina:

- Energía hidráulica: se ha descartado porque la Marina no dispone de ningún recurso hídrico en las cercanías por lo que no tiene lugar su consideración.
- Energía geotérmica: no representa una opción viable en la Marina pues las instalaciones de ésta están en contacto con el mar y como se puede observar en la Ilustración 6: Recurso geotérmico en España, València no dispone de gran potencial en geotermia de alta temperatura que es la necesaria para la producción de electricidad.
- Energía marina: En este caso, como es observable en la Ilustración 7: Intensidad energética de olas en Europa y la Ilustración 8: Intensidad energética de mareas en Europa ,la costa Mediterránea en España no tiene potencial en el recurso marino. Además, las tecnologías de explotación correspondientes aún no son competitivas en el mercado eléctrico por su alto coste [45].

#### **Energía Solar**

Como se indica en el 3.4. Módulo 4: potencial de energía, acudiendo a la página web de PVGIS [61] se obtiene la siguiente tabla de valores mensuales así cuantificando el recurso solar de la localización de la Marina:

## Monthly Solar Irradiation

### PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 39°27'43" North, 0°18'29" West, Elevation: 0 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(45)$	$I_{opt}$
Jan	2290	4020	4260	64
Feb	3190	4890	5080	56
Mar	4690	5940	5970	43
Apr	5710	6200	6010	27
May	6750	6500	6130	14
Jun	7470	6810	6320	7
Jul	7520	7040	6570	10
Aug	6450	6680	6410	22
Sep	4990	5990	5950	37
Oct	3710	5250	5390	51
Nov	2530	4250	4480	61
Dec	1990	3630	3870	65
<b>Year</b>	<b>4780</b>	<b>5600</b>	<b>5540</b>	<b>36</b>

$H_h$ : Irradiation on horizontal plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$H_{opt}$ : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$H(45)$ : Irradiation on plane at angle: 45deg. (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$I_{opt}$ : Optimal inclination (deg.)

### Ilustración 27: Recurso solar en la Marina

Con estos datos podemos hacernos una idea de cuanta radiación solar hay disponible en el emplazamiento a estudiar: 5600 Wh/m<sup>2</sup>/día en una placa con la inclinación óptima. Lo cual convierte a la Marina en un buen emplazamiento para sacar provecho de la energía solar, siendo España un país europeo con altos índices de irradiación y más la costa mediterránea dentro del territorio español [62].

### Energía Eólica

Como se ha explicado en el 3.4. Módulo 4: potencial de energía, en el caso del recurso eólico sería conveniente realizar una interpolación entre los datos de viento estacionales del IDAE [25] que permiten seleccionar una ubicación más exacta del emplazamiento y los datos de Energy Plus [24]. El resultado en el caso de la Marina, se plasma en la siguiente tabla:

Hour	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	8,193	5,042	3,529	3,780	2,959	3,123	2,727	2,454	2,863	3,517	5,658	6,576
1:01- 2:00	6,428	4,664	3,277	3,945	2,630	2,794	2,863	2,454	2,591	3,364	5,658	6,117
2:01- 3:00	6,806	4,538	3,151	3,452	2,465	2,630	2,181	2,454	2,591	3,059	5,505	5,658
3:01- 4:00	6,806	5,042	3,529	4,438	2,959	2,959	2,181	2,045	3,136	3,059	5,505	5,047
4:01- 5:00	5,924	5,294	3,277	4,273	2,630	2,959	2,318	2,318	2,318	3,211	5,964	5,047
5:01- 6:00	6,680	4,664	3,151	4,438	2,794	3,452	2,591	2,591	2,591	3,364	5,658	5,047
6:01- 7:00	7,185	4,286	3,529	4,273	2,794	3,452	2,318	2,591	2,863	3,976	5,658	6,270
7:01- 8:00	6,680	4,664	3,529	3,780	2,794	3,780	2,863	2,591	2,727	3,976	5,505	5,658
8:01- 9:00	6,302	4,538	3,655	5,260	3,945	3,780	3,409	2,727	3,409	3,670	5,352	5,047
9:01-10:00	6,680	5,042	3,655	6,246	4,109	4,273	3,681	3,136	3,954	4,129	5,200	5,658
10:01-11:00	7,563	5,672	4,286	6,082	5,260	5,588	4,499	4,090	4,090	5,047	5,811	6,270
11:01-12:00	7,689	5,294	4,916	7,561	6,575	6,739	5,454	5,045	5,045	5,352	6,576	6,882
12:01-13:00	7,941	6,428	6,176	9,204	8,218	7,068	6,135	5,726	5,454	6,729	7,341	6,423
13:01-14:00	8,445	6,680	6,428	9,040	7,890	8,218	6,272	6,135	5,999	7,035	7,799	6,882
14:01-15:00	9,831	6,176	6,302	9,204	7,725	8,547	7,090	6,544	6,272	7,035	8,258	7,646
15:01-16:00	10,336	6,932	6,680	9,698	9,204	8,383	7,226	6,681	6,408	7,035	8,564	7,493
16:01-17:00	8,697	6,554	6,428	9,862	8,054	7,725	6,954	6,272	6,272	6,423	7,341	6,729
17:01-18:00	7,563	6,050	5,168	7,396	7,068	6,903	6,408	5,863	5,726	5,658	6,117	5,964
18:01-19:00	6,428	5,798	4,916	8,547	6,903	6,246	6,135	5,317	5,454	4,741	5,047	5,200
19:01-20:00	5,420	4,916	3,655	4,602	5,095	5,753	4,772	4,636	3,954	3,517	5,352	5,047
20:01-21:00	6,050	5,168	3,151	4,438	4,109	4,602	3,818	4,090	3,272	3,364	5,658	5,505
21:01-22:00	5,798	5,042	3,529	4,273	3,780	3,780	3,000	3,409	3,409	3,211	5,964	6,117
22:01-23:00	7,059	4,790	3,403	3,616	3,452	2,959	2,727	3,136	3,136	3,517	6,423	5,505
23:01-24:00	7,185	5,168	3,907	3,945	3,287	2,794	2,863	3,000	2,863	3,517	6,270	6,117

**Ilustración 28: Recurso eólico en la Marina**

Es posible observar que se tiene la velocidad del viento horaria para un día tipo de cada mes. Los valores estacionales son los mostrados en la siguiente figura:

Información				
<b>Valores estacionales a 80m.</b>				
<b>Coordenadas UTM(m): 730947, 4370764</b>				
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<b>Velocidad (m/s)</b>	5.29	4.11	5.61	5.69
<b>Weibull C (m/s)</b>	6.08	4.53	6.41	6.35
<b>Weibull K</b>	1.761	2.033	1.988	1.827

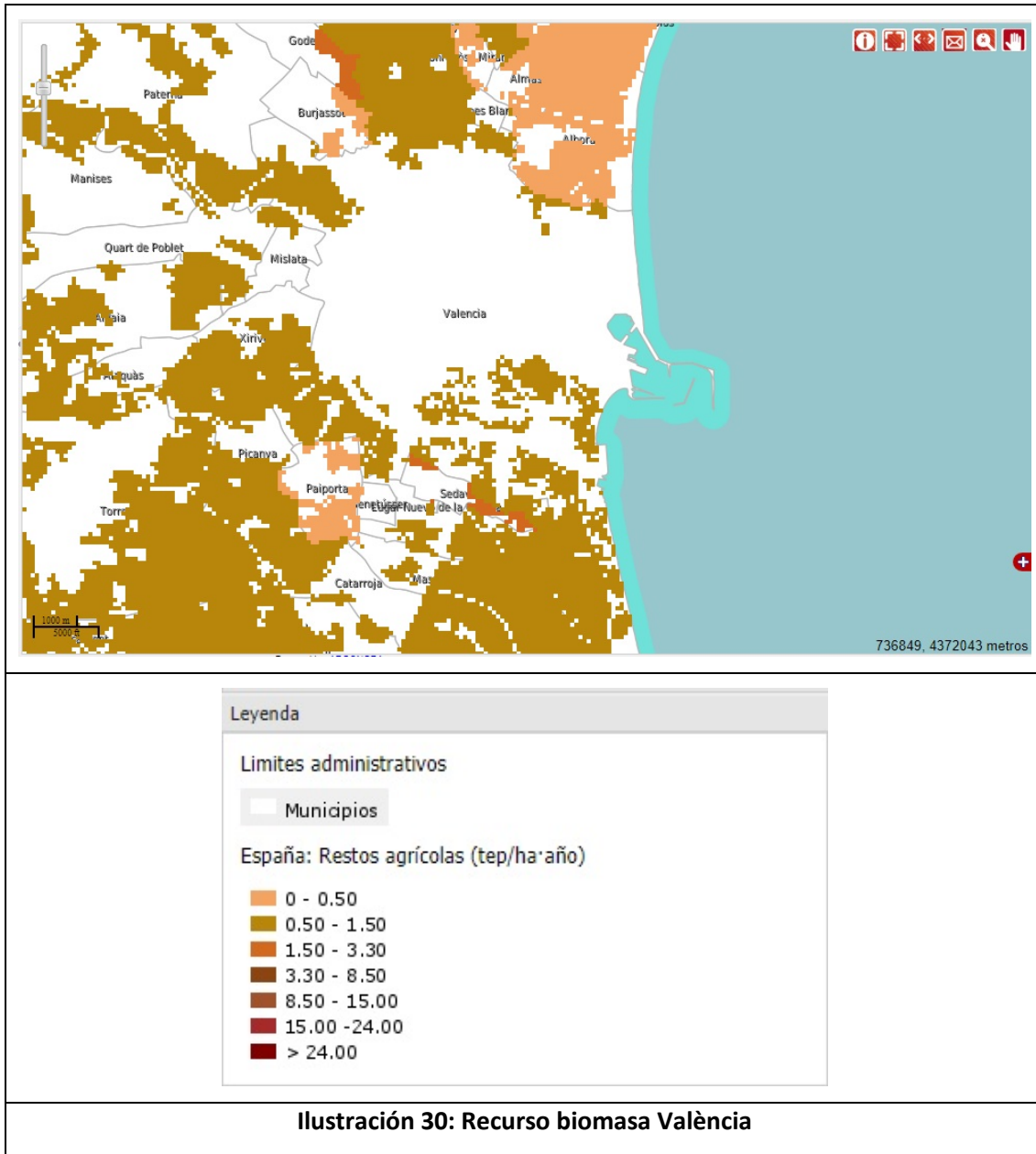
**Ilustración 29: Recurso eólico estacionario**

Donde se comprueba que, efectivamente, los valores eólicos son mayores en invierno que en verano. Por lo que es un recurso energético complementario con la energía solar. Y, además, también se muestra que las medias estacionales son todas mayores de 4 m/s que, como se ha visto en el 3.4. Módulo 4: potencial de energía, es la velocidad mínima para considerar la explotación de la energía eólica de una zona. Esto quiere decir que esta fuente energética puede considerarse lo suficiente intensa como para que sea de interés su explotación en el caso de aplicación que se está analizando. Adicionalmente, el recurso eólico resulta necesario para complementar el solar y acoplar mejor el abastecimiento a la curva de demanda horaria.

En el caso de la energía eólica marina, como se ha mostrado en la Ilustración 5: Recurso eólico marino en Europa, la intensidad en la costa mediterránea no es lo suficientemente alta y, además, el gobierno español va atrasado en cuanto a la legislación de las instalaciones eólicas “off-shore” [63] lo que supone otra barrera para decidirse por esta fuente renovable a parte de sus altos costes de explotación y mantenimiento [64].

## Energía de Biomasa

Conforme se ha expuesto en el 3.4. Módulo 4: potencial de energía, el potencial de biomasa cerca de la Marina se determinará con BIONLINE. En la siguiente figura se muestran los recursos de restos agrícolas en la ciudad de València:



Y, en la siguiente figura, se amplía la imagen hacia la zona de la Marina:



**Ilustración 31: Recurso biomasa la Marina**

Teniendo en cuenta, que según la escala dada en el mapa de BIONLINE, cada cuadrado que representa el recurso de biomasa (restos agrícolas en este caso) es media hectárea, según los datos proporcionados en la leyenda es posible saber el potencial energético de biomasa cerca de la Marina.

Se observa que hay recurso cercano<sup>2</sup> a la zona de estudio por lo que resulta una alternativa energética viable y dependiendo de las necesidades, se abarcará más o menos de la superficie marcada en el mapa anterior como disponible en cuanto a recursos. De manera aproximada, el recurso de biomasa disponible mostrado en la Ilustración 31: Recurso biomasa la Marina se encuentra entre 89 y 287 tep/año.

#### **4.5. MÓDULO 5: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

Una vez determinadas las fuentes energéticas renovables con potencial de explotación en la zona de estudio, el siguiente paso es determinar con qué tecnologías se explotarán. Es de gran relevancia en este apartado tener en cuenta el tipo de energía que consume la Marina para saber si centrarse más en la parte eléctrica o térmica. Como se ha observado previamente, en el caso de aplicación de la Marina la demanda térmica no va a analizarse, por lo que nos centraremos en las tecnologías que transformen las fuentes renovables nombradas anteriormente en electricidad para abastecer la demanda de la Marina. Esta electricidad podrá ser utilizada, de igual modo, para sustituir los vehículos tradicionales por eléctricos.

##### **Energía Solar**

La tecnología empleada para transformar el recurso solar disponible, en el caso de estudio de la Marina, en energía eléctrica son los paneles solares fotovoltaicas. Esta energía eléctrica podrá utilizarse para cualquier tipo de consumo eléctrico, incluso la carga de vehículos eléctricos. El único límite que este tipo de sistemas llevan consigo, a parte de la radiación y los recursos

<sup>2</sup> Se considera cercana cualquier fuente de recurso de biomasa que esté a menos de 10 km de la Marina.

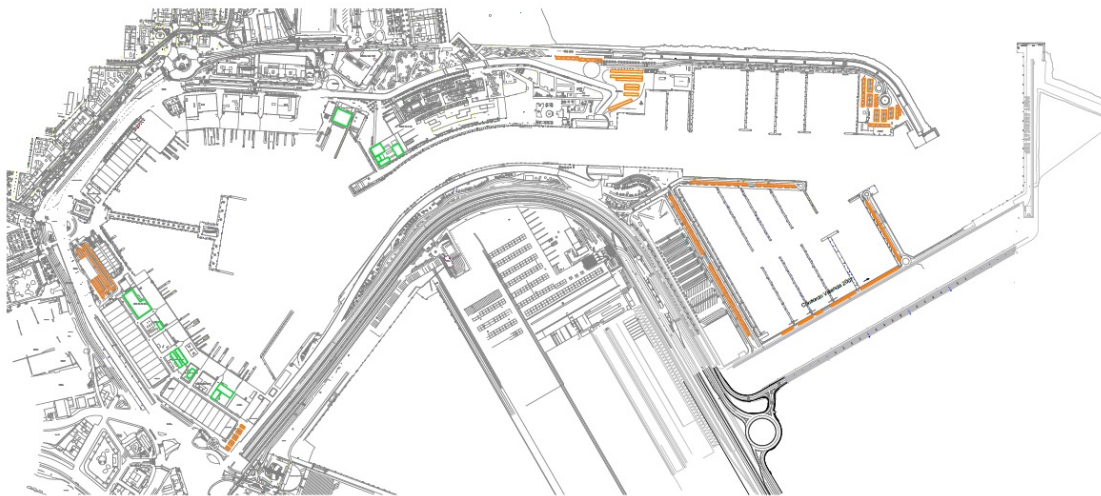


económicos, es el espacio disponible. Para instalar paneles fotovoltaicos en la Marina, es necesario hacer una estimación de la superficie aprovechable. Esta superficie debe de cumplir unos requisitos ya expuestos en el 3.4. Módulo 4: potencial de energía. Además, es necesario prever en qué emplazamientos con buen potencial donde sea posible instalar los paneles, en este caso se han planteado junto con el Consorcio dos tipos de superficies: la cubierta libre de obstáculos y sombras en edificios de la Marina y los parkings exteriores con posibilidad de marquesinas que cuenten con las placas fotovoltaicas a modo tejado o cubierta.

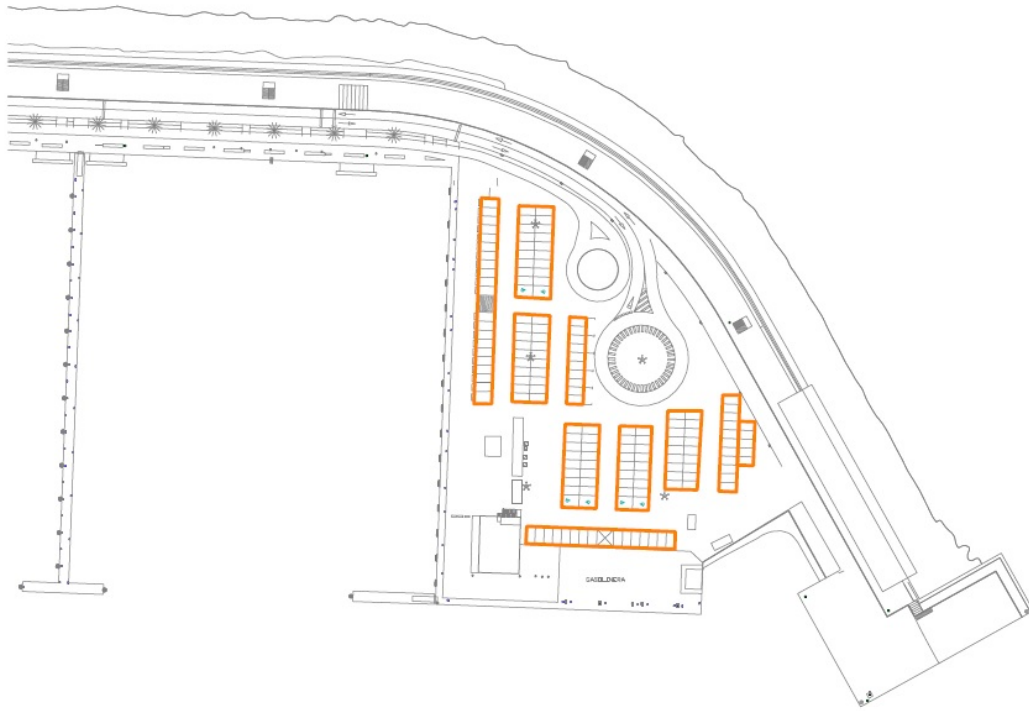
Gracias al mapa en formato dwg proporcionado por el Consorcio, la información obtenida en la visita a las instalaciones y la vista satélite de Google Maps, ha sido posible calcular los siguientes datos de superficie con potencial de instalación solar con la herramienta computacional AutoCAD:

- Superficie total en la Marina: 411.304,5 m<sup>2</sup>
- Cubierta aprovechable en edificios: 5.414,1 m<sup>2</sup>
- Marquesinas del parking exterior aprovechable: 10.210,93 m<sup>2</sup>

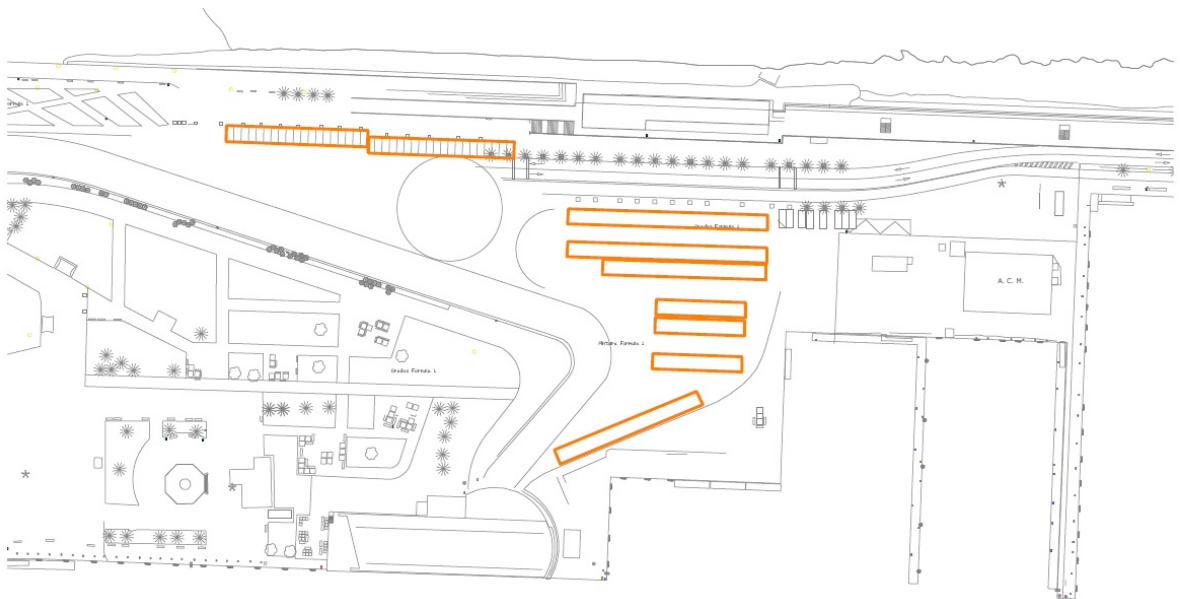
En las siguientes ilustraciones se muestran dichas superficies. En naranja se representa la opción del parking externo y en verde las cubiertas de los edificios. La primera es una visión general de las instalaciones y las siguientes un zoom de cada zona que dispone de potencial para instalación de paneles fotovoltaicos.



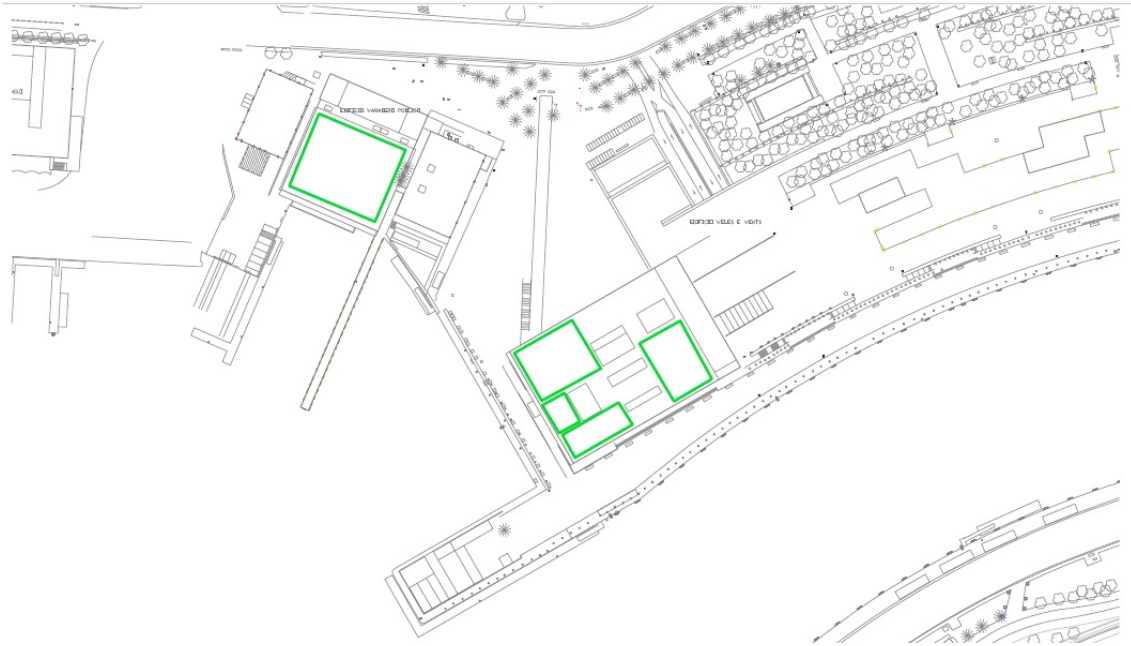
**Ilustración 32: Mapa zonas disponibles para paneles solares fotovoltaicos**



**Ilustración 33: Zona noreste**



**Ilustración 34: Zona norte**



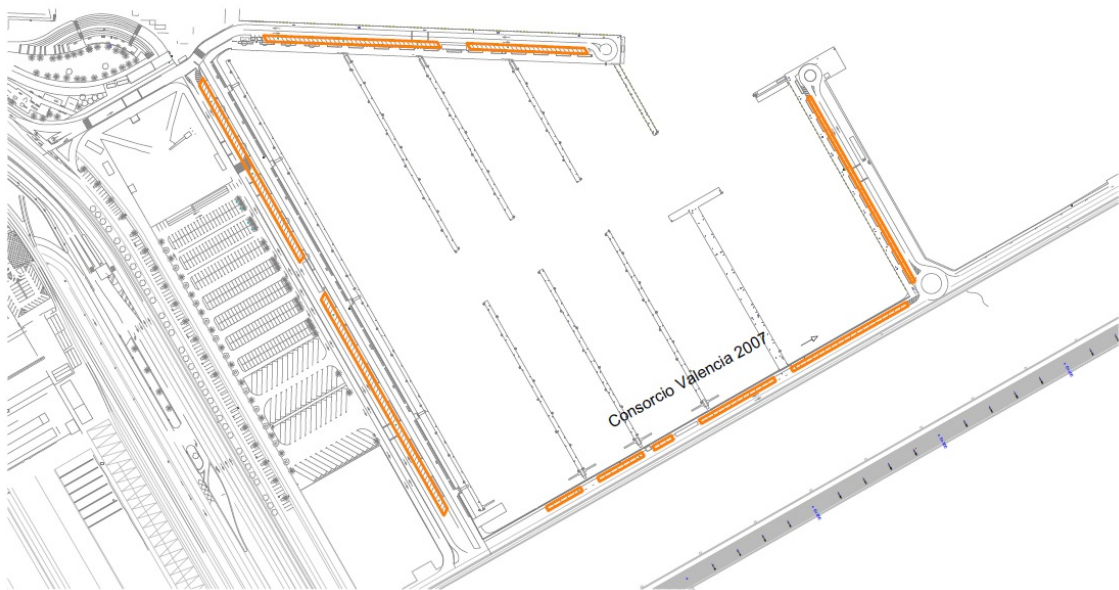
**Ilustración 35: Zona noroeste**



**Ilustración 36: Zona oeste**



**Ilustración 37: Zona sudoeste**



**Ilustración 38: Zona sudeste**

Es necesario realizar una estimación de la eficiencia en cuanto al aprovechamiento de las superficies disponibles debido a las pérdidas que provocan la distancia entre filas, la inclinación, las estructuras de soporte, etc.

En el caso de las cubiertas de los edificios, se ha estimado un 33% de aprovechamiento de la superficie teniendo en cuenta diversos estudios previos [65]. Se asume un buen aprovechamiento de las superficies planas, podría ser algo mayor o menor, sin afectar en exceso al resultado final de la simulación ni a sus conclusiones.

En el caso de las marquesinas de los parkings exteriores, como no existe ninguna estructura (simplemente líneas de delimitación en el terreno) esto proporciona mucha flexibilidad para aprovechar mejor este espacio optimizando la orientación e inclinación de las placas cambiando



dichos dibujos. Adicionalmente, en el cálculo de la superficie se ha tenido en cuenta el espacio para los viales. Por estas razones, se estima un porcentaje alto de aprovechamiento, entorno el 70%. Un ejemplo de cómo quedarían dichas instalaciones se muestra en la siguiente ilustración:



**Ilustración 39: Ejemplo marquesinas en parking con paneles solares [66]**

De este modo, la capacidad máxima de superficie aprovechable en la Marina para instalación de paneles fotovoltaicos - teniendo en cuenta los coeficientes de aprovechamiento justificados anteriormente en este tipo de instalaciones - será:

- Parkings (70%): 7.147,65 m<sup>2</sup>
- Edificios (33%): 1.786,653 m<sup>2</sup>
- Total: 8.934,3 m<sup>2</sup>

Cabe mencionar que los paneles estarán orientados al Sud con una inclinación aproximada igual a la latitud de València. Como esto no será posible en los parkings, se dispondrán de manera horizontal y con la orientación debida según el área para los vehículos.

Cogiendo un panel fotovoltaico mostrado en el Anexo 3. Catálogos, se encuentra un equivalente de 260 W de potencia por una placa de 1,627 m<sup>2</sup>. Esto significa que, para la superficie aprovechable en la Marina, se pueden obtener 1.427,73 kW de potencia. Con dicho número y PVGIS, es posible obtener una estimación de energía producida al año por estos paneles:

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)  
 Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.8% (using local ambient temperature)  
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.5%  
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
 Combined PV system losses: 24.4%

**Fixed system: inclination=39°, orientation=0°**

Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	3.24	100	4.11	127
Feb	3.89	109	4.97	139
Mar	4.59	142	5.96	185
Apr	4.67	140	6.15	184
May	4.79	149	6.39	198
Jun	4.93	148	6.66	200
Jul	5.04	156	6.90	214
Aug	4.81	149	6.61	205
Sep	4.40	132	5.99	180
Oct	3.96	123	5.31	165
Nov	3.34	100	4.33	130
Dec	2.94	91.2	3.72	115
<b>Yearly average</b>	<b>4.22</b>	<b>128</b>	<b>5.59</b>	<b>170</b>
<b>Total for year</b>		<b>1540</b>		<b>2040</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

$E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

#### Ilustración 40: Estimación de energía producida por año con PV

Como se puede observar en la ilustración previa, la producción eléctrica al año para 1 kW de potencia es de 1540 kWh. Teniendo el total de potencia de la instalación de la Marina, se obtiene la siguiente fórmula la cual muestra la energía máxima anual que se puede obtener a través de los paneles fotovoltaicos en la Marina debido a la limitación de espacio:

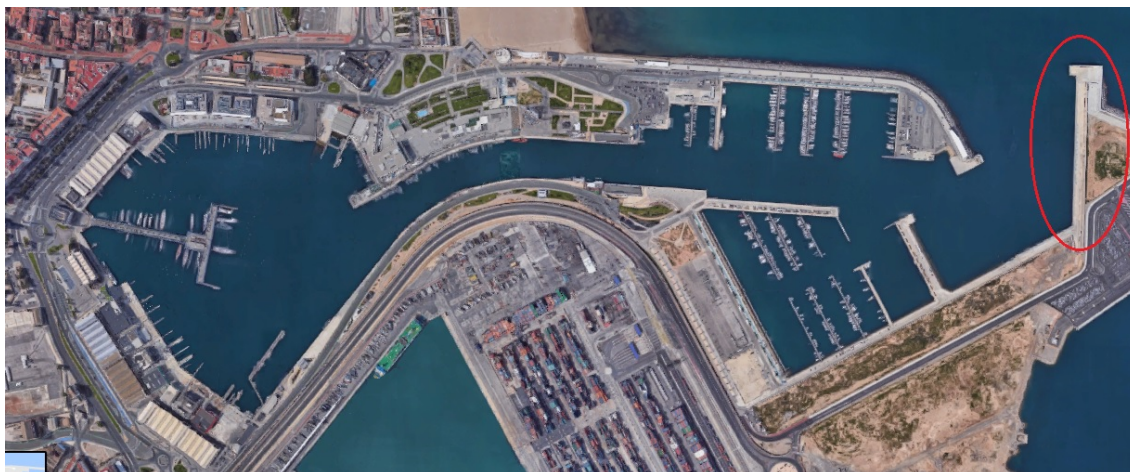
$$1.540 \frac{kWh}{año * 1kWp} * 1.427,73 kW = 2.198,704 \frac{MWh}{año}$$

Como se puede comprobar en el Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh, esta magnitud representa el 45% de la energía eléctrica total consumida en el año 2016: 4.851,138 MWh.

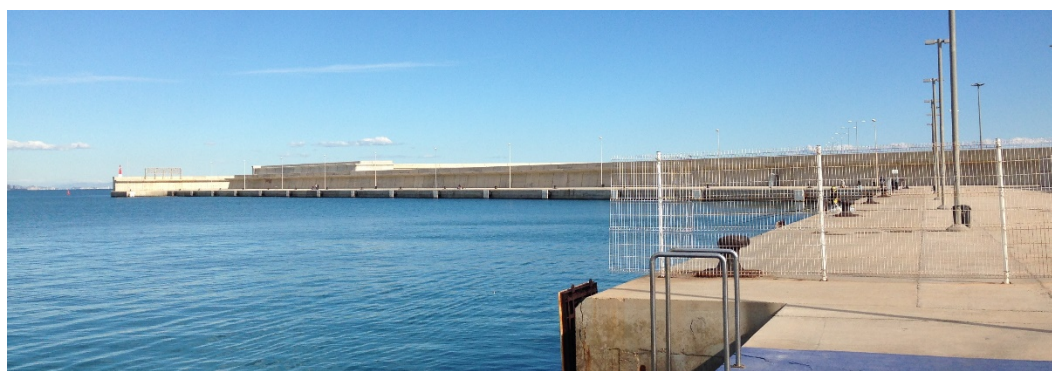
Sin embargo, en las simulaciones llevadas a cabo con HOMER en el 4.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético), han dado lugar a un valor de energía eléctrica generada con fotovoltaica de 2.627,962 MWh al año (lo cual supone el 54% de la demanda eléctrica del 2016). Los diferentes resultados se deben a que PVGIS calcula valores medios mensuales o anuales, mientras que HOMER trabaja con valores horarios, realizando cálculos más precisos. Además, PVGIS y HOMER usan distintas bases de datos de radiación. Dicho esto, se ha tomado la decisión de decantarse por el dato de HOMER ya que será el software utilizado para la modelación y de tal manera los resultados finales se adecuarán mejor al sistema.

## Energía Eólica

En el caso de la energía eólica resulta más complejo. Como se ha demostrado en el 4.4. Módulo 4: potencial de energía, la Marina dispone de suficiente recurso eólico para considerar la instalación de aerogeneradores. No obstante, en el caso de la Marina, el asunto de la superficie disponible para instalación de sistemas de energía renovable es un obstáculo. Según se observó en la visita a las instalaciones, se podrían instalar uno o dos aerogeneradores en la zona este de la Marina Sur.



**Ilustración 41: Posicionamiento molino eólico en la Marina**



**Ilustración 42: Posicionamiento aerogenerador**

La distancia aproximada de la longitud de la zona mostrada es menor a 300 m. Teniendo en cuenta que la distancia mínima entre aerogeneradores es de 3 veces el diámetro [67]; solamente cabe la posibilidad de instalar un molino con potencia mayor a 1 MW, o dos molinos con potencia menor a 1 MW y, por tanto, de menor diámetro. La ocupación espacial de los molinos eólicos limita el margen de actuación.

Además de la limitación espacial, existe una limitación legal que aparece en el Real Decreto del autoconsumo [68] que establece que la potencia máxima instalada para generación tiene que ser igual o menor a la contratada, en el caso de la Marina Real de València, 14,62 MW [69]. Por tanto, en el caso de coger el máximo potencial de fotovoltaica, aún sería posible legalmente instalar 13,2 MW de eólica.

Para calcular cuánta energía es posible obtener según el recurso eólico disponible en la zona se recurrirá al software de la modelación energética HOMER, el cual se expondrá posteriormente

en el 4.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético). El criterio para determinar qué aerogenerador coger dependerá de la energía que se desee generar. Partiendo de la base que con fotovoltaica puede abastecerse el 55% de la demanda eléctrica del año 2016, con eólica aspiraremos a cubrir el 45% para así abastecer el 100% de la demanda con renovables.

Teniendo en mente las bajas velocidades de vientos disponibles en la zona, se ha elegido un aerogenerador de 2 MW (siendo esta potencia común en los parques eólicos debido a su alta rentabilidad energética [67]) mostrado en el Anexo 3. Catálogos. HOMER ha calculado con los datos de viento de la zona, la demanda eléctrica horaria en el año 2016 y la curva de potencia del aerogenerador escogido; cuánta energía eólica anual es generada: 2.781,400 MWh. Esto supone un 57% de la energía total demandada en ese año, lo cual es más de lo necesario; pero de esta manera se ofrece un margen de crecimiento futuro sin tener que renunciar al 100% de generación con energías renovables.

## **Biomasa**

En primer lugar, al tener sólo demanda eléctrica, las tecnologías de explotación del recurso de la biomasa expuestas en el 3.5. Módulo 5: producción de energía que contemplaban la demanda térmica (caldera de biomasa y redes de calor) no se considerarán.

En segundo lugar, un gasificador de biomasa para generación eléctrica representaría una buena opción para la mini-red de energías renovables a instalar en la Marina. Además, se ha comprobado en el 4.4. Módulo 4: potencial de energía que hay disponibilidad de recurso en un barrio cercano al emplazamiento. Se trata de una zona de huerta que tiene excesos de residuos agrícolas y se suelen quemar porque no son de utilidad. Sería posible usar esta biomasa para tener flexibilidad en la producción.

No obstante, es necesario hacer una evaluación de la implantación de este recurso y tecnología en la Marina porque la mini-red renovable híbrida será un sistema conectado a la red eléctrica que no precisa de dicha flexibilidad de manera tan imprescindible como una mini-red aislada. Igualmente, hay que considerar los siguientes inconvenientes:

- El transporte de la biomasa desde Nazaret a la Marina podría conllevar a un consumo de fuentes energéticas fósiles con sus debidas emisiones. Esto puede desembocar en un escenario menos sostenible que el de partida sin biomasa.
- La extracción de biomasa del barrio de Nazaret para la autosuficiencia con renovables de un puerto deportivo como es la Marina, podría suponer una situación de injusticia social. Efectivamente, se puede argumentar que los recursos de Nazaret deberían utilizarse en resolver necesidades de Nazaret, siendo un barrio que cuenta con una gran cantidad de problemáticas socioeconómicas.
- No se dispone de grandes superficies para el almacenamiento de grandes cantidades de biomasa además del equipo generador-gasificador.

Teniendo esto en cuenta, se ha tomado la decisión de no tener en consideración el gasificador de biomasa para la elaboración del sistema híbrido renovable de la Marina.



#### **4.6. MÓDULO 6: PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA (ANÁLISIS MACRO-ENERGÉTICO)**

Una vez identificadas las oportunidades energéticas que presenta la Marina Real de València, habrá que sentar las bases y plantear escenarios energéticos posibles para tratar de ver las posibilidades de crecimiento energético de este emplazamiento, desde distintos puntos de vista en función de las exigencias que se quieran alcanzar.

En el 4.5. Módulo 5: producción de energía se han examinado las potenciales tecnologías de explotación energética junto con su potencial de producción eléctrica y se ha llegado a la conclusión de contar con paneles solares fotovoltaicos y aerogeneradores para nuestra mini-red híbrida renovable conectada a la red. Este sistema alimentará a la Marina proporcionándole una mayor autosuficiencia y sostenibilidad por contar con fuentes limpias que ayuden a mitigar el cambio climático.

Como se puede comprobar en la Ilustración 3: Esquema estructural, llegados a este punto, todos los inputs han sido recopilados por lo que el siguiente paso es procesar los datos obtenidos y analizados. La primera sección del procesamiento consta en planificar desde un punto de vista macro-energético el caso de estudio para proponer escenarios exploratorios más sostenibles que cuenten con generación renovable y compararlos con el escenario business-as-usual (BAU). Esto se realizará con la herramienta computacional SIMESEN, descrita anteriormente en el 3.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético).

Una vez tengamos los escenarios exploratorios, podremos estimar la energía limpia que es necesario generar con la mini-red híbrida y posteriormente modelar cómo llevar a la realidad estos datos exploratorios en el 4.7. Módulo 7: modelado (análisis micro-energético).

Un escenario en SIMESEN sirve como herramienta para organizar la información sobre alternativas de futuro, de este modo construyendo la base para tomar decisiones sobre actuaciones a implementar en ese futuro. En él, se realizan conjeturas sobre qué sucederá, apoyándose en teorías o elementos del pasado. Los escenarios son, por tanto, especulativos y orientativos.

Para la elaboración de un escenario será necesario:

- Datos históricos sobre el pasado y la obtención de las tendencias de las variables que se quieran obtener en el futuro.
- Conjeturas sobre cómo estas tendencias pueden evolucionar con el tiempo.
- Precio de los recursos energéticos. En nuestro caso para la red se ha partido de las facturas eléctricas enviadas por el Consorcio en el caso de la electricidad, y en transporte se ha considerado el precio de diésel en el mercado.
- Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente. Se han considerado los datos del documento de “Datos Energéticos de la Comunidad Valenciana” [58].

#### **Escenario BAU**

El escenario BAU, es el escenario más habitual en el cual se asume la continuación en un futuro cercano de las tendencias históricas que se derivan del pasado, y que por consiguiente van a seguir a lo largo de los siguientes años. De este modo no se prevén cambios en las tendencias futuras, lo que quiere decir que no se van a realizar actuaciones que modifiquen estas tendencias.

En este sentido los escenarios BAU, tienen una alta probabilidad de ocurrencia a corto y medio plazo. Sin embargo, a largo plazo, cada vez más a medio plazo, su probabilidad de ocurrencia es escasa, puesto que siempre hay variables que intervienen espontáneamente que hacen cambiar estas tendencias [70].

En el caso objeto de estudio, se va a realizar un escenario BAU, para tratar de localizar cual sería la situación energética de la Marina si nada cambiara en un futuro no muy lejano y así tener un punto de referencia sobre el cuál explorar y comparar diferentes alternativas más sostenibles, autosuficientes y respetuosas con el medio ambiente.

Para la elaboración de dicho escenario, será necesario conocer los registros energéticos históricos para poder crear las tendencias que auguren el futuro energético de la Marina sin realizar ningún cambio ni ninguna actuación, salvo las que se hayan llevado a cabo que se reflejen en los hechos históricos.

Para realizar y crear las tendencias energéticas, se ha procedido a obtener los datos energéticos por sectores económicos de la Comunidad Valenciana a través del IVACE [58] para calcular los ritmos de crecimiento que a menor escala serán aplicables a la Marina también.

Año	Agricultura y Pesca (ktep)	Industria (ktep)	Servicios (ktep)	Doméstico (ktep)	Transporte (ktep)
2000	355	3.335	601	859	2.924
2001	365	3.397	644	881	2.987
2002	406	3.446	685	940	3.144
2003	444	3.552	743	996	3.346
2004	463	3.559	792	1.062	3.577
2005	516	3.600	850	1.167	3.751
2006	534	3.562	890	1.131	3.834
2007	514	3.470	923	1.170	3.924
2008	506	3.111	943	1.210	3.785
2009	442	2.467	833	1.212	3.557
2010	411	2.563	848	1.179	3.408
2011	381	2.471	878	1.151	3.286
2012	297	2.377	875	1.130	3.036
2013	291	2.374	827	1.091	2.984
2014	285	2.443	823	1.066	3.062

<b>Ritmo Crec.</b>	-1,45 %	-2,05%	2,12%	1,45%	0,3%
--------------------	---------	--------	-------	-------	------

**Tabla 4: Ritmos de crecimiento**

Los ritmos de crecimiento se han calculado gracias a la siguiente fórmula:

$$\text{Ritmo crecimiento} = \left( \frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde:

- $V_f$ : valor del último año del que se tienen datos
- $V_i$ : valor del primer año del que se tienen datos
- $N$ : número de años entre el primero y el último

No obstante, como se puede observar, para el sector de la agricultura y la pesca y el sector de la industria, el porcentaje del ritmo de crecimiento sale negativo. Esto se debe a que con la crisis económica del año 2008 se ha sufrido una regresión de la producción. Sin embargo, teniendo en cuenta el ritmo de crecimiento demográfico, no es posible que la agricultura y la pesca disminuya con el tiempo pues es necesario alimentar a esta creciente población. Lo mismo ocurre con la industria, un mínimo de producción que abastezca las necesidades del mercado de bienes materiales resulta ineludible. Por estas razones se ha determinado que el ritmo de crecimiento para agricultura y pesca será un 0,1% y para la industria de un 0,5%.

Una vez calculados los ritmos de crecimiento, ya es posible calcular los valores futuros de consumo en los próximos años desde un punto de vista conservador en el que se considera que no van a producirse cambios en un futuro y que por lo consiguiente se van a mantener los ritmos de crecimiento, es decir un escenario BAU.

En el caso de la Marina, los valores iniciales de consumo energético que se tienen según las instalaciones son de electricidad en el sector servicios y de petróleo en el sector transporte. En el 4.3. Módulo 3: demanda de energía se han calculado los teps de petróleo consumidos en el año 2016 y son 15,7. En cuanto a la electricidad, gracias a la información proporcionada por el consorcio expuesta en el Anexo 1. Consumo eléctrico del año 2016 en kwh podemos saber el total de kWh anuales consumidos en el sector servicios y pasarlo a teps:

$$4.851.138 \text{ kWh} = 417,198 \text{ tep}$$

Se han tenido en cuenta las siguientes suposiciones para llevar a cabo la simulación del escenario BAU:

- La demanda eléctrica es abastecida en su totalidad por la red eléctrica. No existe generación propia con fuentes renovables en la Marina.
- Se aplican los ritmos de crecimiento calculados para la Comunidad Valenciana.

Los resultados de la simulación desde el 2016 hasta el año 2030 del escenario BAU, que sirve como punto de referencia, se compararán con los demás escenarios más adelante en el mismo módulo 6.

## Escenarios exploratorios

Una vez se ha observado el resultado conservador sin cambios aparentes en la dinámica energética de la Marina, el siguiente paso es proponer diferentes alternativas que busquen un futuro más acorde con los objetivos del Consorcio, es decir, generación propia dentro de las instalaciones con tecnologías de energías renovables. Los dos escenarios exploratorios propuestos para el caso de estudio a simular con SIMESSEN se explicarán a continuación.

### Escenario 20%

Basándonos en los objetivos europeos sobre clima y energía para 2020 [71], en este escenario se buscará alcanzar un 20% de aportación de energías renovables al total de energía final en la Marina para el año 2020. Cabe mencionar que este escenario está planteado desde 2016 teniendo 4 años de margen hasta 2020 porque es el último año del que se proporcionaron datos energéticos.

Las conjeturas y suposiciones tenidas en cuenta a la hora de simular dicho escenario son las siguientes:

- El consumo de petróleo relacionado con el transporte usado por el Consorcio dentro de las instalaciones de la Marina tendrá una transición hacia consumo eléctrico. Esto es, cada año se cambiará un vehículo tradicional por uno eléctrico que consumirán electricidad producida con la mini-red híbrida renovable de la Marina. Aunque parezca una gran inversión, existen apoyos económicos como el “Plan Movalt” que destinan altos presupuestos a subvencionar la compra de vehículos eléctricos [72].
- Aumento hasta el 20% de generación de energías renovables respecto la energía final total consumida en las instalaciones. Ya no se abastece toda la electricidad con consumo de la red eléctrica, sino que hay generación propia en la Marina.
- El consumo eléctrico del sector servicios disminuirá cada año según se vayan aplicando medidas de eficiencia energética. A continuación, se desarrollará más detalladamente esta suposición.
- Se aplican los ritmos de crecimiento calculados para la Comunidad Valenciana.

Para determinar cuánto es posible ahorrar energéticamente aplicando medidas de eficiencia energética a las instalaciones estudiadas, sería necesario realizar una auditoría energética, cosa que no entra en el marco de este trabajo. Sin embargo, sí es posible realizar algunas suposiciones y hacer números grosso modo para tener una idea general y orientativa acerca de este tema.

Como se ha comentado en el 4.3. Módulo 3: demanda de energía, haber clasificado los consumos eléctricos según la tipología como se muestra en la Tabla 3: Porcentajes por CT del tipo de consumo resulta ser de gran utilidad para calcular los efectos de aplicar medidas de eficiencia en el consumo eléctrico total. Así pues, a continuación, se discutirá qué porcentaje de reducción en cada tipo de consumo es posible obtener a partir de dichas medidas:

- Alumbrado público: la medida de eficiencia consistiría en cambiar el tipo de luminarias y adaptar la intensidad proporcionada a la necesaria. Son acciones de bajo coste y con grandes efectos, ya que las luminarias presentes en la Marina son viejas e ineficientes. Cogiendo como referencia otros proyectos actuales con un estudio en detalle de la reducción del consumo eléctrico en esta tipología de consumo [73], esta disminución corresponderá a un 82%.

- Amarres: presenta un potencial del 0% pues no hay margen de maniobra ya que se trata de un servicio que depende de los clientes que se conectan a la red con sus respectivas embarcaciones.
- Parking: presenta un potencial del 0%. No es posible actuar tampoco pues se compone principalmente de iluminación fluorescente, bastante eficiente, que necesita estar encendida constantemente.
- Edificios: la Marina Real cuenta con edificios relativamente modernos. Las medidas eficientes rentables que podrían llevarse a cabo en sus edificios, sin entrar en temas constructivos como el aislamiento, serían de iluminación y climatización. De acuerdo con la opinión de los técnicos en la Marina, existe un potencial considerable para lograr un mayor ahorro de energía estableciendo o fortaleciendo estándares. En la mayoría de los proyectos realizados para edificios por las empresas de servicios energéticos, son posibles mejoras de eficiencia de, al menos, el 10% al 20% de electrodomésticos, equipos de climatización y productos de iluminación que ya están disponibles comercialmente [74]. Además, como se menciona en el RD 56/2016 [75], un 20% de reducción en el consumo energético es a lo que aspira la estrategia europea para un crecimiento sostenible en el horizonte 2020, aunque este RD no sea aplicable obligatoriamente a la Marina. De este modo, la mejora en eficiencia socioeconómicamente viable corresponde a una disminución en el consumo eléctrico de un 20%.
- Otros: presenta un potencial del 0%. Estos consumos son minoritarios y compuestos por bombas de agua o pozos de vacío, por ejemplo, correspondientes a trabajo. Por lo que no hay mucho margen de acción en este caso. Al menos que no requiera cambiar la maquinaria que supondría un coste elevado.

En conclusión, sólo en alumbrado público y edificios es posible ahorrar electricidad desde el punto de vista de la eficiencia. El siguiente paso es aplicar estos porcentajes a nuestro caso real para observar cómo cambiaría el consumo y simularlo en SIMESSEN.

Según la Tabla 3: Porcentajes por CT del tipo de consumo:

- Consumo en 2016 de alumbrado público: 837.246 kWh siendo el 17,26% del total. Aplicando el 82% de eficiencia se queda en 150.704,29 kWh. En cuanto a energía ahorrada, serían 686.541,74 kWh o 59,043 tep.
- Consumo en 2016 de edificios: 1.639.885,86 kWh siendo el 33,8% del total. Aplicando el 20% de eficiencia se queda en 1.311.908,69 kWh. En cuanto a energía ahorrada, serían 327.977,17 kWh o 28,206 tep.

Para este cálculo se ha cogido el 2016 como el año de referencia ya que es del que se tienen los datos reales y también es el año inicial de la simulación en SIMESSEN. Los números de eficiencia serán absolutos porque el primer año se hará más esfuerzo en cuanto a las medidas implementadas, será la inversión más fuerte. El consumo anual de electricidad en el sector servicios irá subiendo, pues el ritmo de crecimiento es positivo, por lo que cada año estos números absolutos representarán un porcentaje menor del total.

La reducción en alumbrado se aplicará a lo largo de 2 años pues son cambios rápidos y de fácil aplicación. En cambio, la reducción en edificios se aplicará a lo largo de 4 años, pues son medidas de más complejidad.

Los resultados de la simulación desde el 2016 hasta el año 2020 del escenario exploratorio 20% se presentarán más adelante en el mismo módulo 6 a modo comparación con el resto de escenarios.

### Escenario máximo

Pretende explotar el máximo potencial de producción de energías renovables en el caso de estudio para el año 2030, dando 10 años más de margen en comparación con el escenario previo. Como se ha podido comprobar en el 4.5. Módulo 5: producción de energía, cogiendo la máxima superficie disponible para instalaciones fotovoltaicas y un molino de 2 MW, se cubre en más del 100% la demanda eléctrica del año 2016 y se deja un margen de crecimiento de la demanda para años futuros con lo cual para el 2030 también aspiramos a llegar a ese 100%.

Por lo que, el máximo potencial de producción de energías renovables en la Marina es el 100% en cuanto a la electricidad. Sin embargo, no podemos olvidarnos de la demanda de combustibles para vehículos que, aun cambiando un vehículo convencional por uno eléctrico por año, en el 2030 seguirá habiendo demanda de petróleo. Por lo tanto, en este escenario se explorará la situación de la Marina con el objetivo de llegar a cubrir el 100% de la demanda eléctrica con energías renovables para el año 2030 (dejando así de consumir de la red de manera anualizada), sabiendo que del total será un poco menos del 100%.

Las conjeturas y suposiciones tenidas en cuenta a la hora de simular dicho escenario son las siguientes:

- Al igual que en el escenario del 20%, cada año se cambiará un vehículo tradicional por uno eléctrico que consumirán electricidad producida con la mini-red híbrida renovable de la Marina.
- Aumento hasta el 99% de generación de energías renovables respecto la energía final total consumida en las instalaciones, lo cual supone el máximo potencial instalable en el emplazamiento de estudio respecto la demanda.
- El consumo eléctrico del sector servicios disminuirá cada año según se vayan aplicando medidas de eficiencia energética.
- Se aplican los ritmos de crecimiento calculados para la Comunidad Valenciana.

Los resultados de la simulación desde el 2016 hasta el año 2030 en el escenario exploratorio máximo en comparación con el resto, se presentan a continuación.

## Comparativa de resultados

### Demanda energía final

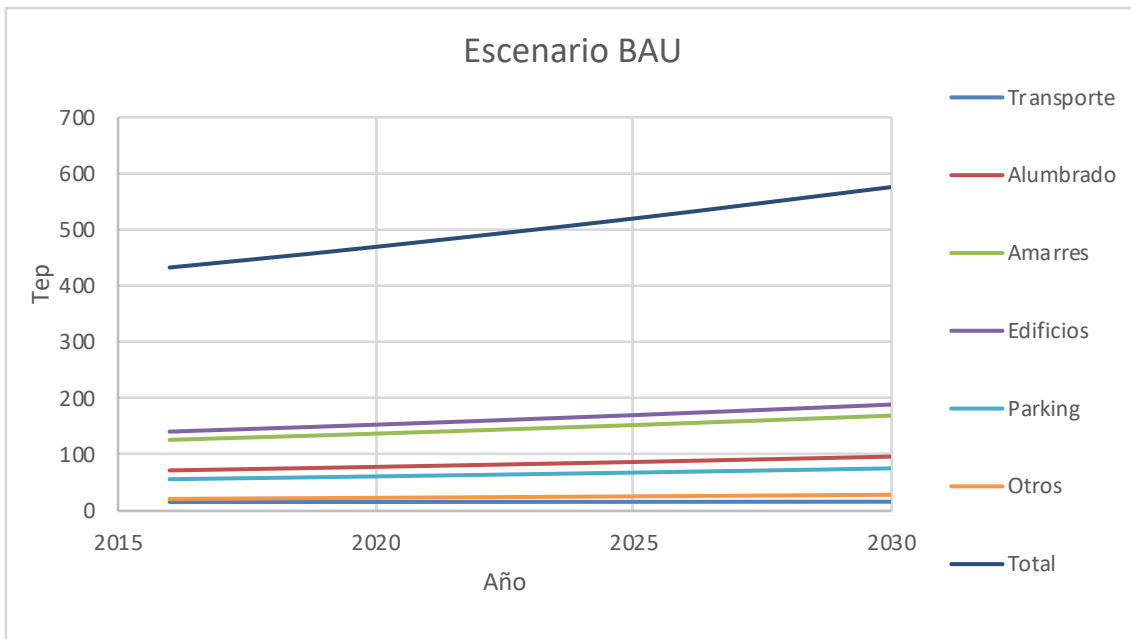


Ilustración 43: Demanda energía final escenario BAU

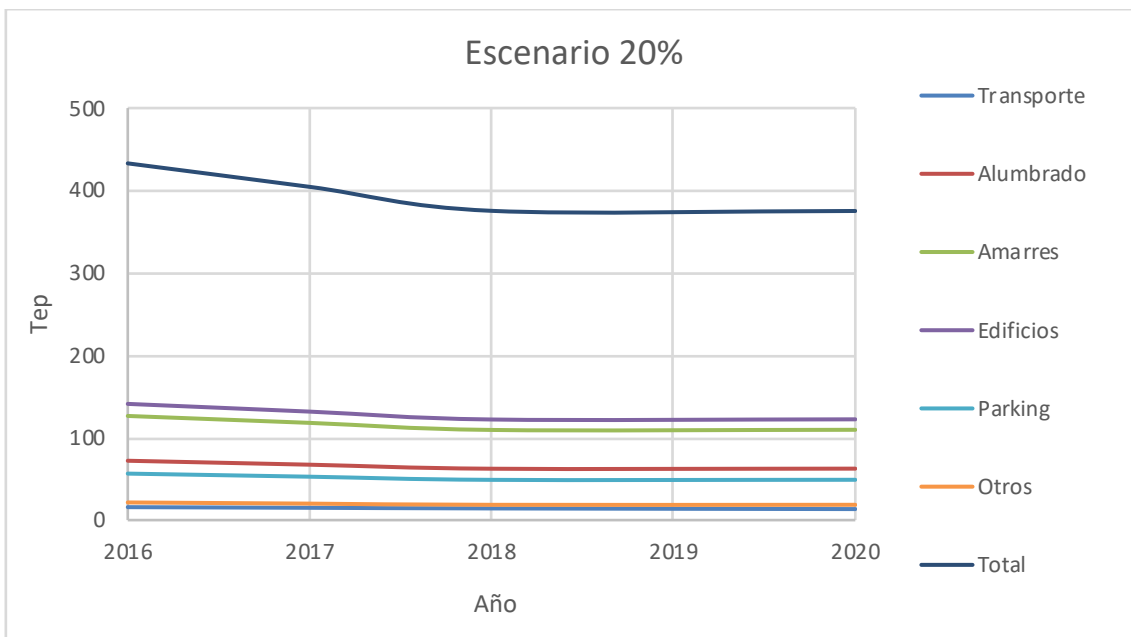
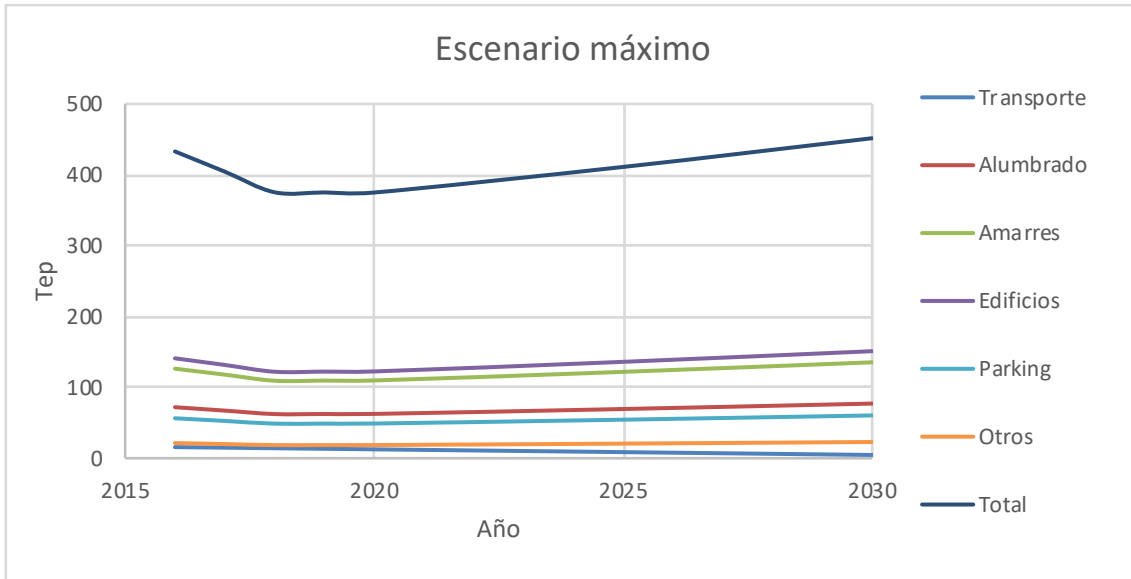


Ilustración 44: Demanda energía final escenario 20%

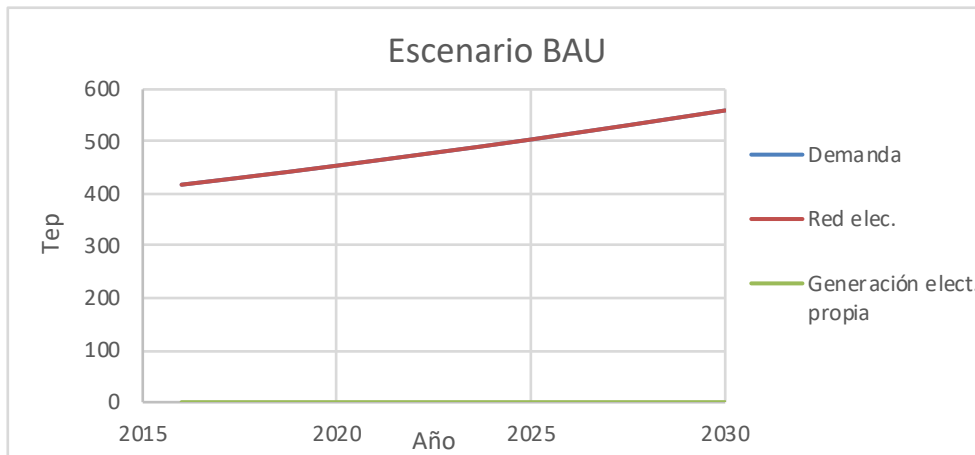


**Ilustración 45: Demanda energía final escenario máximo**

Observaciones:

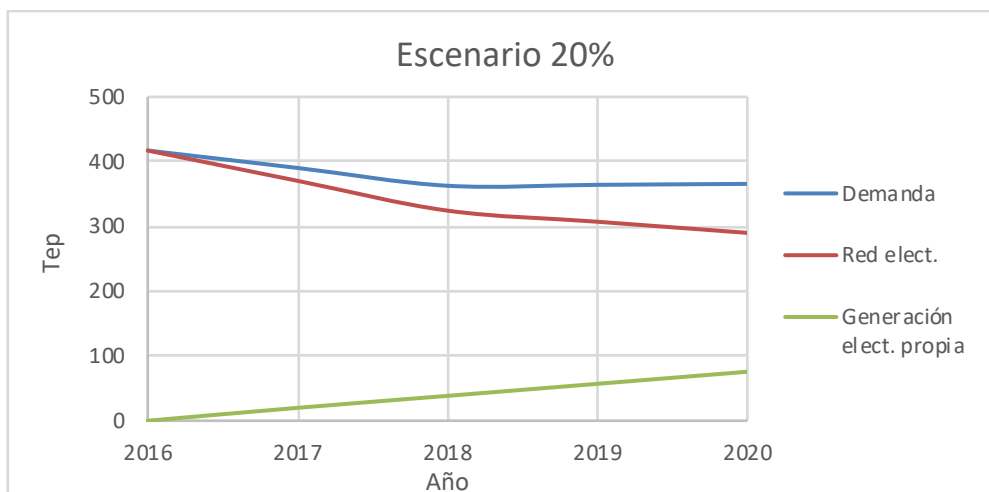
- En todos los casos, excepto “transporte” que es consumo de combustible, las demás secciones de la leyenda son consumos eléctricos incluidos en el sector de “servicios”. Éstos últimos suponen la gran mayoría de la demanda de energía final en la Marina.
- En el escenario BAU la demanda sube progresiva y linealmente conforme a los ritmos de crecimiento positivos en ambos sectores (servicios y transporte).
- La reducción en la demanda eléctrica en el escenario 20% y máximo se debe a las medidas de eficiencia energética. Los primeros dos años, la curva es más pronunciada porque se están aplicando las medidas de eficiencia en varios sectores de consumo eléctrico, mientras que en los dos años consecutivos solamente en uno.
- Tanto en el escenario 20% como el máximo, el consumo de petróleo va disminuyendo por la sustitución de los vehículos convencionales por eléctricos.

### Abastecimiento eléctrico

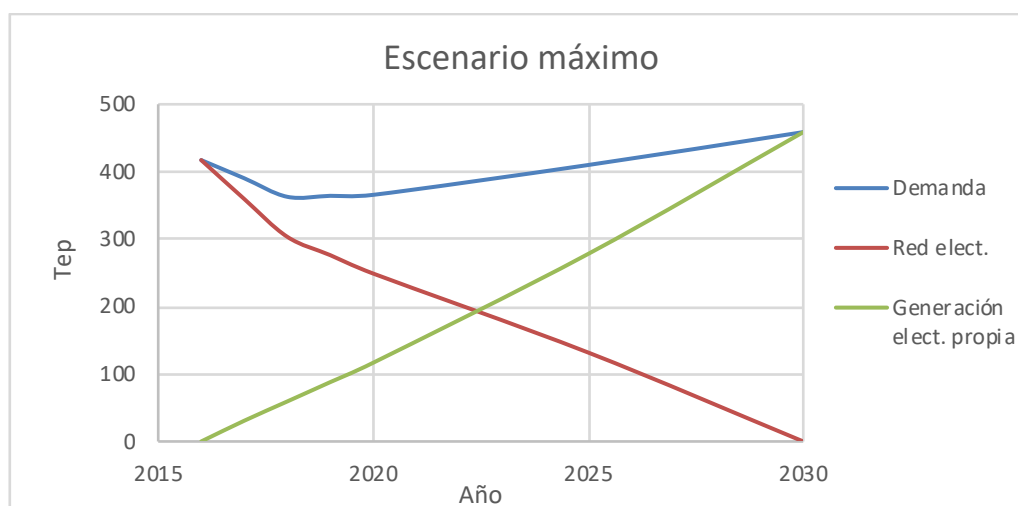


**Ilustración 46: Abastecimiento eléctrico escenario BAU**





**Ilustración 47: Abastecimiento eléctrico escenario 20%**



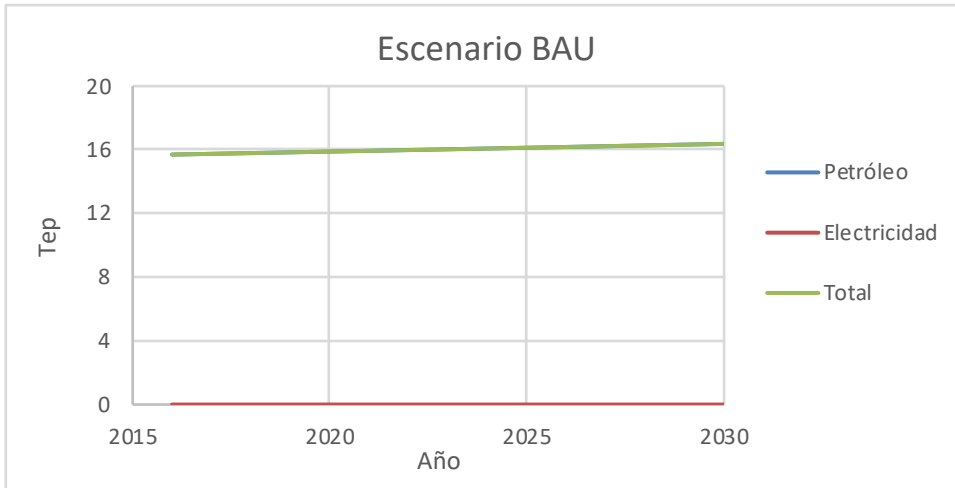
**Ilustración 48: Abastecimiento eléctrico escenario máximo<sup>3</sup>**

Observaciones:

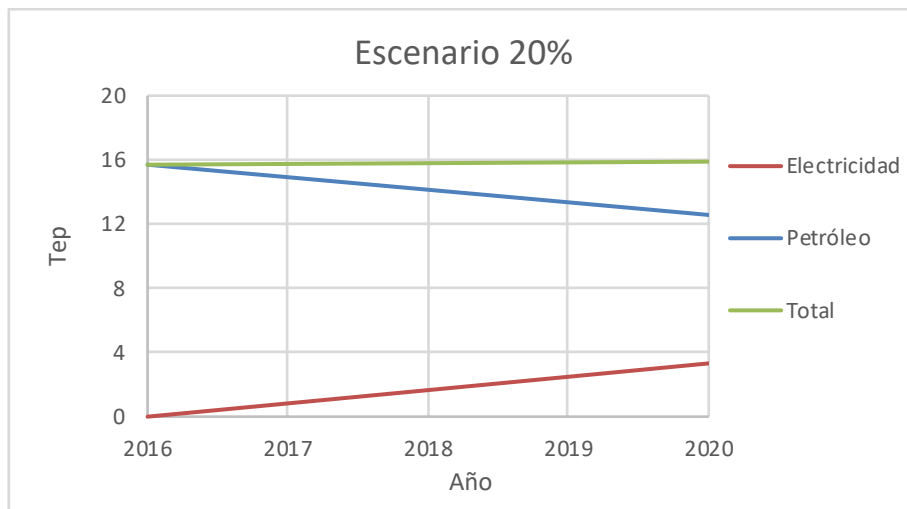
- En el escenario BAU la línea de red eléctrica y demanda son inseparables por la inexistencia de generación eléctrica propia. Además, el incremento de la demanda por los ritmos de crecimiento positivos, son lineales.
- En cambio, en el escenario 20% la línea de la demanda y la de la red eléctrica divergen conforme se empieza a generar electricidad propia con fuentes renovables.
- En el escenario máximo, es posible observar cómo la línea roja y verde se cruzan pues empieza a generarse más electricidad con energías renovables en la Marina de la que se compra a la red. En el año 2030 se genera un 99% y ya no se compra a la red, las líneas han intercambiado sus puntos finales respecto los originales.

<sup>3</sup> Cabe remarcar que esta gráfica no es realista en el caso de añadir un aerogenerador para llegar a ese abastecimiento con autogeneración de energías renovables pues, en vez de una línea continua creciente, habría un salto en el momento de añadir el aerogenerador.

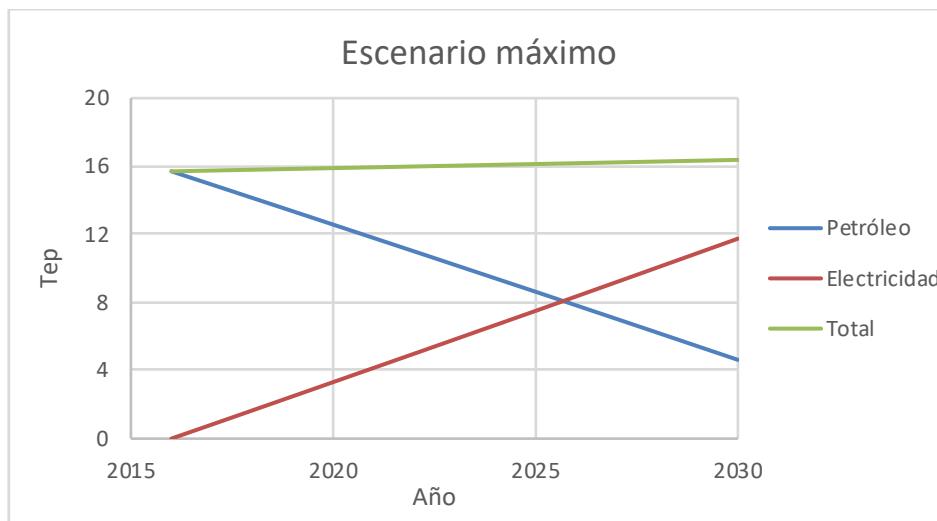
## Introducción al vehículo eléctrico



**Ilustración 49: Introducción al vehículo eléctrico escenario BAU**



**Ilustración 50: Introducción al vehículo eléctrico escenario 20%**

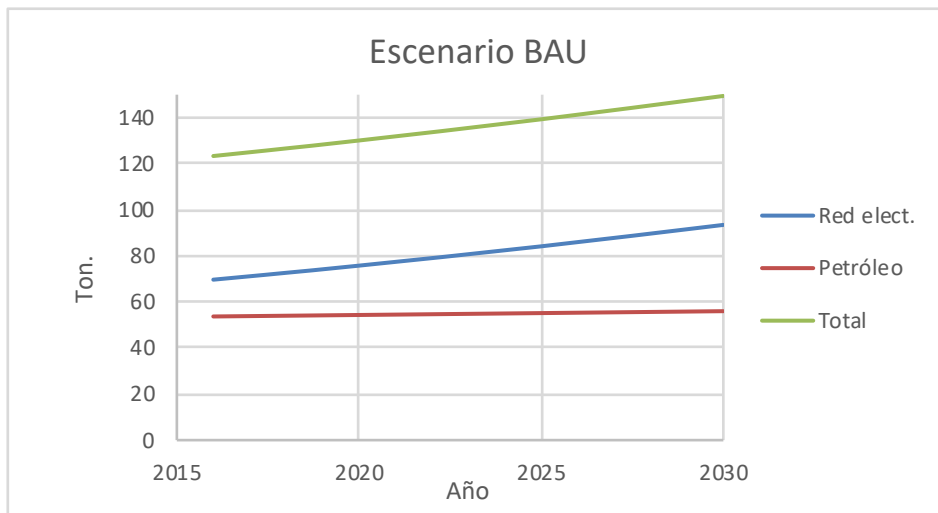


**Ilustración 51: Introducción al vehículo eléctrico escenario máximo**

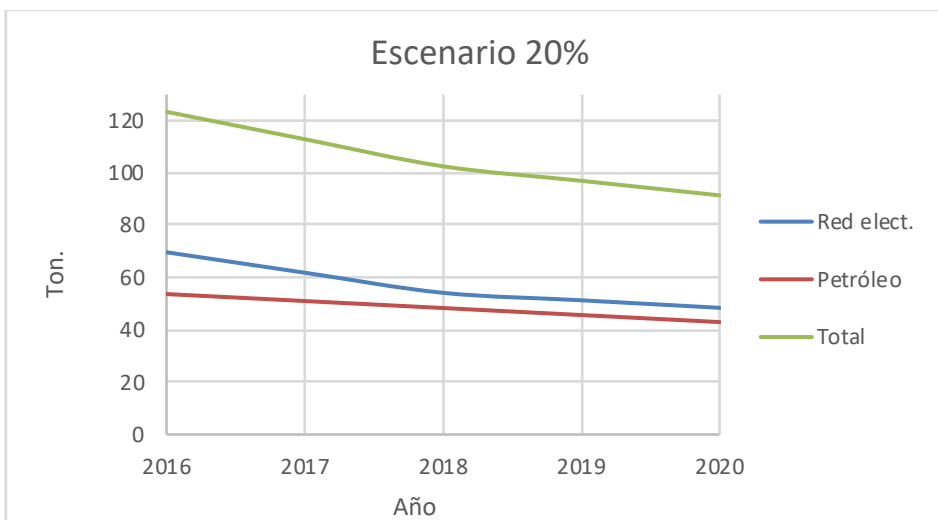
Observaciones:

- En el escenario BAU, el consumo de petróleo y el total coinciden pues este análisis se centra solamente en el sector transporte y en el caso de referencia, sólo hay consumo de petróleo en dicho sector.
- No obstante, en el escenario 20% se observa cómo van divergiendo la línea del total y el consumo del petróleo. Mientras se conserva el mismo consumo total que en el caso BAU a lo largo de los años, al introducir el vehículo eléctrico, el petróleo disminuye siendo sustituido por electricidad generada con fuentes renovables limpias propias.
- En el escenario máximo, dicha divergencia se efectúa en el año 2026 donde el número de coches convencionales y eléctricos coinciden. Más adelante empiezan a haber más eléctricos que convencionales y el consumo de electricidad supera al de petróleo.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> según la fuente energética



**Ilustración 52: Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente escenario BAU**



**Ilustración 53: Emisiones CO<sub>2</sub> por fuente escenario 20%**

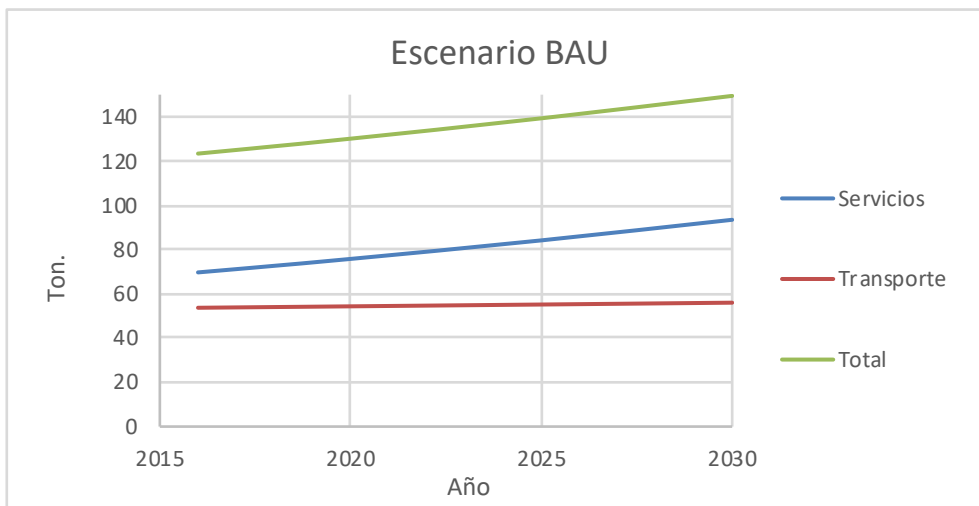


**Ilustración 54: Emisiones CO<sub>2</sub> por fuente escenario máximo**

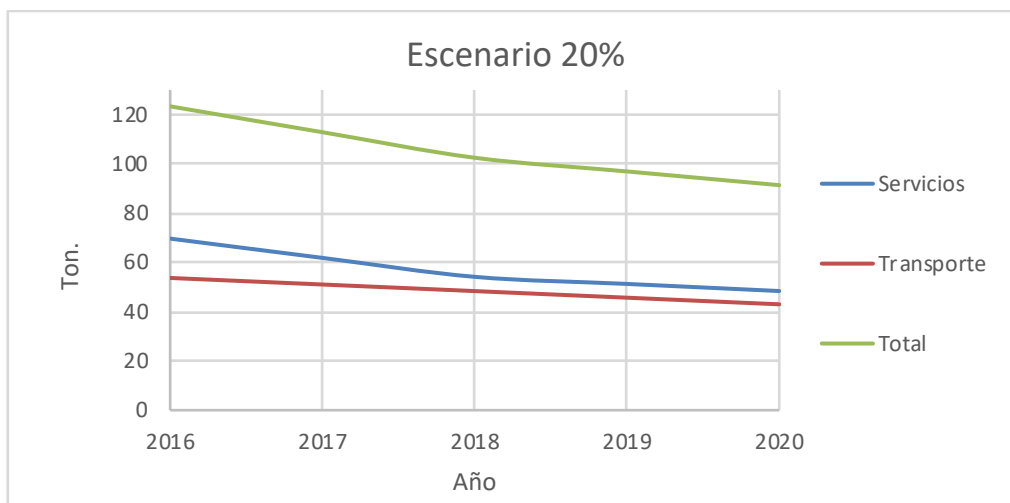
Observaciones:

- Las emisiones aumentan en el escenario BAU por la subida en el consumo de la red y la gasolina conforme pasan los años.
- En cambio, en el escenario 20% las emisiones decrecen anualmente por la transición a generación con ER y se observa una pequeña mayor inclinación en el decrecimiento los primeros años por las medidas de eficiencia energética.
- Ocurre lo mismo en el escenario máximo, pero además, como en 2030 ya no hay consumo de red, las únicas emisiones serán debidas a los pocos vehículos convencionales que restan.

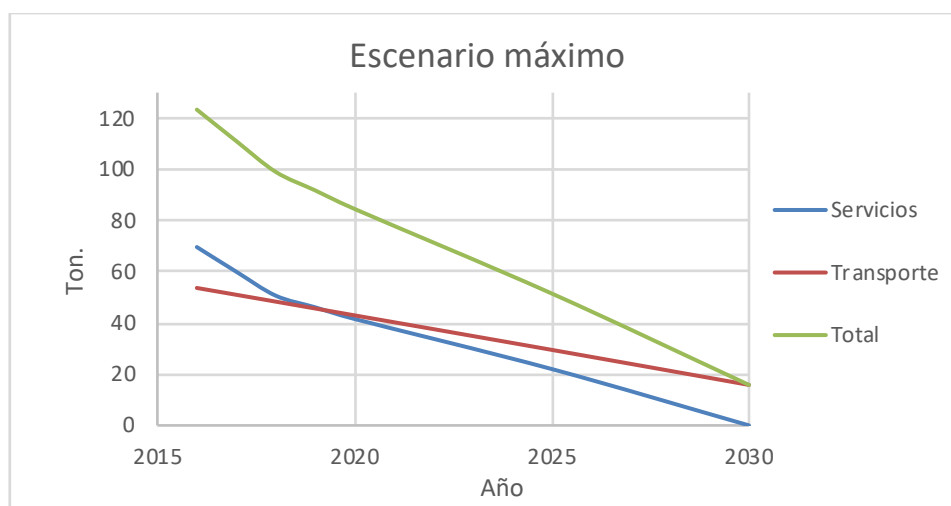
Emisiones de CO<sub>2</sub> según el sector



**Ilustración 55: Emisiones CO<sub>2</sub> por sector escenario BAU**



**Ilustración 56: Emisiones CO<sub>2</sub> por sector escenario 20%**

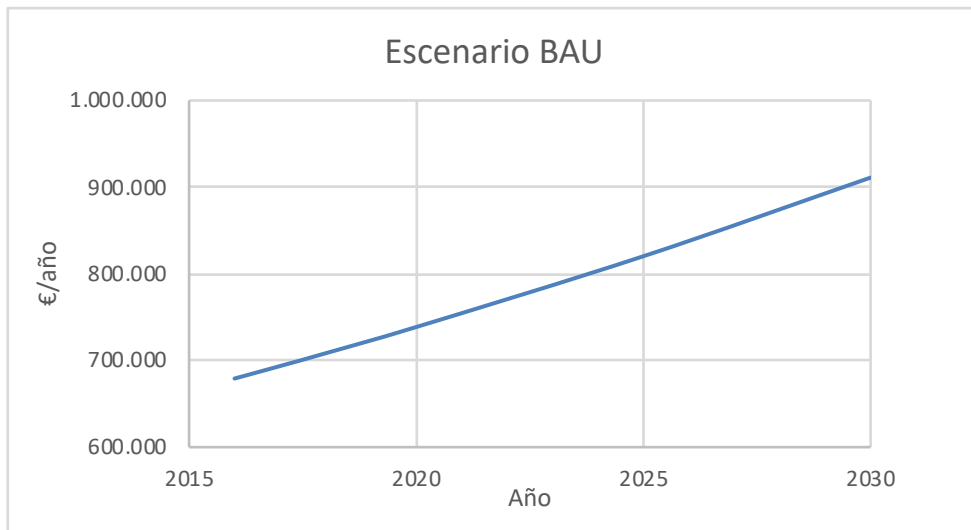


**Ilustración 57: Emisiones CO<sub>2</sub> por sector escenario máximo**

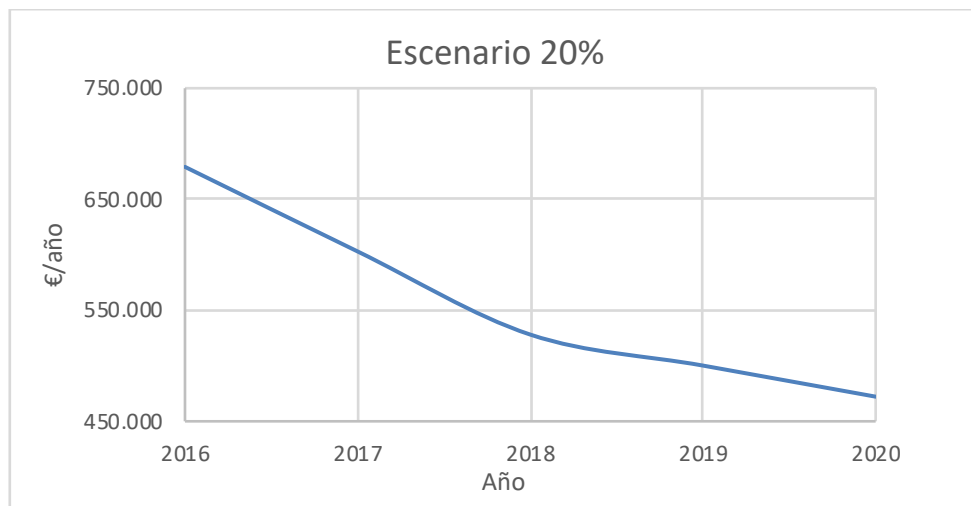
Observaciones:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> por sectores igual que fuente pues la red va a servicios y el vehículo eléctrico consume solo la electricidad generada con fuentes renovables. Por lo tanto, se llega a las mismas conclusiones que en el apartado anterior.

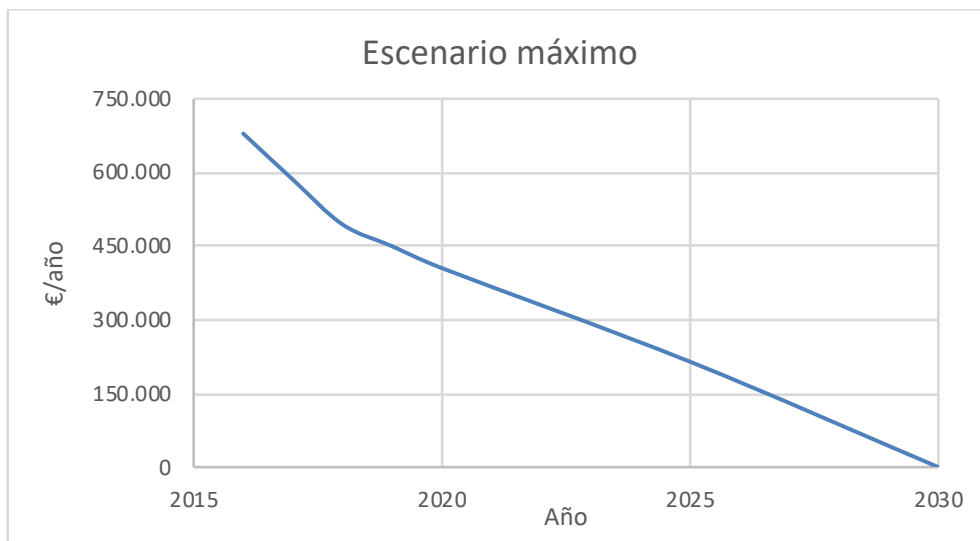
## Gasto en la compra a la red eléctrica



**Ilustración 58: Gasto red escenario BAU**



**Ilustración 59: Gasto red escenario 20%**

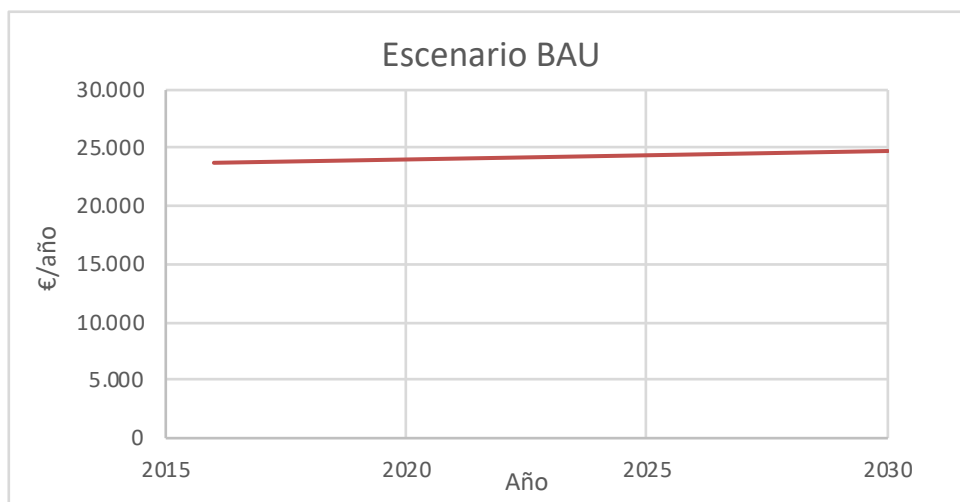


**Ilustración 60: Gasto red escenario máximo**

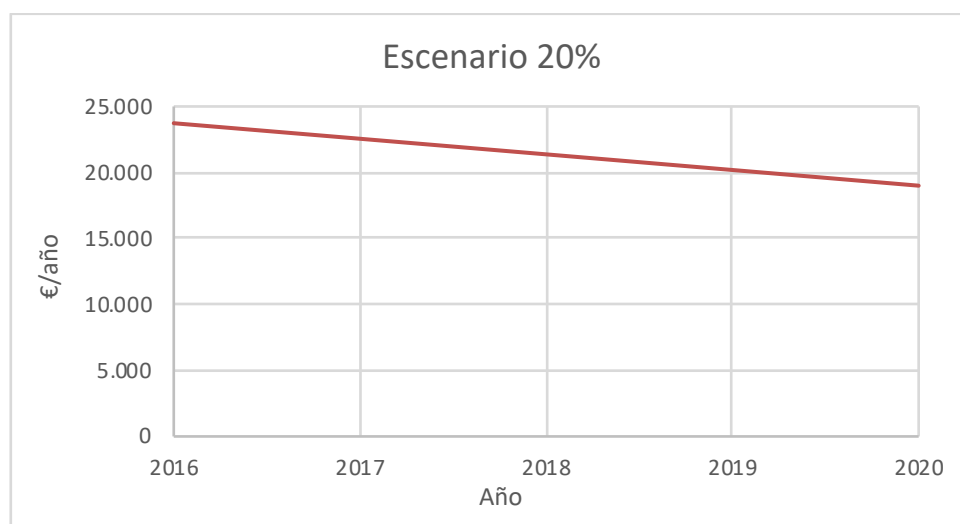
Observaciones:

- En el escenario BAU el consumo de la red aumenta por el ritmo de crecimiento positivo de la demanda de servicios conforme pasan los años
- En el escenario 20% se inicia de un valor similar al escenario BAU en compra de la red pero va disminuyendo anualmente, a pesar del ritmo de crecimiento, por el aumento progresivo de la generación de energías renovables en pro del autoabastecimiento sostenible de la Marina.
- Lo mismo se comprueba en el escenario máximo finalizando en un gasto nulo por llegar al 100% de autoabastecimiento eléctrico en 2030 sin necesidad de red de manera anualizada.

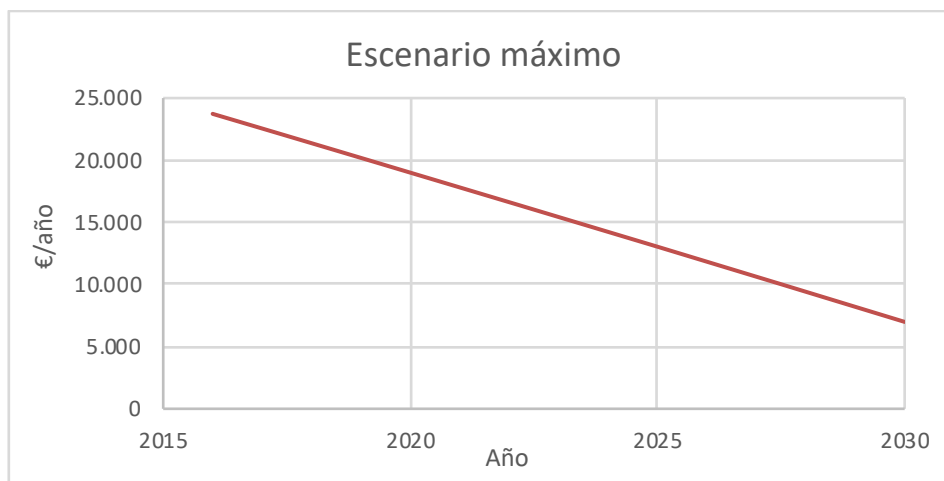
Gasto en la compra de combustible



**Ilustración 61: Gasto combustible escenario BAU**



**Ilustración 62: Gasto combustible escenario 20%**



Observaciones:

- El gasto en combustible disminuye en los escenarios exploratorios pues al introducir el vehículo eléctrico, aun aumentando con el ritmo de crecimiento positivo la demanda de transporte anual, el vehículo tradicional va perdiendo predominancia y baja el consumo fósil. En el año 2030 en el escenario máximo aún hay consumo porque quedan algunos vehículos convencionales por sustituir.

Evolución de indicadores

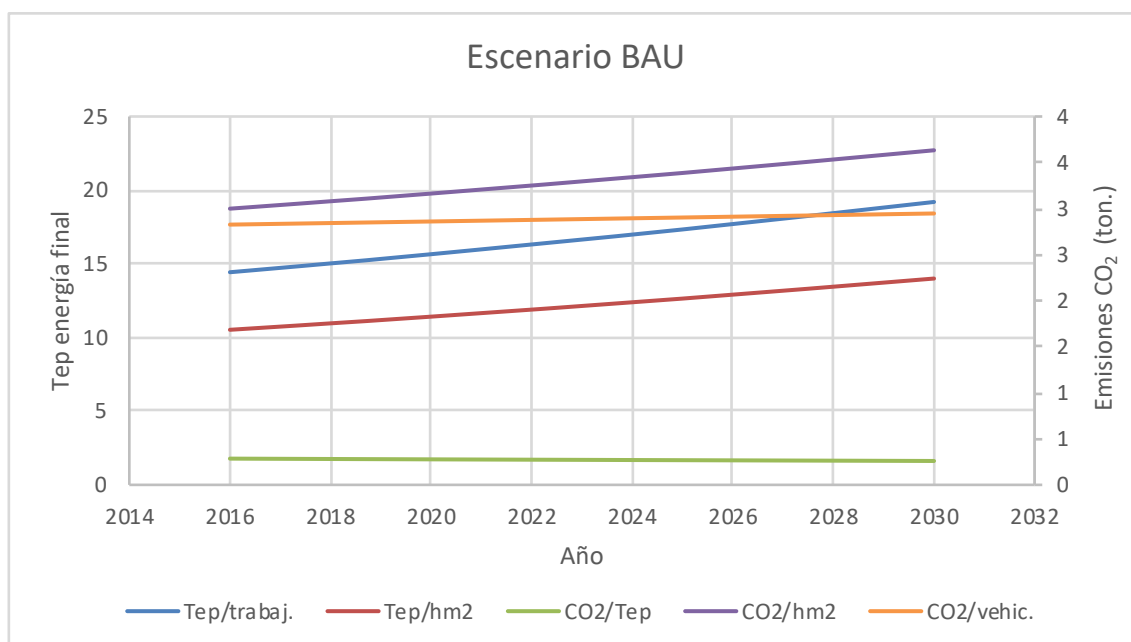
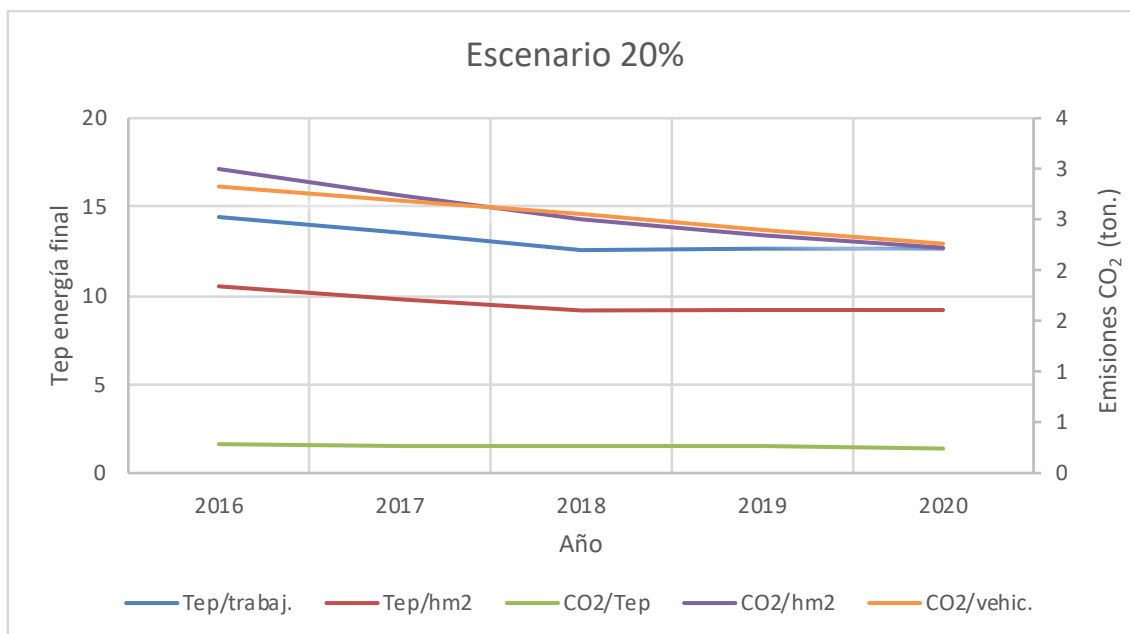
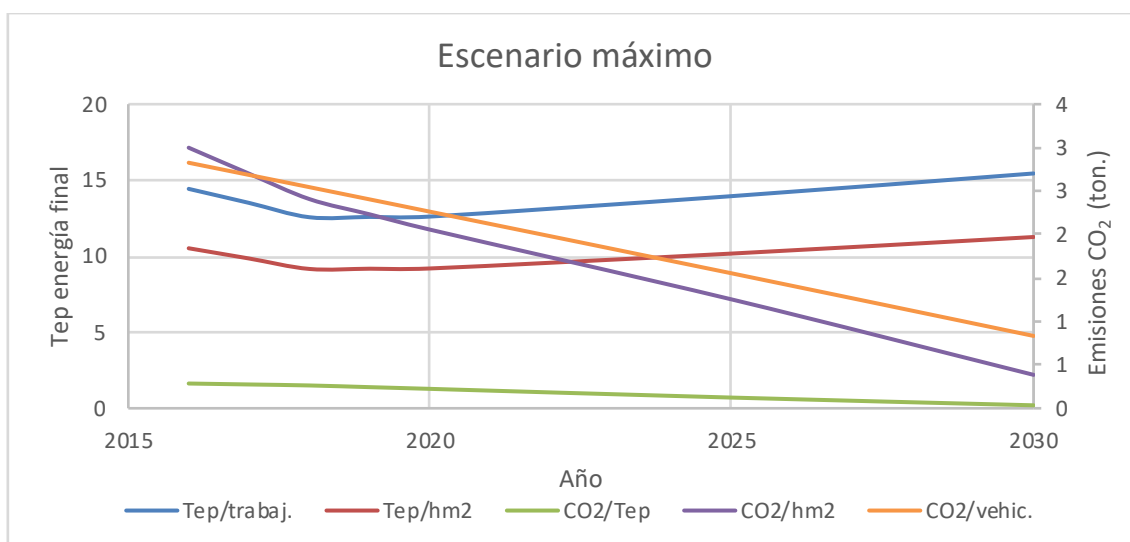


Ilustración 63: Evolución de indicadores escenario BAU





**Ilustración 64: Evolución de indicadores escenario 20%**



**Ilustración 65: Evolución de indicadores escenario máximo**

Observaciones por indicador:

- Tep/trabajador: en el BAU aumenta ya que la demanda energética crece constantemente con los años y el número de trabajadores se ha supuesto constante. En los escenarios exploratorios, hasta 2018 disminuye por las medidas de eficiencia, luego se mantiene un poco estable y a continuación crece constantemente como sucedía con el BAU.
- Tep/hm<sup>2</sup>: sigue las mismas tendencias que el tep/trabajador pues de igual manera el valor de área se mantiene constante mientras que la demanda incrementa.
- CO<sub>2</sub>/tep: se mantiene constante en el BAU pues la fuente de generación no cambia. En los escenarios exploratorios, conforme sube el porcentaje de generación de energías renovables in situ, va disminuyendo poco a poco.

- $\text{CO}_2/\text{hm}^2$ : en el BAU aumenta pues la fuente energética sigue siendo la red y el petróleo, cuyo consumo crece con los años mientras que el área se mantiene constante. En los escenarios exploratorios sufre un mayor descenso con las medidas de eficiencia ya que baja el consumo también, y posteriormente sigue, aunque aumente el consumo por la creciente generación in situ con energías renovables limpias.
- $\text{CO}_2/\text{vehículo}$ : en el BAU aumenta vagamente por el leve incremento anual en la demanda energética en el sector transporte. En los escenarios exploratorios disminuye regularmente con los años por la constante sustitución anual de vehículos convencionales emisores de gases efecto invernadero por vehículos eléctricos alimentados con generación de renovables.

#### 4.7. MÓDULO 7: MODELADO (ANÁLISIS MICRO-ENERGÉTICO)

El siguiente paso de la etapa de procesamiento de datos es el análisis micro-energético, modelando la mini-red híbrida renovable conectada a la red que se desea implantar en las instalaciones instaladas. SIMESSEN nos dice cuánta energía renovable debemos generar en nuestro emplazamiento según los escenarios a los que aspiramos llegar y HOMER nos dice cómo llevarlo a la práctica. Teniendo ya claro el potencial energético de la zona, a continuación se dimensionará a grandes rasgos la instalación de acuerdo a éste. Es importante tener en cuenta que HOMER simulará el consumo eléctrico y también sería posible añadirle el térmico pero no combustibles para vehículos, por lo que sólo se considerará el análisis eléctrico en obtenido en SIMESSEN donde parte del consumo eléctrico irá dirigido a los nuevos vehículos eléctricos.

##### Inputs

El software demanda ciertos archivos o información de entrada para poder hacer el modelado sobre datos reales y aplicados a nuestro caso:

- Recurso solar: mediante el uso del PVGIS se ha obtenido la radiación horizontal para la zona objeto de estudio, que se ha introducido en el programa, así como la latitud y la longitud del lugar.
- Recurso eólico: con los datos recopilados por mes en la Ilustración 28: Recurso eólico en la Marina, HOMER genera aleatoriamente velocidades de viento para las 8760 horas del año.
- Consumo eléctrico: HOMER requiere de los datos horarios durante un año de este consumo. Teniendo en SIMESSEN el dato de consumo eléctrico total para el año objetivo de cada escenario, contando con la generación de energías renovables, es posible extrapolar dicho dato anual a una columna de datos horarios de ese año extrapolando. Gracias a los documentos de consumos eléctricos horarios que se proporcionaron de algunos CTs con grandes consumos, es posible tener un perfil horario anual y extrapolar con el dato de consumo eléctrico anual total de cada escenario.
- Precio de la red: con las facturas eléctricas de la Marina se ha obtenido una media de 0,14 €/kWh. Cogiendo la tarifa 3.1A se ha extrapolado para tener 3 precios: valle, llano y punta. Se ha aplicado el horario semanal de esta misma tarifa a HOMER.
- Tecnologías renovables: se requieren las posibles potencias a instalar y la inversión correspondiente. Las potencias dependerán de los catálogos y número de placas o molinos instalables, ya expuesto en el 4.5. Módulo 5: producción de energía, y para los

números de inversión se ha acudido al Plan de Energías Renovables 2011-2020 del IDAE [76] porque no sólo se tiene en cuenta el precio de la tecnología en sí y este documento da una perspectiva más holística.

- Se ha seleccionado un inversor mostrado en el Anexo 3. Catálogos con un coste base extraído de igual modo del Plan de Energías Renovables 2011-2020 del IDAE [76].

### **Balance neto**

En este caso de aplicación que se simulará en HOMER, no se considerará el uso de baterías en la mini-red híbrida pues no se trata de un sistema en isla aislado de la red. Así pues, la red eléctrica que abastece hoy en día a la Marina, será un sistema cerrado de almacenamiento donde se vierte electricidad y se extrae. HOMER realizará en la simulación un balance neto del intercambio eléctrico entre la red y la mini-red híbrida y se podrá comprobar si se compra más que se vende y en qué medida. De esta manera, será posible obtener el porcentaje de dependencia de la red y, por tanto, el consumo de renovables.

En el escenario exploratorio máximo, el porcentaje de abastecimiento con la autogeneración de energías renovables instaladas en la Marina será adquirido a través de una simulación en HOMER con los máximos potenciales posibles a instalar de fotovoltaica y eólica. En el caso de que el balance neto diese 0, el porcentaje sería un 100%. Si el balance es positivo (se compra más electricidad a la red de la que se vende), entonces el porcentaje será menor a 100. En nuestro caso, cogiendo 1.430 kW de fotovoltaica y 2 MW de eólica, el balance sale ligeramente positivo en un 2,4% de las transacciones energéticas, lo cual puede considerarse prácticamente nulo comprobando lo dicho previamente.

Cabe mencionar dos asuntos más con relación al balance neto. Primero, es necesario contar con la red aun teniendo un 100% de autogeneración con renovables ya que la demanda horaria está desacoplada pues las energías renovables como la fotovoltaica y eólica son intermitentes y dependientes del recurso. Por lo tanto, la red hará de sistema de almacenamiento a través de la compra y venta, así acoplando horariamente cada exceso de producción o escasez.

En segundo lugar, el balance neto es una situación hipotética que no existe hoy en día en el territorio español, pero sí en otros países. No es objeto de este trabajo determinar la legislación española para venta de electricidad a la red ni calcular el precio de venta, así que cuando el balance neto sea 0, se considerará que no hay gastos de electricidad porque compra y venta se igualan. Cuando el balance sea positivo, se tendrán en cuenta los costes de compra a la red (al precio de mercado) de ese balance entre la compra y la venta. Una alternativa al balance neto que sería viable legalmente sería la utilización de acumuladores. Sin embargo, en la práctica, las sucesivas simulaciones con HOMER junto con la experiencia de otros casos tratados por los tutores del TFM, demuestran que en sistemas conectados a la red el sistema de acumulación es inviable económicamente. No sólo son los acumuladores más caros, sino que además resulta necesario sobredimensionar la instalación al implantarlos.

### **Escenario 20%**

Este escenario dispone de diferentes alternativas para cubrir los datos energéticos simulados con SIMESSEN por lo que se ha decidido dividirlo en tres secciones que se exponen a continuación.

## Fotovoltaica

En este caso el 20% de renovables será abastecido solamente con tecnología fotovoltaica. La potencia instalada es 458 kW lo que supone 1.760 paneles de 260 W según el modelo elegido. Los costes de inversión son de 1,9 €/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76]. Se han cogido 2 inversores con una potencia total de 600 kW, ya que 300 kW se queda corto y daría exceso de electricidad producida y no consumida o vendida.

Los resultados obtenidos al modelar dicho escenario se exponen a continuación.

### Costes por tecnología

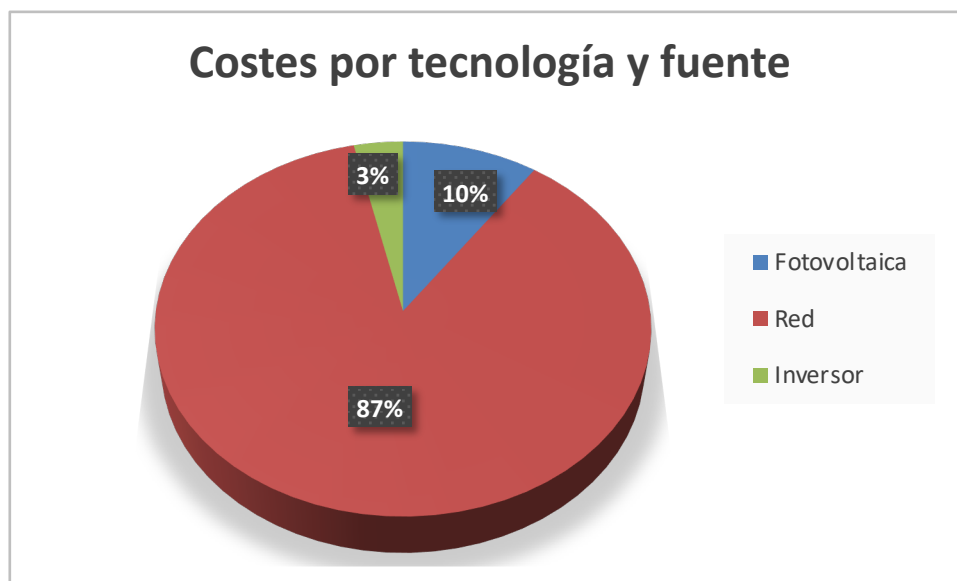


Ilustración 66: Costes escenario 20% fotovoltaica

Con el precio de compra a red establecido según las facturas de la Marina, la red resulta ser una fuente eléctrica costosa. La tecnología fotovoltaica junto con el inversor representa el 14% del coste energético siendo responsable del 20% de la generación.

El precio por kWh de fotovoltaica teniendo en cuenta el inversor es de 0,092 € mientras que el de la red es de 0,146 €. La fotovoltaica resulta ser más económica que la red.

A continuación se muestra una tabla resumen de los costes de la instalación.

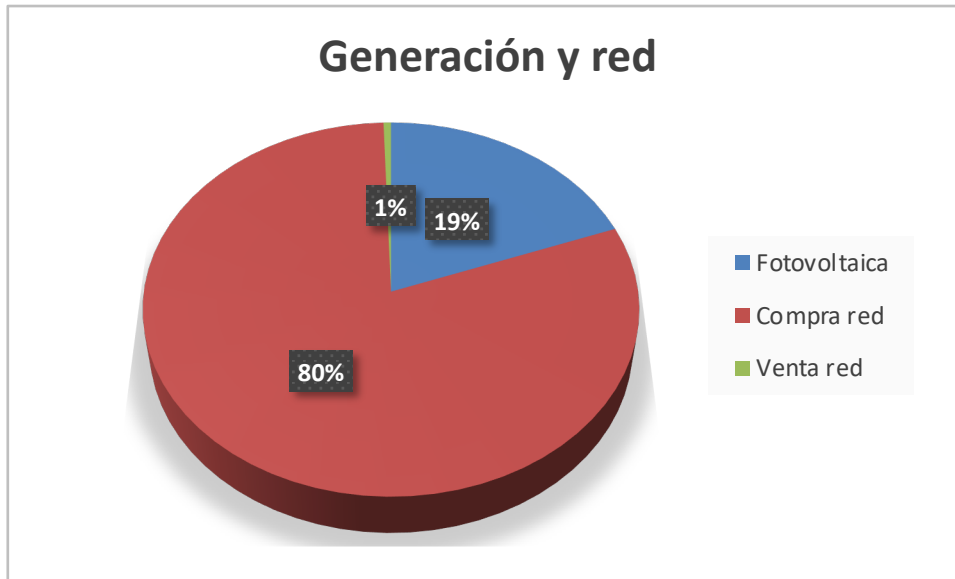
Componente	Inversión <sup>4</sup> (€)	Gasto proporcional durante la vida útil <sup>5</sup> respecto la inversión (€/año)	Reemplazamiento (€/año)	Operación y mantenimiento (€/año)	Total anualizado (€/año)
Fotovoltaica	668.504	30.355	4.590	22.019	56.964
Red	0	0	0	508.722	508.722
Inversor	200.000	9.081	5.462	6.000	20.543
Total	868.504	39.436	10.052	536.741	586.229

<sup>4</sup> Cuando se habla de inversión en el HOMER, no se tiene en cuenta el gasto de aplicar medidas de eficiencia energética ni de cambiar vehículos convencionales por eléctricos. Simplemente hace referencia a la mini-red híbrida renovable junto con la red.

<sup>5</sup> La vida útil de los paneles fotovoltaicos es 20 años, del aerogenerador 15 y del inversor 15 también. Lo mismo para las demás propuestas.

**Tabla 5: Costes escenario 20% fotovoltaica**

*Generación y red*



**Ilustración 67: Generación y red escenario 20% fotovoltaica**

En la ilustración previa se presenta la electricidad generada por fotovoltaica y la compra y venta a la red para casar horariamente la generación y la demanda. Como se puede comprobar, con fotovoltaica se produce un 19% del consumo más el 1% de venta a red, lo cual supone el 20% como se había establecido. El resto se compra a red.

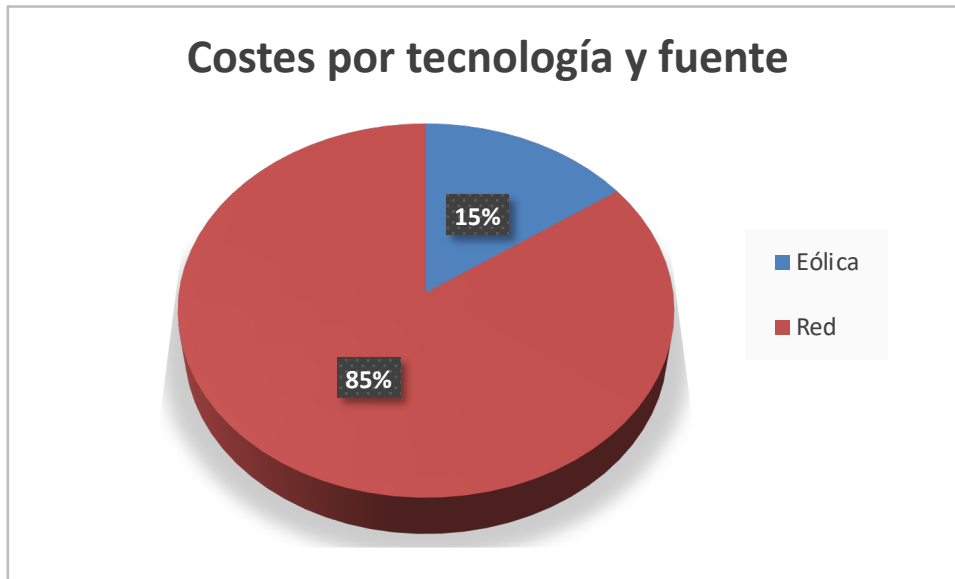
*Balance neto de la red*

En este caso, el balance neto entre la compra y la venta de red supone un 80% del total de intercambios energéticos en el modelado, por lo que el 20% será generado con la tecnología fotovoltaica que era el objetivo perseguido en esta sección.

*Eólica*

En este caso el 20% de renovables será abastecido solamente con tecnología eólica. La potencia instalada es 850 kW con 1 molino mostrado en el Anexo 3. Catálogos. Los costes de inversión son de 1,307 €/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76].

Los resultados obtenidos al modelar dicho escenario se exponen a continuación.



**Ilustración 68: Costes por tecnología escenario 20% eólica**

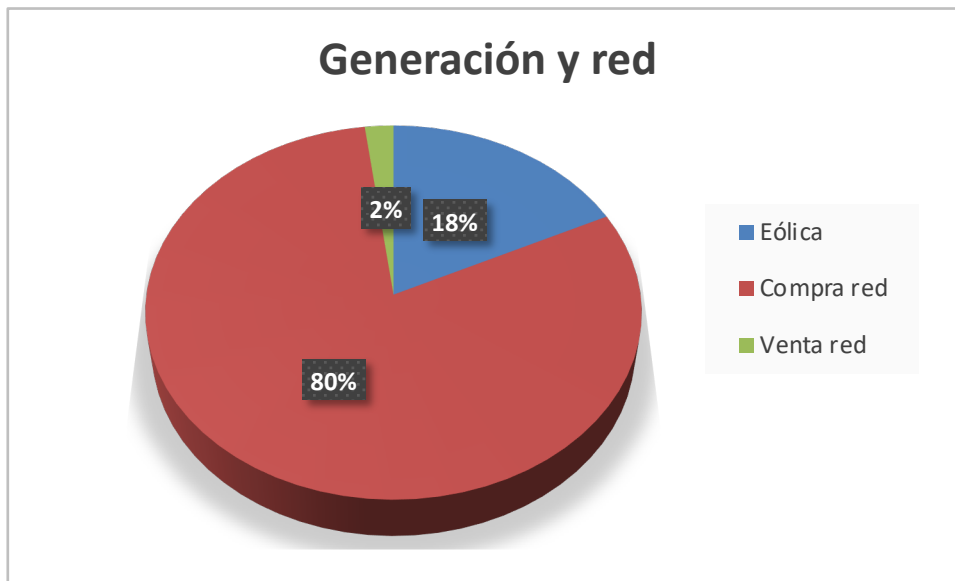
Similarmente al caso del 20% con solar, con el precio de compra a red establecido según las facturas de la Marina, la red resulta ser una fuente eléctrica costosa. Además, la tecnología eólica representa el 15% del coste energético siendo responsable del 20% de la generación.

El precio por kWh de fotovoltaica teniendo en cuenta el inversor es de 0,12 € mientras que el de la red es de 0,148 €. La eólica resulta ser más económica que la red.

A continuación se muestra una tabla resumen de los costes de la instalación.

Componente	Inversión (€)	Gasto proporcional durante la vida útil respecto la inversión (€/año)	Reemplazamiento (€/año)	Operación y mantenimiento (€/año)	Total anualizado (€/año)
Eólica	1.110.950	50.445	22.748	18.516	91.709
Red	0	0	0	511.494	511.494
Total	1.110.950	50.445	22.748	530.010	603.203

**Tabla 6: Costes escenario 20% eólica**



**Ilustración 69: Generación y red escenario 20% eólica**

En la ilustración previa se presenta la electricidad generada por el aerogenerador y la compra y venta de electricidad a la red para casar horariamente la generación y la demanda. Como se puede comprobar, con eólica se produce un 18% del consumo más el 2% de venta a red, lo cual supone el 20% como se había establecido. El resto se compra a red.

#### *Balance neto de la red*

En este caso, el balance neto entre la compra y la venta de red supone un 80% del total de intercambios energéticos en el modelado, por lo que el 20% será generado con la tecnología eólica que era el objetivo perseguido en esta sección.

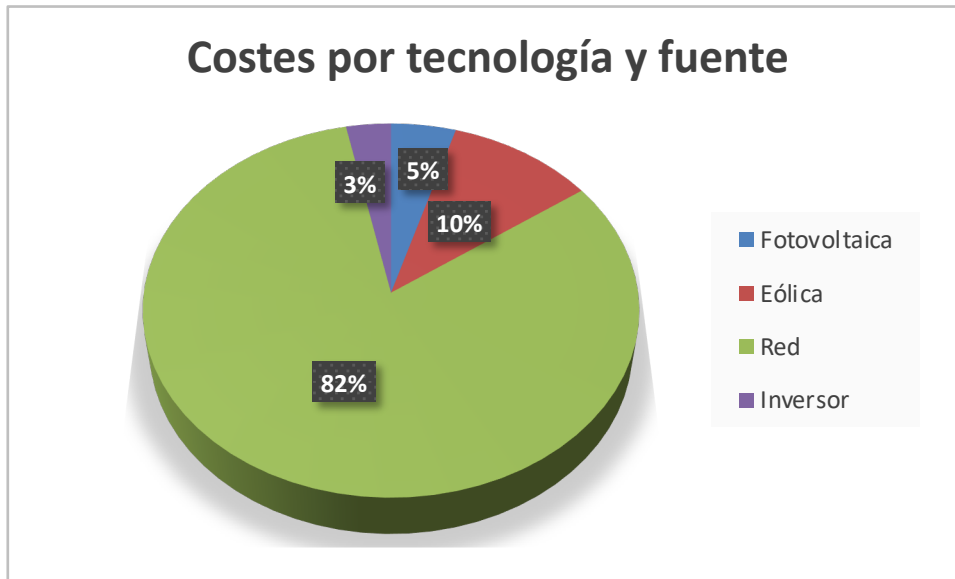
#### **Mixto**

En este caso el 20% de renovables será abastecido mitad con fotovoltaica y mitad con eólica de manera que:

- La potencia fotovoltaica instalada es de 229 kW lo que supone 220 paneles de 260 W según el modelo elegido. Los costes de inversión son de 1,9€/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76].
- La potencia eólica instalada es de 600 kW con 1 molino mostrado en el Anexo 3. Catálogos. Los costes de inversión son de 1,307€/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76].
- Son necesarios 2 inversores con una potencia total de 600 kW, el mínimo tamaño que permite que haya un 0% de exceso de producción eléctrica sin consumir o vender por el tamaño del inversor.

Esta propuesta se ha elegido por ser un caso de tantos mixtos donde se ha comprobado que entre el escenario 20% fotovoltaica y 20% eólica, no hay escenarios intermedios que fueran mejores económicamente (en cuanto a la inversión) que éstos.

Los resultados obtenidos al modelar dicho escenario se exponen a continuación.



**Ilustración 70: Costes por tecnología escenario 20% mixto**

En el caso mixto, de nuevo el precio de compra a red extraído de las facturas de la Marina conllevan a hacer de la red una fuente eléctrica costosa. La tecnología solar representa un 8% del coste siendo responsable del 10% de la generación y la eólica representa un 10% siendo responsable del 10% de igualmente.

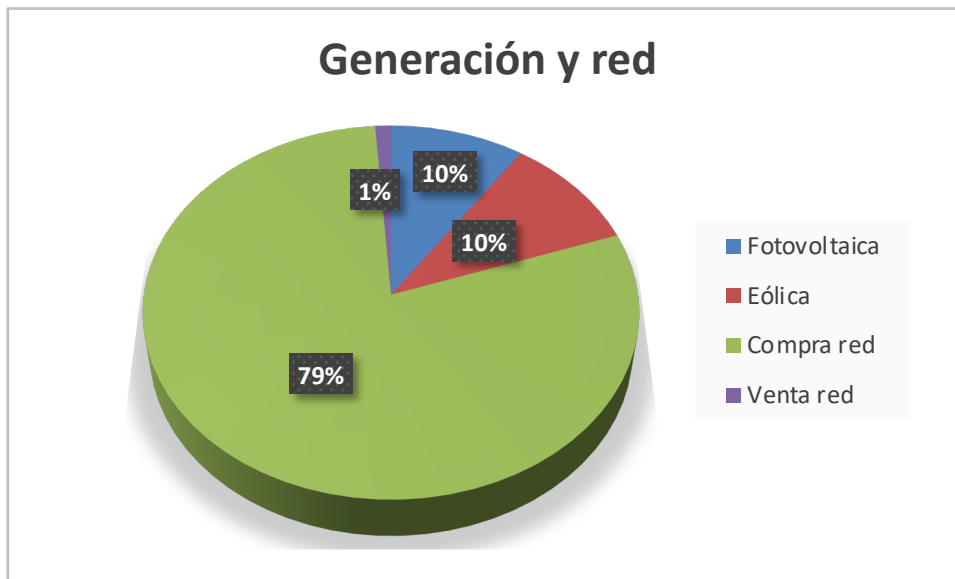
El precio por kWh de fotovoltaica teniendo en cuenta el inversor es de 0,11 €, el de eólica es de 0,147 € y el de la red es de 0,147 €. La eólica y la red tienen precios coincidentes, mientras que la fotovoltaica resulta más económica.

A continuación se muestra una tabla resumen de los costes de la instalación.

Componente	Inversión (€)	Gasto proporcional durante la vida útil respecto la inversión (€/año)	Reemplazamiento (€/año)	Operación y mantenimiento (€/año)	Total anualizado (€/año)
Fotovoltaica	334.252	15.177	2.295	11.010	28.482
Eólica	784.200	35.608	16.058	13.070	64.736
Red	0	0	0	502.895	502.895
Inversor	114.000	5.176	3.113	11.400	19.690
<b>Total</b>	<b>1.232.452</b>	<b>55.962</b>	<b>21.466</b>	<b>538.374</b>	<b>615.802</b>

**Tabla 7: Costes escenario 20% mixto**





**Ilustración 71: Generación y red escenario 20% mixto**

En la ilustración previa se presenta la electricidad generada por el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos además de la compra y venta de electricidad a la red para casar horariamente la generación y la demanda. Como se puede comprobar, las tecnologías renovables producen un 10% cada una, llegando al 20% esperado y el resto se compra a la red. La venta es prácticamente despreciable, se debe a momentos puntuales de mucha generación.

#### *Balance neto de la red*

En el caso mixto, el balance neto entre la compra y la venta de red supone un 79% del total de intercambios energéticos en el modelado, por lo que alrededor del 21% será generado con tecnologías renovables que era el objetivo perseguido en esta sección.

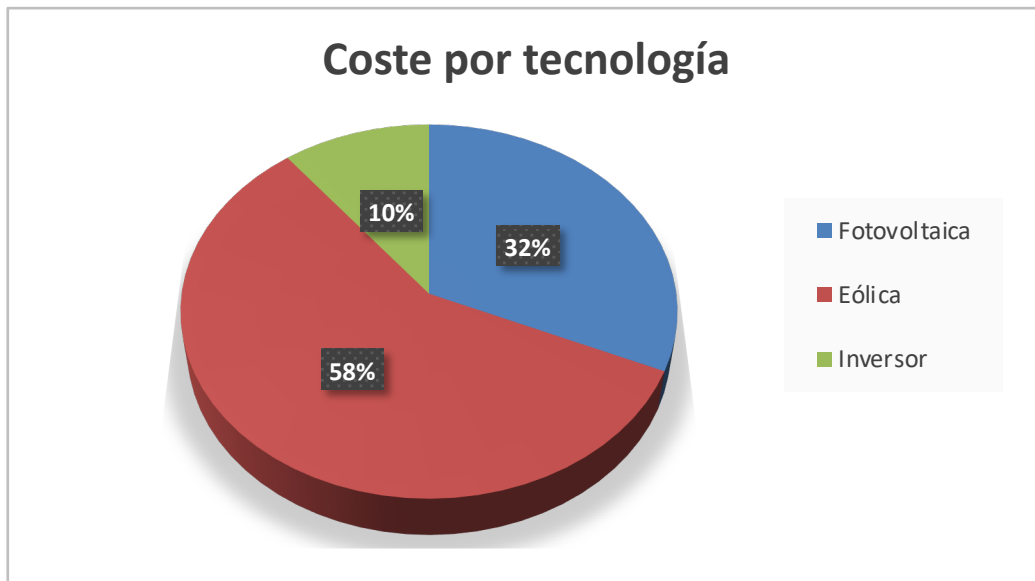
#### **Escenario máximo**

Las tecnologías renovables introducidas en este escenario han sido las siguientes:

- Potencia fotovoltaica de 1.430 kW (cogiendo la potencia máxima calculada en el 4.5. Módulo 5: producción de energía), lo cual significa 5.500 paneles de 260 W según el modelo elegido. Costes de inversión de 1,9 €/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76].
- Potencia eólica de 2 MW (según lo establecido en el 4.5. Módulo 5: producción de energía) con 1 molino. Costes de inversión de 1,307 €/W según el Plan de Energías Renovables del IDAE [76].
- 4 inversores con una potencia total de 1.200 kW, el mínimo tamaño que permite que haya un 0% de exceso de producción eléctrica sin consumir o vender por el tamaño del inversor.

Los resultados obtenidos al modelar dicho escenario se exponen a continuación.

## Costes por tecnología



**Ilustración 72: Costes por tecnología escenario máximo**

Se observa que la tecnología más costosa es la eólica, pero se debe tener en cuenta que el inversor forma parte del sistema fotovoltaico ya que el aerogenerador produce electricidad en alterna y que la potencia instalada fotovoltaica es menor que la eólica.

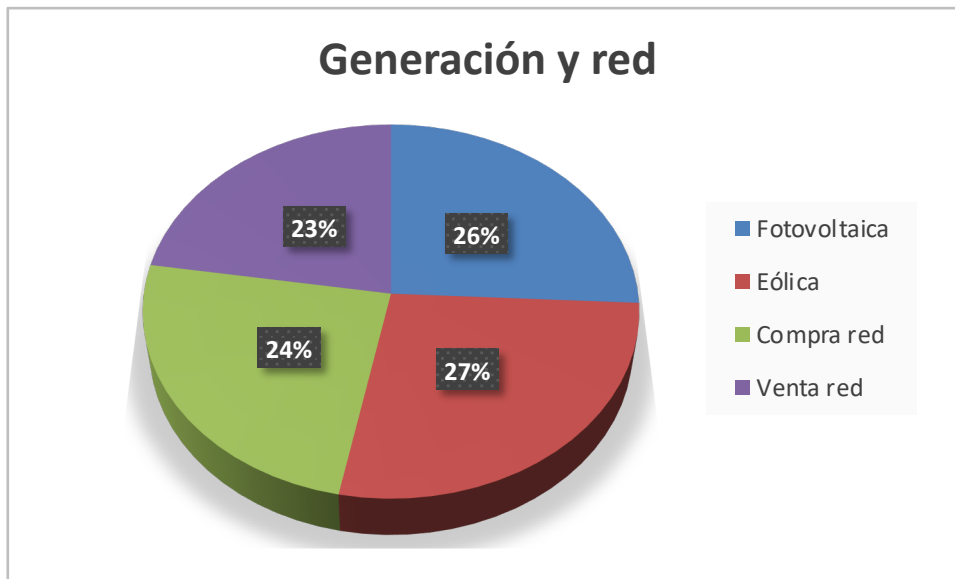
El precio por kWh de fotovoltaica teniendo en cuenta el inversor es de 0,06 € mientras que el de eólica es de 0,076 €. La fotovoltaica resulta ser ligeramente más económica que la eólica.

A continuación se muestra una tabla resumen de los costes de la instalación.

Componente	Inversión (€)	Gasto proporcional durante la vida útil respecto la inversión (€/año)	Reemplazamiento (€/año)	Operación y mantenimiento (€/año)	Total anualizado (€/año)
Fotovoltaica	2.087.250	94.775	14.332	68.750	117.857
Eólica	2.614.000	118.693	53.525	43.566	215.785
Inversor	228.000	10.353	6.226	22.800	39.379
Total	4.929.250	223.821	74.084	135.116	433.021

**Tabla 8: Costes escenario máximo**

## Generación y red



**Ilustración 73: Generación y red escenario máximo**

En la ilustración previa se presenta la electricidad generada por fotovoltaica y eólica además de la compra y venta a la red para casar horariamente la generación y la demanda. Se produce más electricidad con las tecnologías renovables de la demandada en la Marina para el año 2030 pero de esta manera, se compensa la electricidad comprada a la red.

También puede concluirse que habiendo instalado 1,43 MW de fotovoltaica y 2 MW de eólica, la producción energética con la primera es menor que la segunda pero no lo equivalente a la diferencia de potencias. Efectivamente, HOMER nos muestra que el factor de carga de la tecnología fotovoltaica es de 21% mientras que de eólica es de 16%. Por lo que en este caso de aplicación es más eficiente tanto energéticamente como económicamente la instalación fotovoltaica. Así validando la decisión de apostar por el máximo potencial de recurso solar y compensar el resto de la demanda hasta el 100% de cobertura con el eólico.

### Balance neto de la red

Como se ha comentado al inicio del módulo, el balance neto del escenario máximo con un 100% de cobertura es prácticamente 0. La diferencia entre la compra y la venta es de 197.578 kWh lo cual supone un 2,4% del total de intercambios energéticos en el modelado, un desajuste despreciable debido a la complejidad de una simulación exacta.

## 4.8. MÓDULO 8: PROPUESTAS

El último paso de este caso de aplicación es establecer una comparación entre las diferentes propuestas energéticas mostradas con HOMER para facilitar que el Consorcio de la Marina pueda tomar una decisión sobre el futuro sistema híbrido a implementar en la localización así mejorando su gestión energética.

En primer lugar, se resumirá lo establecido en cada propuesta:

- Escenario 20%:

- Eficiencia energética en alumbrado público y edificios.
- Cambio de un vehículo convencional a uno eléctrico por año.
- Para el año 2020 llegar al 20% de autogeneración con energías renovables respecto la energía final.
- Se han propuesto 3 alternativas técnicas de lograr esto:
  - Instalar 458 kW de fotovoltaica para cubrir el 20% establecido.
  - Instalar 850 kW de eólica para cubrir el 20% establecido.
  - Instalar 600 kW de eólica y 229 kW de fotovoltaica que cubran en un 10% cada una así sumando el 20% establecido.
- Escenario máximo:
  - Eficiencia energética en alumbrado público y edificios.
  - Cambio de un vehículo convencional a uno eléctrico por año.
  - Para el año 2030 llegar al máximo de autogeneración con energías renovables respecto la energía final. Este máximo supone el 100% de la demanda eléctrica y el 99% de la energía final por el consumo de los vehículos aún convencionales.
  - Se ha propuesto una sola alternativa técnica de lograr esto:
    - Instalar el máximo de potencia fotovoltaica disponible en el emplazamiento: 1.430 kW. Y cubrir el resto de la demanda con un aerogenerador, en este caso de 2 MW.

Habiendo expuesto esto, resulta relevante comparar los números obtenidos con otros ejemplos de puertos sostenibles ambientalmente presentados anteriormente en el estado del arte. Según los puertos españoles estudiados, la Marina dispondría de mucha más potencia solar instalada, incluso en el escenario 20%. Lo cual lleva a más producción anual y a una inversión mayor. La generación eléctrica con fotovoltaica calculada en la Marina sale mayor que lo que proporcionalmente tocaría según los datos de producción y potencia en Vigo. Esto ocurre por los diferentes climas y las horas solares al año en cada localización.

De igual manera, en el caso de eólica, se ha instalado menos que en el puerto de Bilbao, teniendo menor producción que lo que tocaría proporcionalmente, seguramente por las bajas velocidades en los vientos.

En cuanto a los puertos europeos, comparando con Génova y Hamburgo, la Marina dispone de mucha menos potencia instalada, con menor inversión y menor ahorro de emisiones.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los resultados relevantes a tener en cuenta en cada propuesta.

Parámetros \ Escenarios	20% fotov.	20% eólica	20% mixto	Máximo
<b>Inversión (€)</b>	868.504	1.110.950	1.232.452	4.929.250
<b>€/kWh de eólica</b>	0	0,12	0,147	0,076
<b>€/kWh de fotov.</b>	0,092	0	0,11	0,06
<b>Factor de carga eólica (%)</b>	0	10,6	8,4	15,9
<b>Factor de carga fotov. (%)</b>	21	0	21	21
<b>Compra de red (€/año)</b>	508.722	511.494	502.895	0 <sup>6</sup>
<b>CO<sub>2</sub> ahorrado (ton)</b>	107	107	107	1.046
<b>Venta de emisiones (€)</b>	2.140	2.140	2.140	20.920
<b>Ahorro de factura eléctrica (€)</b>	761.861	761.861	761.861	7.358.140
<b>Periodo de retorno de la inversión (años)</b>	1,14	1,45	1,61	9,35

**Tabla 9: Comparación de propuestas<sup>7</sup>**

Respecto los derechos de emisiones, a pesar de que es difícil de resolver administrativamente en la actualidad, venimos trabajando con futuros posibles al tratarse de una planificación. Así como el balance neto se ha considerado como posible, también lo será considerado el vender derechos de emisiones, así ayudando a reducir el retorno de la inversión. Dicho valor se ha calculado con la venta de los derechos [77] y el ahorro en la factura de la electricidad.

Como resultado de la anterior tabla comparativa pueden sacarse las siguientes conclusiones:

- En cuanto al ahorro de emisiones y de factura eléctrica, todos los escenarios del 20% tienen los mismos resultados pues se produce la misma cantidad de electricidad con energías renovables en los 3 casos. Sin embargo, el periodo de retorno de la inversión varía al hacerlo la propia inversión.
- El escenario máximo tiene un periodo de inversión mayor, pero no desorbitado. Dependiendo de las aspiraciones de la Marina y su capacidad económica, esta propuesta será seriamente considerada o no.
- Los escenarios del 20% son comparables en el precio de la inversión y de compra a la red, teniendo en cuenta que la energía eólica resulta más costosa y se explota menos como muestra el precio por kWh y el factor de carga.

<sup>6</sup> Marginalmente se ha considerado que el coste de la red en el escenario máximo va a tender a cero por el balance neto efectuado. Aunque HOMER apunta a que es mayor a 0 por el 2,4% de compra a red que se ha efectuado debido a dificultades y variabilidad en la simulación.

<sup>7</sup> Los números que no son anuales, están calculados desde el año 2016 hasta el año 2020 en el escenario 20% o el 2030 en el escenario máximo.

- El coste por generación de la tecnología eólica es dependiente del factor de carga. En el escenario que mejor uso se hace del aerogenerador es en el máximo, y por eso resulta el más económico en este sentido. Existen variables entre los modelos de aerogeneradores escogidos que provocan cambios en el factor de carga, sin embargo se ha intentado seleccionar proveedores idénticos o similares para evitar estos efectos.
- En cuanto a la fotovoltaica, las diferencias entre los precios por generación, teniendo un factor de carga similar en cada escenario, se debe al inversor. Esto ocurre porque al haber elegido un inversor de base de 300 kW por aspirar a grandes números de generación fotovoltaica, el acople con lo realmente necesario es más desajustado y esto afecta a los precios.
- El mejor escenario de los del 20% (desde el punto de vista económico y energético) es el de fotovoltaica.
- En cuanto a la sostenibilidad ambiental, cuyos resultados se han mostrado en el 4.6. Módulo 6: planificación energética (análisis macro-energético) en forma de gráficas de emisiones de CO<sub>2</sub>, en el escenario 20% se ha reducido en un 30 % las emisiones respecto al BAU; mientras que en el escenario máximo se ha reducido en un 89,3 % las emisiones respecto al BAU.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se perseguía el objetivo de analizar energéticamente la Marina Real de València para simular y proponer escenarios con una gestión más sostenible ambientalmente. Para alcanzar dicho propósito, se ha llevado a cabo un estudio de los antecedentes y se ha desarrollado una metodología de planificación territorial replicable que puede ser usada tanto para el caso de aplicación de la Marina como para otros con contexto y objetivos similares.

En dicha metodología se han utilizado herramientas para el cálculo de los recursos energéticos y las simulaciones y modelos que están más enfocados a territorios españoles o europeos. En caso de aplicarla en otras localizaciones sería conveniente adaptar dichas herramientas a las locales.

En cuanto al caso de aplicación, siendo de gran utilidad para mostrar un ejemplo de la metodología desarrollada, ha resultado evidente el cambio del paso de la teoría a la práctica. Los inputs deseados para el procesamiento de datos no han sido totalmente recopilados por falta de información y solapamiento de entidades en la Marina. Otra dificultad encontrada en la realidad ha sido el análisis de la gestión energética desde un punto de vista genérico sin entrar en detalles ni realizar auditorías de cada punto de consumo por la gran envergadura de las instalaciones. Lo cual ha desembocado en realizar asunciones que quizás alejen a los resultados ligeramente de la realidad.

Finalmente, a través de la simulación y el modelado de diversos escenarios de gestión energética más sostenibles ambientalmente, se han obtenido y contrastado resultados económicos, ambientales y energéticos; de esta manera proporcionando una perspectiva holística que facilite la elección de una propuesta energética por parte del Consorcio según sus intereses. Con este criterio en mente, entre las cuatro propuestas surgidas de dos escenarios energéticos – uno aspirando al 20% de generación renovable respecto la energía final para el 2020 y el otro aspirando al máximo de generación renovable disponible en la Marina para 2030 – las dos propuestas más prometedoras son:

- Alcanzar el máximo de generación renovable con una mezcla de fotovoltaica y eólica.
- Cubrir el 20% de generación renovable respecto la energía final solamente con fotovoltaica.

El siguiente paso a ejecutar por parte de la Marina es la elección de la propuesta más conveniente para el Consorcio y sus instalaciones, junto con el respectivo diseño técnico. Habiendo puesto sobre la mesa alternativas modeladas como una primera aproximación, un análisis técnico minucioso con datos más cercanos a la realidad que contemple la instalación y diseño detallado del sistema híbrido propuesto, resulta necesario para llevar a cabo todo lo estudiado y analizado previamente.

# CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

## REFERENCIAS

- [1] Green Energy Ports Conference, «La conferencia internacional sobre tecnologías energéticas verdes en puertos,» [En línea]. Available: <http://gepc.bluegrowthvigo.eu/>.
- [2] Puertos del Estado, «Guía de gestión energética en puertos».
- [3] A. Delnooz, D. Six, K. Kessels y M. Hommelberg, «e-harbours: Identification and analysis of barriers for Virtual Power Plants in harbour regions».
- [4] Spanish Ports, «La Autoridad Portuaria de Valencia prevé reducir su huella de carbono un 4% hasta el año 2020,» 6 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.spanishports.es/texto-diario/mostrar/749306/autoridad-portuaria-valencia-preve-reducir-huella-carbono-4-hasta-ano-2020>.
- [5] Instituto Tecnológico de la Energía, «Arranca el proyecto europeo de SEA TERMINALS,» 10 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.ite.es/arranca-el-proyecto-europeo-sea-terminals-en-el-que-ite-participa-para-acelerar-los-terminales-portuarios-de-contenedores-hacia-modelos-mas-eficientes/>.
- [6] La Vanguardia, «Valencia y el Puerto impulsan el uso de bicicletas eléctricas compartidas,» 31 Julio 2017. [En línea]. Available: <http://www.lavanguardia.com/local/valencia/20170731/43250462655/valencia-y-el-puerto-impulsan-el-uso-de-bicicletas-electricas-compartidas.html>.
- [7] GreenPort, «Renewable energy in port electrical grids,» [En línea]. Available: <http://www.greenport.com/news101/energy-and-technology/renewable-energy-in-port-electrical-grids>.
- [8] GreenPort, «Genoa Port Environmental Energy Plan,» [En línea]. Available: <http://www.greenport.com/news101/Projects-and-Initiatives/genoa-port-environmental-energy-plan>.
- [9] M. Acciaro, H. Ghiara y M. I. Cusano, «Energy management in seaports: A new role for port authorities,» *Energy Policy*, nº 71, pp. 4-12, 2014.



- [10] ASADES, «Integración de las energías renovables en procesos de ordenamiento territorial,» *AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente)*, vol. 13, pp. 41-48, 2009.
- [11] G. S. Denis y P. Parker, «Community energy planning in Canada: The rol of renewable energy,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, nº 13, pp. 2088-2095, 2009.
- [12] J. Terrados, G. Almonacid y L. Hontoria, «Regional energy planning through SWOAT analysis and strategic planning tools. Impact on renewables development,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, nº 11, pp. 1275-1287, 2007.
- [13] T. Tsoutsos, M. Drandaki, N. Frantzeskaki, E. Iosifidis y I. Kiosses, «Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete,» *Energy Policy*, nº 37, pp. 1587-1600, 2009.
- [14] SuissEnergie, «Planification énergétique territoriale,» 2012.
- [15] Suisse énergie, «Cité de l'énergie,» [En línea]. Available: <http://www.citedelenergie.ch/fr/>.
- [16] Conciencia Eco, «"La energía más limpia es la que no se consume", entrevista con Fernando Vivas Pérez de Energylab,» 6 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://www.concienciaeco.com/2014/03/06/la-energia-mas-limpia-es-la-que-no-se-consume-entrevista-con-fernando-vivas-perez-de-energylab/>.
- [17] IDAE, «Energías Renovables,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>.
- [18] International Energy Agency, «Solar Energy Perspectives,» [En línea]. Available: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar\\_Energy\\_Perspectives2011.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf).
- [19] Smart Grids Info, «Energía Solar,» [En línea]. Available: <https://www.smartgridsinfo.es/energia-solar>.
- [20] Ayuntamiento de Pamplona, «Aprovechamiento de la energía solar,» [En línea]. Available: <http://www.pamplona.es/pdf/aprovechamientoenergiasolar.pdf>.
- [21] Asociación de Empresas de Energías Renovables, «¿Qué es la energía eólica?,» [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-eolica/que-es-la-energia-eolica/>.
- [22] SmartGrids Redes Inteligentes, «Energía eólica y molinos de viento: ¿qué es y cómo funciona?,» 19 Agosto 2012. [En línea]. Available:

<http://www.smartgridcostarica.com/2012/08/19/energia-eolica-y-molinos-de-viento-que-es-y-como-funciona/> .

- [23] AEMET, «Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT,» pp. 34-35.
- [24] Energy Plus, «Weather Data,» [En línea]. Available: <https://energyplus.net/weather>.
- [25] IDAE, «Atlas elólico Meteosim,» [En línea]. Available: <http://atlaseolico.idae.es/meteosim/>.
- [26] AQUARET, «Download images and illustrations,» [En línea]. Available: [http://www.aquaret.com/indexea3d.html?option=com\\_content&view=article&id=203&Itemid=344&lang=en](http://www.aquaret.com/indexea3d.html?option=com_content&view=article&id=203&Itemid=344&lang=en).
- [27] IDAE, «Energía Hidroeléctrica,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energia-hidroelectrica>.
- [28] Waste Ideal, «Energía hidroeléctrica,» [En línea]. Available: <http://waste.ideal.es/hidroelectrica.htm>.
- [29] GR Energía, «Energía Geotérmica,» [En línea]. Available: [http://www.energia.gr/geofar/page.asp?p\\_id=12&lng=4](http://www.energia.gr/geofar/page.asp?p_id=12&lng=4).
- [30] Cymper, «Aplicaciones de la energía geotérmica,» 25 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.cymper.com/blog/geotermia-i-aplicaciones-de-la-energia-geotermica/>.
- [31] Asociación de Empresas de Energías Renovables, «¿Qué es la energía marina?,» [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-marina/que-es-la-energia-marina/>.
- [32] Comisión Europea, «Ocean Energy,» [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean\\_energy\\_en](https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean_energy_en).
- [33] Asociación de Empresas de Energías Renovables, «Situación de la Energía Marina,» [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-marina/situacion-marina/>.
- [34] IDAE; Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, «ENOLA,» [En línea]. Available: <http://www.enola.ihcantabria.com/> .
- [35] IDAE, «Biomasa,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa> .

- [36] P. Mosquera, «La energía termosolar cuenta ya con 4.940 MW instalados en el mundo,» *Energías Renovables*, 2 Febrero 2016.
- [37] SotySolar, «¿Dónde colocar las placas solares?,» [En línea]. Available: <https://sotysolar.es/placas-solares/instalar/puedo-poner-placas-solares-en-mi-casa>.
- [38] Damia Solar, «¿Cuál debe ser la orientación y la inclinación de las placas solares?,» 17 Abril 2015. [En línea]. Available: [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares_1).
- [39] IDAE, «Solar fotovoltaica,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica>.
- [40] IDAE, «Energía Solar Térmica,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/energia-solar-termica>.
- [41] Sol i Clima, «Energía Eólica,» [En línea]. Available: <http://www.soliclimate.es/energia-eolica>.
- [42] IDAE, «Eólica Marina,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-marina>.
- [43] IDAE, «Eólica de pequeña potencia,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-de-pequena-potencia>.
- [44] IDAE, IGME, «Manual de Geotermia,» IDAE, Madrid, 2008.
- [45] IDAE, «Energías del Mar,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar>.
- [46] International Energy Agency, «Ocean Energy,» [En línea]. Available: <https://www.iea.org/topics/renewables/ocean/>.
- [47] IDAE, «Redes de Calor,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa/redes-de-calor>.
- [48] IDAE, «Biomasa: Gasificación,» IDAE, Madrid, 2007.
- [49] E. P. López, F. J. Cárcel-Carrasco, C. Devece y A. I. Morcillo, «A methodology for analysing sustainability in energy scenarios,» *MDPI*, nº 9, p. 1590, 7 Septiembre 2017.

- [50] Homer Energy, «Homer Energy,» [En línea]. Available: <https://www.homerenergy.com/>.
- [51] Naciones Unidas, «Protocolo de Kyoto de la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático,» 1998. [En línea]. Available: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- [52] La Marina de Valencia, «La Marina de Valencia,» [En línea]. Available: [http://lamarinadevalencia.com/mreal/web\\_php/index.php](http://lamarinadevalencia.com/mreal/web_php/index.php).
- [53] Diesel o Gasolina, «Consumo de Renault Megane,» [En línea]. Available: <http://www.dieselogasolina.com/Consumos/Versiones/renault/megane-sport/2007>.
- [54] Diesel o Gasolina, «Consumo Renault Grand-Espace,» [En línea]. Available: <http://www.dieselogasolina.com/Consumos/Versiones/renault/grand-espace/2007>.
- [55] Snovit, «Diferencias de costes entre una furgoneta grande y una pequeña,» [En línea]. Available: <http://www.snovit.eu/blog/diferencias-de-costes-entre-una-furgoneta-grande-y-una-pequenana-pequena/>.
- [56] Gasofa, «Precio Gasolina Valencia,» [En línea]. Available: <http://www.gasofa.es/gasolineras-en-valencia.htm>.
- [57] Dias laborables, «Dias laborables y festivos,» [En línea]. Available: [http://www.dias-laborables.es/dias\\_laborables\\_feriados\\_2017.htm#](http://www.dias-laborables.es/dias_laborables_feriados_2017.htm#).
- [58] Generalitat Valenciana; IVACE Energía, «Datos Energéticos de la Comunidad Valenciana,» 2014.
- [59] Textos Científicos, «Combustibles líquidos, generalidades,» [En línea]. Available: <https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/liquidos>.
- [60] Click Renovables, «Cómo calcular la potencia, las necesidades de combustible y el ahorro que obtienes con una instalación de biomasa,» [En línea]. Available: <http://clickrenovables.com/blog/como-calcular-la-potencia-las-necesidades-de-combustible-y-el-ahorro-que-obtienes-con-una-instalacion-de-biomasa-caso-practico-y-comparativa/>.
- [61] European Comission, «PVGIS,» [En línea]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>.
- [62] AEMET, «Atlas de radiación solar en España,» [En línea]. Available: [https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_radiacion\\_solar/atlas\\_de\\_radiacion\\_24042012.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf).

- [63] Revista eólica y del vehículo eléctrico, «La energía eólica marina no despega en España,» 28 Agosto 2013. [En línea]. Available: <https://www.evwind.com/2013/08/28/energias-renovables-espana-queda-fuera-de-la-eolica-marina/>.
- [64] R. Veguillas, «Energías Marinas, Tecnología y Mercado,» Valencia, 2017.
- [65] V. A. S. Albelda, «Diseño de un sistema solar fotovoltaico en una nave industrial del Puerto de Valencia,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2016.
- [66] Parkings y marquesinas, «Vall d'Uxò,» [En línea]. Available: <https://www.parkingsymarquesinas.com/p/marquesinas-con-paneles-solares-provechamiento-energ%C3%A9tico/>.
- [67] A. D. Bennany, «Diseño de un parque eólico de 8 MW en el Puerto de Valencia,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2016.
- [68] Boletín Oficial del Estado, «Real Decreto 900/2015,» Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015.
- [69] El Consorcio Valencia, «Pliego de prescripciones técnicas,» Valencia, 2007.
- [70] R. B. Medina, «Estudio del potencial de los sistemas híbridos renovables para incrementar el grado de electrificación en la República Democrática del Congo de una manera sostenible,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2017.
- [71] Comisión Europea, «Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020,» [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es).
- [72] Huffingtonpost, «Si quieres comprar un coche eléctrico estas son las ayudas del Plan Movalt,» [En línea]. Available: [https://www.huffingtonpost.es/2017/11/15/si-quieres-comprar-un-coche-electrico-estas-son-las-ayudas-del-plan-movalt\\_a\\_23278332/](https://www.huffingtonpost.es/2017/11/15/si-quieres-comprar-un-coche-electrico-estas-son-las-ayudas-del-plan-movalt_a_23278332/).
- [73] Universitat Politècnica de València, «Diseño de una instalación fotovoltaica de 5.3 kW aislada con apoyo de baterías y un grupo electrógeno para una instalación de alumbrado público,» 2016.
- [74] International Energy Agency, «Energy Efficiency,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy\\_Efficiency\\_2017.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Efficiency_2017.pdf).
- [75] Boletín Oficial del Estado, «Real Decreto 56/2016,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2016/02/13/pdfs/BOE-A-2016-1460.pdf>.
- [76] IDAE, «Plan de energías renovables 2011-2020,» [En línea].

- [77] Sende CO2, «Precios CO2,» [En línea]. Available: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>.
- [78] RED Solar, «Technosun,» [En línea]. Available: [https://store.technosun.com/media/amfile/files/\(2\)red-solar-red260-poly-60p-fichas.pdf](https://store.technosun.com/media/amfile/files/(2)red-solar-red260-poly-60p-fichas.pdf).
- [79] Vestas, «V100-2MW,» [En línea]. Available: <http://pdf.archiexpo.es/pdf-en/vestas/this-is-you/88087-134445.html#open>.
- [80] The wind power, «G52-850 kW,» [En línea]. Available: [https://www.thewindpower.net/turbine\\_es\\_42\\_gamesa\\_g52-850.php](https://www.thewindpower.net/turbine_es_42_gamesa_g52-850.php).
- [81] Energía hidroeléctrica de Navarra S.A., «Estudio de determinación de infraestructuras de producción de energía eléctrica eólica en Navarra,» Navarra.
- [82] Solar Max, «AMB Green Power,» [En línea]. Available: [http://www.sonel.si/UserFiles/File/TS\\_Product\\_BR.pdf](http://www.sonel.si/UserFiles/File/TS_Product_BR.pdf).
- [83] Agencia Estatal de Meteorología, «AEMET,» [En línea]. Available: <http://www.aemet.es/es/el tiempo/observacion/ultimosdatos?k=val&l=8416Y>.
- [84] AQUARET, «Download Images and Illustrations,» [En línea]. Available: [http://www.aquaret.com/indexea3d.html?option=com\\_content&view=article&id=203&Itemid=344&lang=en](http://www.aquaret.com/indexea3d.html?option=com_content&view=article&id=203&Itemid=344&lang=en).
- [85] Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico, «Energías renovables: La energía eólica marina no despegaba en España,» [En línea]. Available: <https://www.evwind.com/2013/08/28/energias-renovables-espana-queda-fuera-de-la-eolica-marina/>.
- [86] Ajuntament de Barcelona, «Barcelona Energia,» [En línea]. Available: <http://energia.barcelona/ca/quanta-energia-pots-generar>.
- [87] Google, «Project Sunroof,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/get/sunroof#p=0>.
- [88] SOLARGIS, «SOLARGIS,» [En línea]. Available: [http://solargis.com/?\\_ga=2.148820599.1372570322.1509473545-576989588.1507971921](http://solargis.com/?_ga=2.148820599.1372570322.1509473545-576989588.1507971921).
- [89] Valenciaplaza, «El nuevo faro del Puerto de Valencia despierta el interés de los puertos internacionales,» 5 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://valenciaplaza.com/el-nuevo-faro-del-puerto-de-valencia-despierta-el-interes-de-los-puertos-internacionales>.

- [90] N. Colonna, M. Marani y R. Roberto, «La pianificazione energetica territoriale,» *Energia Ambiente e Innovazione*, vol. 61, pp. 36-37, 2015.
- [91] J. Allende Landa, «Planificación energética territorial,» *Mientras Tanto*, nº 14, pp. 103-140, 1983.

# ANEXOS

## ANEXO 1. CONSUMO ELÉCTRICO DEL AÑO 2016 EN KWH

Nº CT	1.1	8.1	1.2	5.1	6.1	7.1	1.2	2I	6.2	6.3	5.2	6.4
Periodo	2,1,A	2,1,A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A	3,0A
<b>Punta</b>	12.157	6.039	11.158	13.400	5.606	6.003	26.560	9.530	7.213	4.560	13.556	2.691
<b>Llano</b>	8.717	4.610	21.079	25.232	11.109	9.864	73.808	20.135	21.997	20.543	37.043	8.786
<b>Valle</b>	0	0	49.732	58.108	26.401	25.584	40.178	48.316	14.913	6.414	38.573	2.582
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	20.874	10.649	81.969	96.740	43.116	41.451	140.546	77.981	44.123	31.517	89.172	14.059

Nº CT	13	11	16	10	19	9	17	18	15	12	Base 11	14
Periodo	6,1,A	3,1,A	3,1,A	3,1,A	3,1,A	6,1,A	6,1,A	6,1,A	6,1,A	3,1,A	3,0,A	3,1,A
<b>Punta</b>	107.770	2.434	2.942	65.865	3.605	38.351	15.882	10.890	72.030	128.322	1.709	16.036
<b>Llano</b>	120.783	5.024	6.664	130.492	8.179	50.990	21.415	15.353	91.235	287.131	4.044	29.005
<b>Valle</b>	63.457	6.243	9.054	125.128	10.170	28.194	10.391	9.155	57.799	412.399	1.799	23.883
<b>4</b>	106.725	0	0	0	0	44.601	16.678	14.416	95.942	0	0	0
<b>5</b>	88.802	0	0	0	0	47.447	19.913	15.594	112.305	0	0	0
<b>6</b>	510.815	0	0	0	0	348.753	142.254	91.457	509.416	0	0	0
<b>TOTAL</b>	998.352	13.701	18.660	321.485	21.954	558.336	226.533	156.865	938.727	827.852	7.552	68.924

**Tabla 10: Consumos eléctricos 2016**

## ANEXO 2. ALUMBRADO PÚBLICO

CT	Zona	Cuadro	Tipo iluminaria	Unidades	Focos totales	Potencia/foco (W)	Potencia (W)	Potencia total (W)
CT Contradique	Rotonda de Capitanía	nº 1	Torre de 4 focos	5	20	250	5000	
CT Contradique	Recta Pantalanes M.Norte	nº 2	Farolas dobles	20	40	150	6000	



CT Parking Veles	Entrada Marina Norte	nº 2 Zona Cavalia	Torres de 6 proyectores	2	12	250	3000	
CT Marina Real	Palmeras y Rampa 39º	nº 3 Marina Norte	Farolas dobles	6	12	150	1800	3450
			Farolas	11	11	150	1650	
CT Contradique	Contradique Marina Norte	nº 3 Marina Norte	Farolas con sombrero	15	15	150	2250	
CT Contradique	Zona Cavalia	nº 2 Cavalia	Torres de 4 proyectores	6	24	250	6000	26250
			Farolas con sombrero	15	15	150	2250	
		nº 2 + nº 2.1	Torres de 4 focos	8	32	150	4800	
		nº 2.1 Prefabricado	Torres de 8 focos	11	88	150	13200	
CT Parking Veles	Desde Puente Giratorio hasta Varadero	nº 21 Sala 13	Farolas dobles	7	14	150	2100	5850
			Farolas	20	20	150	3000	
			Focos	5	5	150	750	
CT Parking Veles	Desde Rampa 39º hasta Aduana	nº 21 Sala 13	Farolas dobles	8	16	150	2400	6900
			Farolas	30	30	150	4500	
CT Parking Veles	Rampas Parking Veles	nº 22 Sala 13	Focos de pared	24	24	70	1680	3480
			Farolas de 3 focos	4	12	150	1800	
CT Parking Veles	AC Park	nº 21 Sala 13	Torres de 3 focos	6	18	250	4500	9260
		nº 25 Sala 8	Focos tipo bote	68	68	70	4760	
CT Parking Veles	Explanada Veles	nº 22 Sala 13	Downlights	21	21	70	1470	3380
			Focos de pared	8	8	70	560	
			Farolas	5	5	150	750	
			Farolas dobles	2	4	150	600	
CT Parking Veles	Zona Canal	nº 24 Sala 8	Balizas	66	66	35	2310	6594
			Downlights	102	102	42	4284	

CT Varadero	Varadero y Curva de Alinghi	nº 22 Sala 13	Downlights	6	6	70	420	4320
			Farolas dobles	3	6	150	900	
		nº 22 Sala 13 y nº 5 Grúa Roja	Focos	4	4	150	600	
			Torres de 8 focos	2	16	150	2400	
CT Bases norte-alumbrado	Desde Aduana hasta Grúa Roja	nº 5 Grúa Roja	Farolas dobles	25	50	150	7500	
	Desde Grúa Roja hasta Rotonda Reloj	nº 5 Grúa Roja	Torres de 10 focos	13	130	70	9100	
CT Casa de la copa	Casa de la Copa	nº 26 Casa de la Copa	Balizas	11	11	150	1650	4170
			Downlights	36	36	70	2520	
CT Bases sur-alumbrado	Rotonda Reloj y Entrada Pantalán Central	nº 7 (parking media center)	Farolas con reflector	5	5	250	1250	6050
			Farolas dobles con reflector	2	4	250	1000	
		nº 8 (parking media center)	Torre de 8 focos	1	8	250	2000	
			Farolas	2	2	150	300	
			Farolas dobles	5	10	150	1500	
CT Pantalán Central	Pantalán Central		Palmeras de 2 focos	16	32	70	2240	2747
			Balizas	39	39	13	507	
CT Bases sur-alumbrado	Parking Media Center	nº 7	Farolas dobles	8	16	150	2400	5400
			Farolas	4	4	150	600	
			Torres de 8 focos	2	16	150	2400	
CT Bases sur-alumbrado	Tinglado 4	nº 8	Farolas	19	19	150	2850	
	Tinglado 5	nº 8	Farolas dobles	5	10	150	1500	
CT Amarres explanada	Valla APV	nº 11 Lonja	Farolas pequeñas	13	13	150	1950	

CT CM3, CM1, CM2, Bases sural. y Amarres Gradas	Desde Lonja hasta Entrada Marina Sur	nº 11, 15, 17 (lonja)	Torres de 4 focos	22	88	250	22000	26050
		nº 15 (lonja)	Farolas	27	27	150	4050	
CT Amarres explanada	Zona Gradas	nº 17	Torres de 4 focos	3	12	250	3000	3400
		nº 18	Balizas de 1 tubo fluorescente	8	8	50	400	
CT Amarres gradas	Pantalán F	nº 18	Farolas	13	13	150	1950	2800
			Balizas de 1 tubo fluorescente	17	17	50	850	
CT Amarres explanadas	Pantalán K	nº 20	Farolas	13	13	150	1950	5550
			Farolas dobles	12	24	150	3600	
CT Amarres explanada	Recta Pantalanes L-M-N-O-P	nº 20	Farolas	22	22	150	3300	4500
			Farolas dobles	4	8	150	1200	
CT Amarres explanada	Bocana	nº 20	Farolas	7	7	150	1050	5350
			Farolas dobles	6	12	150	1800	
			Farolas grandes	10	10	250	2500	
CT Amarres explanada	Acopio Marina Sur	nº 19	Torres de 4 focos	9	36	250	9000	12600
		nº 17	Farolas	24	24	150	3600	

**Tabla 11: Datos de alumbrado público**

**TOTAL 187251 W**

En la tabla anterior no se proporcionaron las asociaciones entre la zona del alumbrado y el CT del que colgaba. Por lo que se han usado los mapas proporcionados por el consorcio expuestos en la Ilustración 13: Mapa Centros de Transformación y también la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para determinar dicha relación.

Con tal de calcular la energía anual consumida por el alumbrado público según las potencias como aparece en la Tabla 2: Potencias y consumos del alumbrado público, es necesario estimar las horas al año de gasto de alumbrado público. Suponiendo que solamente se hace gastar en las horas nocturnas cuando ya no hay luz solar, se han efectuado los siguientes cálculos aproximados:

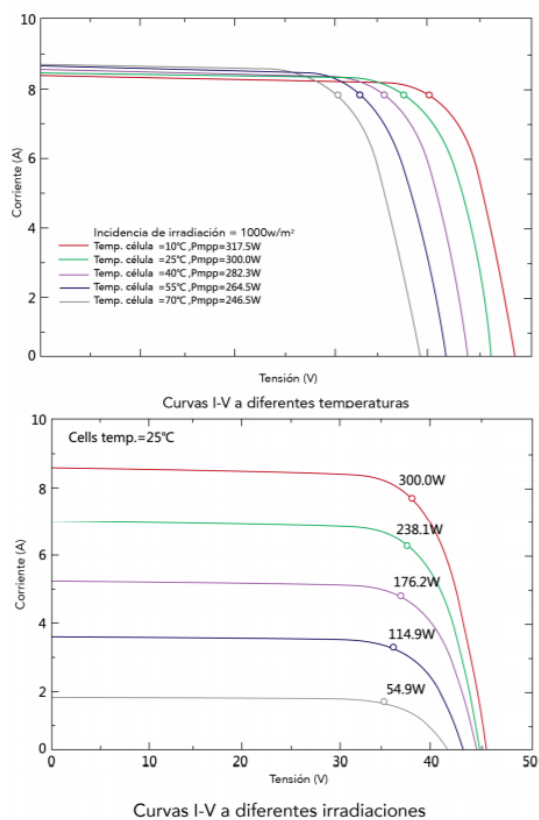
Equinoccios o solsticios	Horas alumbrado/día	Días por estación	Horas de alumbrado público al año
dic-21	15	91.25	4.471,25
sep-21	12		
jun-21	10		
mar-21	12		

**Tabla 12: Horas de uso del alumbrado público**

### ANEXO 3. CATÁLOGOS

#### Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos han sido elegidos de Technosun, una empresa española; y tienen las siguientes características:



Especificaciones	
Modelo	RED260-60P
Potencia máxima (Pmax)	260W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	30,43V
Tensión de corriente máx. (Imp)	8,54A
Tensión de circuito abierto (Voc)	37,12V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,65A
Eficiencia de célula (%)	18.34%
Máxima tensión del sistema (V)	DC 1000V
Coef. de temp Isc (%)/°C	0,045%/°C
Coef. de temp Voc (%)/°C	-0,34%/°C
Coef. de temp Pmax (%)/°C	-0,47%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (mm)	Policristalino (156mmx156mm)
Nº de células	60
Tipo de conectores	MC4
Peso (kg)	18
Dimensiones (mm)	1640x992x40

Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5,1000W/m2, 25°C.

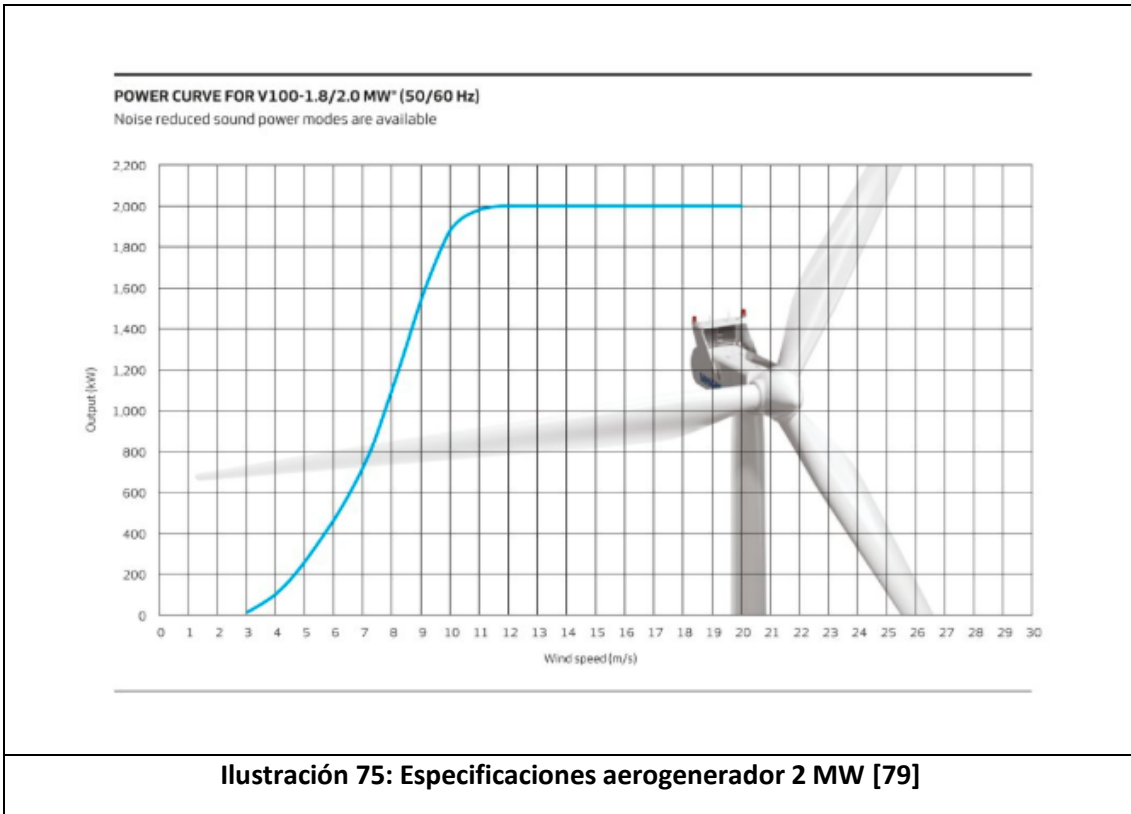


**Ilustración 74: Especificaciones técnicas paneles fotovoltaicos [78]**

#### Aerogeneradores


El aerogenerador de 2 MW elegido para el escenario máximo es de Vestas, una empresa española, y sus especificaciones están mostradas en la siguiente ilustración.

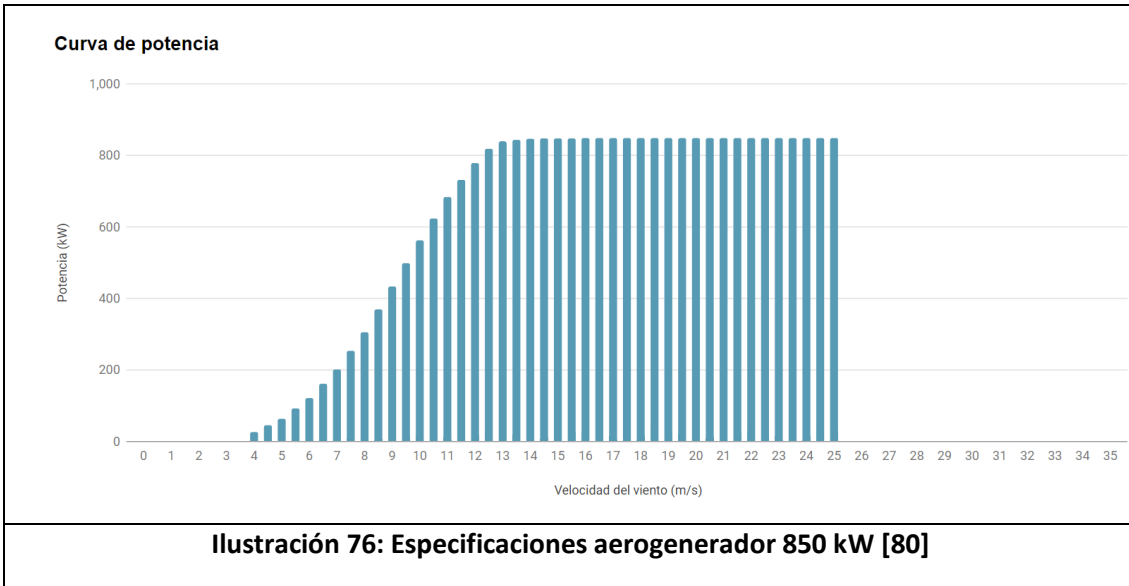
<hr/>	<hr/>
<b>Turbine type</b>	<b>V100-2.0 MW GridStreamer™ IEC IIA</b>
<b>Power regulation</b>	pitch regulated with variable speed
<b>Operating data</b> Rated power Cut-in wind speed Rated wind speed Cut-out wind speed Re-cut-in wind speed Wind class - IEC	2,000 kW 4 m/s 12.5 m/s 20 m/s 18 m/s IIA
<b>Operating temperature range</b> Standard temperature turbine Low temperature turbine	-20°C to +40°C -30°C to +40°C
<b>Sound power**</b> 3 m/s 4 m/s 5 m/s 6 m/s 7 m/s 8 m/s 9 m/s 10 m/s	94.0 dB(A) 96.0 dB(A) 100.1 dB(A) 103.8 dB(A) 105.5 dB(A) 105.5 dB(A)
<b>Rotor</b> Rotor diameter Swept area Nominal revolutions Operational interval Air brake	100 m 7,854 m <sup>2</sup> 14.9 rpm 8.8 - 14.9 rpm full blade feathering with 3 pitch cylinders
<b>Electrical</b> Frequency Generator type  Converter	50 Hz/60 Hz permanent magnet generator  full scale converter
<b>Gearbox</b> Type	one planetary and two helical stages
<b>Tower</b> Type Hub heights	tubular steel tower 80 mand 90 m (IEC IIA) 1.25 m (IEC IIA and O&B 2)
<b>Blade dimensions</b> Length Max. chord	49 m 3.9 m
<b>Nacelle dimensions</b> Height for transport Height installed Length Width	4 m 5.4 m (incl. CoolerTop®) 10.4 m 3.4 m
<b>Hub dimensions</b> Diameter Width Length	3.3 m 4 m 4.2 m
<b>Max. weight per unit for transportation</b>	70 metric tonnes



**Ilustración 75: Especificaciones aerogenerador 2 MW [79]**

El aerogenerador de 850 kW elegido para el escenario 20% eólica es de Gamesa, una empresa española, y sus especificaciones están mostradas en la siguiente ilustración.

Main data	Rotor	Tower	Weights
<p>Rated power: 850 kW Rotor diameter: 52 m Old model Class: IEC Ia Offshore model: no Commissioning: 2001</p>	<p>Number of blades: 3 Type: Pitch Swept area: 2123.7 m<sup>2</sup> Power density: 2.5 m<sup>2</sup>/kW Maximum speed: 30,8 rd/min Manufacturer: Gamesa</p>	<p>Minimum hub height: 44 m Maximum hub height: 65 m Manufacturer: Gamesa</p>	<p>Nacelle: 23 t Rotor + hub: 10 t Tower: 40 - 91 t Total: 73 - 124 t</p>
	<p><b>Gearbox</b></p> <p>Gearbox: yes Stages: 3 Gear ratio: 61,74 Manufacturer: Echesa, Fellar, Hansen, Lohman</p>	<p><b>Wind speeds</b></p> <p>Cut-in wind speed: 4 m/s Rated wind speed: 16 m/s Cut-off wind speed: 25 m/s</p>	
	<p><b>Generator</b></p> <p>Type: ASYNC Number: 1 Maximum speed: 1900 rd/min Voltage: 690 V Manufacturer: Indar, Cantarey</p>		



El aerogenerador de 600 kW elegido para el escenario 20% mixto es de Gamesa, una empresa española, y sus especificaciones están mostradas en las siguientes ilustraciones.

Main data	Rotor	Tower	Weights
Rated power: 600 kW Rotor diameter: 42 m Old model Offshore model: no	Number of blades: 3 Swept area: 1385.4 m <sup>2</sup> Power density: 2.31 m <sup>2</sup> /kW Maximum speed: 30 rd/min	Minimum hub height: 40,5 m Maximum hub height: 53 m	Nacelle: 17,3 t Rotor + hub: 8,4 t Tower: 41 t Total: 66,7 t
	Gearbox	Wind speeds	
	Gearbox: yes Stages: 3 Gear ratio: 50 Manufacturer: Hansen	Cut-in wind speed: 4 m/s Rated wind speed: 16 m/s Cut-off wind speed: 25 m/s	
	Generator		
	Type: ASYNC Number: 1 Maximum speed: 1650 rd/min Voltage: 690 V		

**Ilustración 77: Especificaciones aerogenerador 600 kW [80]**

TABLA RENDIMIENTO G42-600 kW									
V <sub>jo</sub>	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	21,5	17	17,8	18,6	19,4	20,2	21,1	21,9	22,7
6	65,2	54,7	56,6	58,5	60,4	62,3	64,2	66,1	68,1
7	120	102	105	108	112	115	118	121	125
8	188	160	165	170	175	180	185	190	195
9	268	230	237	244	251	258	264	271	278
10	356	308	316	325	334	343	351	360	368
11	440	386	397	407	419	427	436	445	453
12	510	460	470	481	492	499	506	513	520
13	556	519	528	536	545	550	554	559	563
14	582	560	565	570	577	579	581	583	585
15	594	583	586	588	591	592	593	594	595
16	598	594	595	596	597	598	598	598	599
17	600	598	598	599	599	599	599	600	600
18	600	599	600	600	600	600	600	600	600
19 - 25	600	600	600	600	600	600	600	600	600

Ilustración 78: Curva de potencia aerogenerador 600 kW [81]

## Inversor

El inversor de 300 kW elegido es de Solar Max y sus especificaciones son las siguientes.

## Specifications

SWISS QUALITY



	SolarMax 50TS	SolarMax 80TS	SolarMax 100TS	SolarMax 300TS	
<b>Input values</b>	MPP voltage range	430 V...800 V			
	Maximum DC voltage	900 V			
	Maximum DC current	120 A	180 A	225 A	720 A
	Number of MPP-Trackers	1	1	1	1 or 3
	Connection type	6 x screw terminals 150 mm <sup>2</sup>			6 x screw terminals 150 mm <sup>2</sup> / threaded bolts M8
<b>Output values</b>	Rated output power <sup>1)</sup>	50 kW	80 kW	100 kW	300 kW
	Maximum apparent output power	55 kVA	88 kVA	110 kVA	330 kVA
	Nominal mains voltage	3 x 400 V			
	Maximum AC current	77 A	122 A	153 A	460 A
	Mains nominal frequency / range	50 Hz / 45 Hz...55 Hz			
	Power factor cos(φ)	Adjustable from 0.8 overexcited to 0.8 underexcited			
	Distortion factor at rated power	< 3 %			
	Connection type	5 x screw terminals 95 mm <sup>2</sup>			threaded bolts M8
	Grid connection	Three-phase (without a neutral conductor)			
<b>Efficiency</b>	Maximum efficiency	96.3 %			
	Europ. efficiency	95.5 %			95.7 % <sup>2)</sup>
<b>Power input</b>	Own consumption, night	< 7 W			
<b>Ambient conditions</b>	Protection type compliant with EN 60529	IP20			
	Ambient temperature range	-20 °C...+50 °C			
	Ambient temperature range at rated power	-20 °C...+45 °C			
	Relative humidity	0...98% (no condensation)			
	Noise emission	< 65 dBA			
<b>Configuration</b>	Display	Graphic LC display with backlight and status LED			
	Data logger	Data logger for energy yield, peak output and operating duration for the last 31 days, 12 months and 10 years			
	Galvanic isolation	LF transformer			
<b>Standards &amp; guidelines</b>	CE-compliant	Yes			
	EMC	EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4 / EN 61000-6-3 (conducted emissions) <sup>3)</sup>			EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
	Standard / guideline compliance	VDE 0126-1-1 / DK 5940 Ed. 2.2 / RD 1699 / G59/2 / PPC Guide / BDEW MV Guideline / VDE-AR-N 4105			
	Device safety	TÜV "Type approved" compliant with EN 50178			
<b>Interfaces</b>	Data communication	RS485 / Ethernet via two RJ45 sockets			
	Status signalling contact	Potential-free terminal contact pair (configurable function)			
	Alarm input	Terminal contact pair for connection to MaxConnect plus			
	Inverter shut-off 1	Two terminal contact pairs (can be chain-linked via several SolarMax TS)			
	Inverter shut-off 2	Terminal contact pair			
<b>Weight &amp; dimensions</b>	Weight	670 kg	800 kg	840 kg	2600 kg
	Dimensions in mm (W x H x D)	1000 x 1410 x 760			
<b>Warranty</b>	Standard 2 years (free extension to 5 years after registration) / extensions to 10, 15, 20 or 25 years possible				

<sup>1)</sup> at cos(φ) = 0.9 U<sub>ac</sub> = 400 V

<sup>2)</sup> in Single MPPT operation with active partial load optimisation (see operating instructions parameter configuration with MaxTalk 2 Pro)

<sup>3)</sup> only inverters with item no. 8141-2, 8151-2 and 8161-2

All rights, amendments and errors reserved.

Ilustración 79: Especificaciones inversor [82]



#### ANEXO 4. TIPO DE CONSUMO SEGÚN EL CT

Centro de Transformación	Tipo de consumo	Clasificación
<b>1.1 Plaza Armada Española</b>	Pozo de riego	Otros
<b>1.2 Bases Norte Alumbrado</b>	Caseta, pantalanes, alumbrado público, pozo bomba	Mix
<b>1.3 Casa de la Copa</b>	Museo, restaurante, parte del edificio TII	Edificios
<b>2. Tinglado II</b>	No hay información	Otros
<b>5.1 Bases Sur Alumbrado</b>	Pozo bomba, alumbrado público	Alumbrado público
<b>5.2 Base 6</b>	Base 6	Edificios
<b>6.1 CM1 Pasarela</b>	Alumbrado público, pozo bomba	Alumbrado público
<b>6.2 Base 1</b>	Base 1	Edificios
<b>6.3 Base 2</b>	Base 2	Edificios
<b>6.4 Base 3</b>	Base 3	Edificios
<b>7.1 CM3 Gradas</b>	Alumbrado público, pozo flygt	Alumbrado público
<b>8.1 CM2 Parque Dársena</b>	No hay información	Otros
<b>9. Contradique Marina</b>	Gasolinera, capitanía, restaurante “Azul”, pantalanes, casetas, bar, estación de vacío, alumbrado público	Mix
<b>10. Marina Real</b>	Aseos, lavandería, alumbrado público, restaurante “Panorama”, corredera marina norte, caseta vigilantes Marina norte, pozos bomba flygt.	Mix
<b>11. Sponsors</b>	Restaurante “Lay down”, pozo bomba flygt, cuadro auxiliar junto pérgola	Otros
<b>12. Parking Veles e Vents</b>	Alumbrado público, alumbrado del parking, alumbrado interno de salas del parking, alumbrado letreros del parking, grupo de incendios, grupo de agua potable, ascensores, aseos, pozos bombas flygt, bombas pequeñas achique, sistema barreras parking, quiosco “Juegos infantiles”, bomba piscina, cuadro auxiliar en banderas, caseta,	Parking y alumbrado público

	amarres pantalán flotante canal y cuadros auxiliares en canal( para la feria náutica).	
<b>13. Edificio Veles e Vents</b>	Edificio Veles e Vents	Edificios
<b>14. Varadero</b>	Edificio varadero, Beach Club, pozo bomba flygt, Mundomarino, aseos explanada, High Cube, amarres pantalán flotante Veles.	Edificios
<b>15. Pantalán Central</b>	Pantalán central	Amarres
<b>16. Grupo Bomba Dársena Sur</b>	Grupo bombas red de incendios, pozo flygt	Otros
<b>17. Amarres Explanada</b>	Alumbrado público, aseos, caseta, pantalanes.	Mix
<b>18. Amarres Gradass</b>	Alumbrado público, pantalanes, aseos, pozo flygt, estación de vacío, barrera y puerta corredera entrada Marina sur, caseta de vigilantes.	Mix
<b>19. Amarres Dique Sur</b>	Bombas de cacsas, casetas	Otros y edificios

**Tabla 13: Tipo de consumo en cada CT**