



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto
Ingeniería
Energética



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER
TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA DESARROLLO SOSTENIBLE

**Metodología para la localización de
ubicaciones óptimas para cargadores de
coches eléctricos autoabastecidos con
fuentes renovables y red mediante la
modalidad de autoconsumo con
excedentes, utilizando softwares de
información geográfica: Aplicación a la
Comunidad Valenciana**

AUTOR: LARRAZ GIGANTO, CARLOS

TUTOR: VARGAS SALGADO, CARLOS AFRANIO

Curso Académico: 2020-21

“Fecha 09/2021”

AGRADECIMIENTOS

Esta aventura comenzó en Septiembre de 2019, el mundo ha cambiado mucho desde entonces pero esto no ha impedido que haya podido disfrutar y aprender de este máster. Para ello he tenido la ayuda de mucha gente, a los cuales me gustaría agradecer a continuación.

A mi familia, por el ánimo, cariño y ayuda económica que me ha permitido estudiar y disfrutar en Valencia.

A mi novia, por estar junto a mi en todo momento, por echarme una mano cuando lo necesitaba y disfrutar de tu compañía el resto del tiempo.

A mis amigos, por ser otro apoyo incondicional desde hace años para todos los retos a los que me he enfrentado.

A mis compañeros y profesores, el tiempo que estuvimos juntos fue medio curso pero me dió tiempo a darme cuenta de las buenas personas con las que compartía aula. Todos juntos hicimos que este camino de aprendizaje fuera más fácil y ameno.

RESUMEN

El sector del transporte es el responsable de más de un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE y de un cuarto de las emisiones en España. La contaminación de este sector aumenta cada año, por lo que una reducción en las emisiones tendrá un gran impacto a nivel general. Con el aumento de la población mundial y el consumo, la movilidad eléctrica se sitúa como una de las potenciales soluciones a este problema.

El vehículo eléctrico es cada día una realidad más tangible que permite la transición energética a las fuentes de energía renovable con el fin de reducir las emisiones contaminantes y contribuyendo así, a un desarrollo sostenible. Para que estos transportes pueden ser algo común en un futuro, se ha de tener una infraestructura importante de electrolinerías por todo el territorio (al igual que ya se tienen gasolineras).

En este trabajo se elabora una metodología para estimar las ubicaciones óptimas para la instalación de puntos de recarga autoabastecidos con fuentes renovables (solar PV y eólica), mediante la modalidad de autoconsumo con excedentes, utilizando softwares de información geográfica (GIS). En este caso concreto se ha utilizado QGIS y se ha realizado el dimensionamiento de una electrolinería estándar en uno de los puntos óptimos de la zona interurbana y otra de la zona extraurbana. Los dimensionamientos han sido realizados utilizando la herramienta de software HOMER.

Para realizar el proyecto, primero se han recogido datos geográficos de radiación solar, velocidad del viento y ubicaciones de gasolineras. Posteriormente, se han obtenido mapas con las ubicaciones que cumplen con los requisitos establecidos como necesarios para que se pueda obtener una energía suficiente para que las electrolinerías sean útiles.

Con esta información se han obtenido las potenciales ubicaciones de electrolinerías abastecidas por energía solar fotovoltaica y eólica, utilizando como apoyo la red eléctrica para cuando no haya generación a partir de renovables y enviando los excedentes a la red, para compensación o venta de energía. Después se ha realizado un dimensionamiento del sistema de generación de energía renovable, así como un análisis económico y de viabilidad, apoyándose en el software HOMER.

Palabras Clave: Vehículo eléctrico; punto de recarga; software de información geográfica; autoconsumo; energías renovables.

RESUM

El sector del transport és el responsable de més d'un terç de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle a la UE i d'un quart de les emissions a Espanya. La contaminació d'aquest sector augmenta cada any, per la qual cosa una reducció en les emissions tindrà un gran impacte a nivell general. Amb l'augment de la població mundial i el consum, la mobilitat elèctrica se situa com una de les potencials solucions a aquest problema.

El vehicle elèctric és cada dia una realitat més tangible que permet la transició energètica a les fonts d'energia renovable amb la finalitat de reduir les emissions contaminants i contribuint així, a un desenvolupament sostenible. Perquè aquests transports poden ser una cosa comuna en un futur, s'ha de tindre una infraestructura important de electrolinerars per tot el territori (igual que ja es tenen gasolineres).

En aquest treball s'elabora una metodologia per a estimar les ubicacions òptimes per a la instal·lació de punts de recàrrega autoproveïts amb fonts renovables (solar PV i eòlica), mitjançant la modalitat d'autoconsum amb excedents, utilitzant softwares d'informació geogràfica (GIS). En aquest cas concret s'ha utilitzat QGis i s'ha realitzat el dimensionament d'una electrolinerara estàndard en un dels punts òptims de la zona interurbana i una altra de la zona extraurbana. Els dimensionaments han sigut realitzats utilitzant l'eina de programari HOMER.

Per a realitzar el projecte, primer s'han recollit dades geogràfiques de radiació solar, velocitat del vent i ubicacions de gasolineres. Posteriorment, s'han obtingut mapes amb les ubicacions que compleixen amb els requisits establits com a necessaris perquè es pugui obtenir una energia suficient perquè les electrolinerars siguin útils.

Amb aquesta informació s'han obtingut les potencials ubicacions de electrolinerars proveïdes per energia solar fotovoltaica i eòlica, utilitzant com a suport la xarxa elèctrica per a quan no hi haja generació a partir de renovables i enviant els excedents a la xarxa, per a compensació o venda d'energia. Després s'ha realitzat un dimensionament del sistema de generació d'energia renovable, així com una anàlisi econòmica i de viabilitat, tot això secundant-se en el programari HOMER.

Paraules Clau: Vehicle elèctric; punt de recàrrega; programari d'informació geogràfica; autoconsum; energies renovables.

ABSTRACT

Transport sector is responsible for more than a third of greenhouse gas emissions in the EU and a quarter of emissions in Spain. Pollution in this sector is increasing every year, so a reduction in emissions will have a major impact on a general level. With the increase in world population and consumption, electric mobility is one of the potential solutions to this problem.

The electric vehicle is becoming a more tangible reality that allows the energy transition to renewable energy sources in order to reduce polluting emissions and thus contribute to sustainable development. In order for these transports to be common in the future, it is necessary to have an important infrastructure of electroliners throughout the territory (as already have gas stations).

In this work a methodology is developed to estimate the optimal locations for the installation of recharging points self-sufficient with renewable sources (solar PV and wind), through the modality of self-consumption with surplus, using geographic information software (GIS). In this specific case QGis has been used and the sizing of an electroliner has been carried out and the sizing of a standard electroliner has been carried out in one of the optimal points of the interurban zone and another one of the extra-urban zone. The sizings have been made using the HOMER software tool.

To carry out the project, geographic data on solar radiation, wind speed and gas station locations have first been collected. Subsequently, maps have been obtained with locations that meet the requirements set out as necessary so that sufficient power can be obtained for the electroliners to be useful.

With this information the potential locations of electroliners supplied by photovoltaic and wind energy have been obtained, using as support the electricity grid for when there is no generation from renewables and sending the surplus to the grid, for compensation or sale of energy. Then a sizing of the renewable energy generation system has been carried out, as well as an economic and feasibility analysis, all based on the HOMER software.

Keywords: Electric vehicle; recharge point; geographic information software; self-consumption; renewable energies.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

<i>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</i>	17
1.1. Antecedentes	17
1.2. Objetivo	18
1.3. Justificación	18
1.4. Estructura del documento.....	19
1.5. Normativa	19
1.5. Herramientas utilizadas	21
<i>CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE</i>	23
2.1. El transporte en la UE y en España: problemática	23
2.2. Políticas sobre el transporte	30
2.3. El vehículo eléctrico.....	31
2.4. Red de puntos de consumo.....	36
2.5. Tipos de carga y cargadores eléctricos.....	40
2.5.1. Modo de carga 1 (AC).....	42
2.5.2. Modo de carga 2 (AC).....	42
2.5.3. Modo de carga 3 (AC).....	43
2.5.4. Modo de carga 4 (CC).....	44
<i>Capítulo 3. METODOLOGÍA</i>	45
<i>Capítulo 4. POTENCIALES UBICACIONES DE PUNTOS DE RECARGA Y GENERACIÓN</i> ...	48
4.1. Datos de partida.....	48
4.1.1 Radiación solar media diaria	48
4.1.2 Velocidad del viento a 100 metros del suelo	49
4.1.3 Ubicaciones de gasolineras actuales.....	50
4.2. Proceso	51
<i>CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS</i>	52
<i>CAPÍTULO 6. DIMENSIONAMIENTO DE DOS ELECTROLINERAS</i>	59
6.1. Zona extraurbana	59
6.1.1. Dimensionamiento de la electrolinera extraurbana.....	61
6.1.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	63
6.1.3. Dimensionamiento del sistema eólico	64
6.1.4. Simulación en Homer	65
6.1.5. Balance energético	71
6.1.6. Análisis económico.....	74

6.2. Zona interurbana.....	75
6.2.1. Dimensionamiento de la electrolinera extraurbana.....	76
6.2.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	77
6.2.3. Simulación en Homer	78
6.2.4. Balance energético	82
6.2.5. Análisis económico.....	85
<i>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....</i>	<i>87</i>
<i>CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>89</i>

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Necesidad del presupuesto.....	93
2. Contenido.....	93

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

<i>Anexo 1. Infraestructura de recarga eléctrica pública en España por provincias. Fuente: GeoTab.com.....</i>	<i>99</i>
<i>Anexo 2. Radiación solar media diaria.</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 3. Zonas de mayor potencial solar.</i>	<i>103</i>
<i>Anexo 4. Zonas donde se permite la instalación de energía fotovoltaica.</i>	<i>104</i>
<i>Anexo 5. Velocidad del viento a 100 metros del suelo.</i>	<i>106</i>
<i>Anexo 6. Zonas donde se permite la instalación de energía eólica.....</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 7. Mapa con las potenciales zonas para la instalación de electrolineras autoabastecidas.</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 8. Mapa con las potenciales zonas para la instalación de electrolineras autoabastecidas en zonas extraurbanas.....</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 9. Ficha técnica de Placa solar INE-MONO-9MA 550W.</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 10. Ficha técnica de Inversor HUAWEI FusionSolar SUN2000.</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 11. Información de Inversor Sofar 70000TL y 60000TL – SOFAR.</i>	<i>114</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Logotipo QGIS.

Ilustración 2: Logotipo HOMER.

Ilustración 3: Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE. Fuente: AEMA.

Ilustración 4: Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España. Fuente: AEMA.

Ilustración 5: Valor absoluto y porcentaje de contaminación según sector (kT eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 6: Valor absoluto y porcentaje de contaminación según sector (kT eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 7: Evolución de la contaminación de cada sector (kt eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 8: Evolución de la contaminación de cada sector (kt eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 9: Emisiones de gases contaminantes en el sector transportes en EU según tipo (Kt eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 10: Emisiones de gases contaminantes en el sector transportes en España según tipo (Kt eq. CO₂). Fuente: EEA.

Ilustración 11: Histórico de emisiones de gases de efecto invernadero en EU (Mt CO₂ eq.). Fuente: EUROSTAT.

Ilustración 12: Evolución de la flota de vehículos eléctricos puros en Europa. Fuente: EAFO.

Ilustración 13: Evolución de la flota de vehículos eléctricos puros en España. Fuente: EAFO.

Ilustración 14: Porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos enchufables registrados en 2020. Fuente: AEMA.

Ilustración 15: Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables en los países de Europa. Fuente: EUROSTAT.

Ilustración 16: Contaminación de distintos coches (kg CO₂ eq. / km recorrido). Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 17: Número de cargadores eléctricos en Europa. Fuente: Movilidadelectrica.com.

Ilustración 18: Distribución de cargadores eléctricos en España. Fuente: Electromaps.com.

Ilustración 19: Distribución de cargadores eléctricos en la Comunidad Valenciana. Fuente: Electromaps.com.

Ilustración 20: Curva de carga de Nissan Leaf.

Ilustración 21: Curva de carga BMW i3.

- Ilustración 22: Curva de carga Tesla model S/X LR.
- Ilustración 23: Ejemplo de modo de carga tipo 1. Fuente: Lugenergy.com.
- Ilustración 24: Ejemplo de modo de carga tipo 2. Fuente: Lugenergy.com.
- Ilustración 25: Ejemplo de modo de carga tipo 3. Fuente: Lugenergy.com.
- Ilustración 26: Ejemplo de modo de carga tipo 4. Fuente: Lugenergy.com
- Ilustración 27: Diagrama de flujo de la metodología.
- Ilustración 28: Irradiación solar mensual en la ciudad de Valencia. Fuente: CIEMAT.
- Ilustración 29: Variación mensual de la velocidad del viento en la Comunidad Valenciana. Fuente: Enair.
- Ilustración 30: Provincia de Castellón del anexo 7.
- Ilustración 31: Provincia de Valencia del anexo 7.
- Ilustración 32: El rincón de Ademuz del anexo 7.
- Ilustración 33: Provincia de Alicante del anexo 7.
- Ilustración 34: Provincia de Castellón del anexo 8.
- Ilustración 35: Provincia de Valencia del anexo 8.
- Ilustración 36: El rincón de Ademuz del anexo 8.
- Ilustración 37: Provincia de Alicante del anexo 8.
- Ilustración 38: Ubicaciones potenciales para la instalación de electrolineras.
- Ilustración 39: Ubicaciones potenciales reajustado.
- Ilustración 40: Ubicación de la electrolinera extraurbana. Fuente: Google Maps.
- Ilustración 41: Distribución horaria del tráfico de la gasolinera. Fuente: Google Maps.
- Ilustración 42: Evolución prevista del parque de vehículos eléctricos en España. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 43: Evolución prevista del parque de vehículos total en España. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 44: Modelado en HOMER para el año 2021. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 45: Modelado en HOMER para el año 2030. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 46: Características del recurso solar en HOMER.
- Ilustración 47: Características del recurso eólico en HOMER.
- Ilustración 48: Características del sistema eólico en HOMER.
- Ilustración 49: Curva de carga estimada para el año 2021 en HOMER. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 50: Curva de carga estimada para el año 2030 en HOMER. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 51: Resultados de la simulación de la zona extraurbana para el año 2021.

- Ilustración 52: Resultados de la simulación de la zona extraurbana para el año 2030.
- Ilustración 53: Producción mensual del sistema en el año 2021.
- Ilustración 54: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2021.
- Ilustración 55: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2030.
- Ilustración 56: Producción mensual del sistema en el año 2030.
- Ilustración 57: Ubicación seleccionada para zona interurbana. Fuente: Google Maps.
- Ilustración 58: Ubicación seleccionada para zona interurbana. Fuente: Google Maps.
- Ilustración 59: Distribución horaria del tráfico de la gasolinera. Fuente: Google Maps.
- Ilustración 60: Modelado interurbano en HOMER para el año 2021. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 61: Modelado interurbano en HOMER para el año 2030. Fuente: Elaboración propia.
- Ilustración 62: Características del recurso solar en HOMER.
- Ilustración 63: Curva de carga estimada en la zona interurbana para el año 2021 en HOMER.
- Ilustración 64: Curva de carga estimada en la zona interurbana para el año 2030 en HOMER.
- Ilustración 65: Resultados de la simulación de la zona interurbana para el año 2021.
- Ilustración 66: Resultados de la simulación de la zona interurbana para el año 2030.
- Ilustración 67: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2021.
- Ilustración 68: Producción mensual del sistema en el año 2021.
- Ilustración 69: Producción mensual del sistema en el año 2030.
- Ilustración 70: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2030.
- Ilustración 71: Infraestructura de recarga eléctrica pública en España por provincias. Fuente: GeoTab.com.
- Ilustración 72: Radiación solar directa de la Comunidad Valenciana (kWh/m²). Fuente: Global Solar Atlas.
- Ilustración 73: Zonas de mayor radiación en la Comunidad Valenciana. Fuente: ADRASE.
- Ilustración 74: Velocidad del viento en la Comunidad Valenciana (m/s). Fuente: Global Wind Atlas.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aproximaciones y cálculos para la zona extraurbana.	63
Tabla 2: Componentes principales de la instalación solar extraurbana.	64
Tabla 3: Componentes principales de la instalación eólica extraurbana.	64
Tabla 4: Costes de compra y venta de electricidad en año 2021.	66
Tabla 5: Características de los paneles solares.	67
Tabla 6: Datos del recurso eólico.	68
Tabla 7: Características principales de la carga extraurbana en 2021.	69
Tabla 8: Características principales de la carga extraurbana en 2030.	69
Tabla 9: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2021.	71
Tabla 10: Características de la producción en la zona extraurbana para el año 2021.	71
Tabla 11: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2030.	72
Tabla 12: Características de la producción en la zona extraurbana para el año 2030.	72
Tabla 13: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2021.	74
Tabla 14: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2030.	75
Tabla 15: Aproximaciones y cálculos zona interurbana.	77
Tabla 16: Componentes de la instalación interurbana.	78
Tabla 17: Características de los paneles solares.	80
Tabla 18: Características principales de la carga interurbana en 2021.	81
Tabla 19: Características principales de la carga interurbana en 2030.	81
Tabla 20: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2021.	82
Tabla 21: Características de la producción en la zona interurbana para el año 2021.	83
Tabla 22: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2030.	83
Tabla 23: Características de la producción en la zona interurbana para el año 2030.	83
Tabla 24: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2021.	86
Tabla 25: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2030.	86
Tabla 26: Presupuesto para la zona extraurbana.	93
Tabla 27: Presupuesto para la zona interurbana.	94
Tabla 28: Presupuesto del estudio realizado.	94

ACRÓNIMOS

ACEA: Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (European Automobile Manufacturers' Association)

AEMA: Agencia Europea del Medio Ambiente

ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones

BEV: Coche eléctrico de batería (Battery Electric Vehicle)

EAFO: Observatorio Europeo de combustibles alternativos (European Alternative Fuels Observatory)

EEA: Agencia Europea del Medio Ambiente (European Environment Agency)

EUROSTAT: Oficina Europea de Estadística (Statistical Office of the European Communities)

HOMER: (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources)

I.M.D: Incidencia Media Diaria

UE: Unión Europea

WMS: Servicio Web de Mapas (Web Mapping Service)

I. MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

¿Cuántas veces utiliza el coche a la semana? Probablemente pensará que pocas o que está en la media de “lo normal” pero... ¿Se ha planteado que en su núcleo urbano convive con miles o millones de personas que también utilizan el coche con la misma o más frecuencia que usted?

Con esta reflexión lo que se quiere transmitir es que al igual que una playa se construye grano a grano de arena, la contaminación debida al transporte se construye con la pequeña contribución de cada persona. A continuación, se muestran una serie de datos que quizá no conozca y que son las razones por las que se ha realizado este TFM.

“El transporte desempeña un papel esencial en la sociedad y en la economía. Contar con un sistema de transporte eficiente y accesible es clave para nuestra calidad de vida. Al mismo tiempo, el transporte es una fuente principal de presiones medioambientales en la Unión Europea (UE) y contribuye al cambio climático, a la contaminación atmosférica y al ruido. También ocupa grandes franjas de terreno y contribuye a la expansión urbana descontrolada, a la fragmentación de los hábitats y al sellado de las superficies.” (AEMA, 2020).

Según AEMA, el transporte consume una tercera parte de toda la energía final en la UE y genera una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. De estas emisiones de gases nocivos, el 70% la genera el transporte terrestre, por lo que reducir las emisiones de este grupo tendría unas consecuencias grandes y positivas en cuanto al desarrollo sostenible (AEMA, 2020).

El último estudio de la ACEA señala que en 2019 existían casi 278 millones de vehículos a motor en circulación en Europa y de estos casi 29,5 millones estaban en España (ACEA, 2021). Tanto en España como en la mayoría de los países de Europa, los vehículos con motor de combustión representan más del 90% del total de vehículos terrestres.

Una solución frente a este problema es la utilización del vehículo eléctrico, una realidad más que tangible en países como Noruega. Para que el uso del vehículo eléctrico pueda ser una realidad, deben darse 2 características principales que se convierten en retos a superar.

La primera es que la energía que consumen los coches eléctricos sea generada de forma renovable. Por mucho que utilicemos un coche eléctrico, si éste obtiene su energía de la combustión de combustibles fósiles no se soluciona nada. Afortunadamente, este primer reto lleva años de desarrollo tanto en Europa como en España y de hecho casi el 20% de la energía generada es verde (EUROSTAT, 2020).

El segundo reto es el de crear una infraestructura de electrolineras similar al de gasolineras para poder cargar el coche eléctrico. Hoy en día, España no tiene una infraestructura de electrolineras suficiente como para que el coche eléctrico sea de uso común. Tampoco la tienen la mayoría de los países de Europa, pero encontramos casos como Noruega u Holanda que nos demuestran que es posible.

1.2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es encontrar potenciales ubicaciones adecuadas para la instalación de puntos de recarga autoabastecidos para coches eléctricos en la comunidad Valenciana mediante el uso de software de información geográfica.

Por otro lado, se van a realizar el dimensionamiento de una electrolinera autoabastecidas con energía solar y/o eólica,. De esta forma se pretenden resolver ambos retos. Por un lado, se intenta resolver el problema de la ubicación adecuada de una electrolinera y por otra parte la infraestructura de electrolineras en la comunidad Valenciana y su extrapolación al resto de España.

1.3. Justificación

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los principales focos de contaminación es la causada por el transporte terrestre. Una solución es el uso del vehículo eléctrico con energía 100% renovable. Para que esta solución se pueda llevar a cabo, debe construirse una red de electrolineras por todo el país. Lo que este proyecto aporta es facilitar esa tarea, creando un proceso para encontrar las ubicaciones idóneas para la construcción de electrolineras autoabastecidas a través de un software de información geográfica.

¿Por qué la comunidad Valenciana? Hay varias zonas de España que, desde mi punto de vista, tienen un gran potencial para ser objeto de este estudio. En 2019 había más de 60.000 coches eléctricos en España pero no están distribuidos uniformemente por el país (*¿Cuántos puntos de recarga de vehículos eléctricos hay en España?*, 2020).

Comunidad de Madrid, Cataluña y Comunidad Valenciana son las tres comunidades autónomas que más coches eléctricos tenían en 2019. En Madrid se movían 21.672 vehículos eléctricos, mientras que Cataluña contaba con 16.708 vehículos de este tipo en circulación. La Comunidad Valencia se situaba como la tercera comunidad autónoma con 5.339 unidades eléctricas (de la Torre, 2019). Estamos hablando de casi una décima parte de todos los vehículos eléctricos, lo cual me parece un valor significativo para realizar el estudio. A esto hay que añadirle que la autovía A-3 (Madrid-Valencia) y la autopista AP-7 (Barcelona-Valencia) son dos de las vías con más tráfico de España (Ministerio de Transportes, 2018).

Además, la Universitat Politècnica de Valencia me ha permitido realizar este máster, por lo que me parece un modo de agradecimiento el realizar el estudio en su comunidad autónoma.

1.4. Estructura del documento

Así pues, en esta memoria se ha introducido el problema a resolver y se ha puesto en contexto brevemente al lector sobre el tema a tratar, la normativa que lo regula y los softwares utilizados para la realización del proyecto, en el primer capítulo. En el siguiente apartado, se realiza un estado del arte que revisa algunos conceptos fundamentales que hay que tener en cuenta cuando hablamos de las características y la viabilidad del vehículo eléctrico.

En el tercer capítulo se explica la normativa vigente y, en el cuarto, los estudios de análisis de potenciales ubicaciones para la instalación de una electrolinera autoabastecida, donde se explica tanto la fuente de los datos como el proceso seguido.

Los capítulos 5 y 6 contienen el análisis de los resultados obtenidos con QGIS y el dimensionamiento de las electrolineras estándar, respectivamente. Dentro de estos apartados se muestran tanto los datos como el proceso y los resultados obtenidos.

Finalmente, en el capítulo 7 se argumentan las conclusiones obtenidas del estudio y de la investigación realizada. La bibliografía se encuentra en el capítulo 8. Después de la memoria están los presupuestos y los anexos.

1.5. Normativa

La electrificación del transporte se rige mediante normativas a nivel europeo, nacional y autonómico.

A nivel europeo existen las siguientes regulaciones:

- Libro blanco el transporte
- DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética (infraestructuras, movilidad y electromovilidad)
- Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.

Las siguientes leyes afectan a nivel nacional:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios. (Modificación de la Ley de Propiedad Horizontal, artículo tercero).
- Real Decreto-ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo. (Artículo 23 habilitación legal del gestor de cargas).
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, del Reglamento electrotécnico

para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.

- Real Decreto 639/2017, de 9 de diciembre, por el que se establece un marco de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 72/2019, de 15 de febrero, por el que se regula el programa de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (Programa MOVES).
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Por último, también existen regulaciones a nivel autonómico:

- RESOLUCIÓN de 16 de febrero de 2021, del presidente del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), por la que se convocan ayudas para la instalación de infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos, con cargo al presupuesto del ejercicio 2021. (DOGV 9024 de 19/02/2021).

Fuente: (Movilidadelectricazaragoza.es, 2021).

Las electrolinerías diseñadas también deberán cumplir el reglamento de las gasolineras ya que se instalarán en actuales gasolineras, esta normativa se compone de las siguientes leyes:

- Ley 21/1992, de 16 de junio, de Industria.
- Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, de Reglamento de Instalaciones petrolíferas.
- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 01 de «Refinerías», aprobada mediante Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, de Reglamento de Instalaciones Petrolíferas.
- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 02 de «Parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos» modificada mediante Real Decreto 1562/1998, de 17 de julio.
- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 03, de «Instalaciones de almacenamiento para su consumo en la propia instalación», aprobada mediante Real Decreto 1523/1999, de 1 de octubre.
- Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 04, de «Instalaciones para suministro a vehículos», aprobada mediante Real Decreto 1523/1999, de 1 de octubre.
- Ley 25/1988, de 29 de junio, de Carreteras.
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, de Reglamento de Carreteras.
- Orden 16-12-1997, del Ministerio de Fomento, por la que se regula los accesos a las Carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
- Ley 8/1972, de 10 de mayo, de construcción, conservación y explotación de autopistas en régimen de concesión.
- Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio, de Texto refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.

- Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre el Régimen del Suelo y Valoraciones.

Fuente: (Del Real Martín, 2019)

1.5. Herramientas utilizadas

Para elaborar el estudio se han utilizado los softwares QGIS y HOMER.

Comenzando por QGIS, este es un software de información geográfica, es decir, es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Utilizando mapas vectoriales y rásters de radiación solar (W/m^2), velocidad del viento a 100 metros del suelo (m/s) y ubicación geográfica de gasolineras, se ha podido elaborar un cuarto mapa con las potenciales ubicaciones para la construcción de electrolineras autoabastecidas. Dichas electrolineras son tanto técnica como energéticamente viables.



Ilustración 1: Logotipo QGIS.

HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) es un software que encuentra la combinación de componentes de menor costo que satisfacen las cargas eléctricas y térmicas de un sistema de energía. HOMER simula miles de configuraciones de sistemas, optimiza para los costos de ciclos de vida y genera resultados de análisis sensible para la mayoría de los datos de entrada.

“HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8,760 horas de un año. Para cada hora, HOMER compara la carga eléctrica y térmica con la energía que el sistema puede entregar en una hora. Para sistemas que incluyen baterías o generadores a base de combustibles, HOMER también decide para cada hora, cómo operar los generadores y cargar o descargar las baterías. Si el sistema satisface las cargas para todo el año, HOMER estima el costo del ciclo de vida del sistema, contabilizando el costo de inversión, costo de reemplazo, costos de operación y mantenimiento, combustible e intereses. Usted puede ver los flujos de energía horaria para cada componente, así como los costos anuales y resumen del comportamiento.” (Lilienthal, Gilman and Renné, 2004)

Mediante el software HOMER, se selecciona el tamaño adecuado de la instalación renovable y se realiza un análisis de viabilidad económica de dos dimensionamientos de electrolineras estándar, una interurbana y otra extraurbana. Gracias a este análisis se pretende estimar las

características estándar de las electrolineras, tales como coste de inversión, payback, energía suministrada y obtenida de la red, curva de demanda diaria, etc...



Ilustración 2: Logotipo HOMER.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1. El transporte en la UE y en España: problemática

Como se ha mencionado en la introducción, actualmente el transporte es el responsable de más de un cuarto de los gases de efecto invernadero en la UE (AEMA, 2020). En este apartado me gustaría dar algunos datos importantes respecto a este tema, así como de las acciones que se están llevando a cabo en esta materia. Todo esto con el fin de poder realizar valoraciones lo más objetivas posibles respecto al vehículo eléctrico como parte de la solución para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por parte del transporte terrestre.

Empecemos por el problema principal. El cambio climático, la dependencia del petróleo y las ciudades sufriendo de la contaminación del aire son algunos retos de nuestra sociedad y que cuya solución pasa por la electrificación del transporte (Creutzig *et al.*, 2015). La gran mayoría de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea y España son emisiones de CO₂ (Ilustración 3 e Ilustración 4).

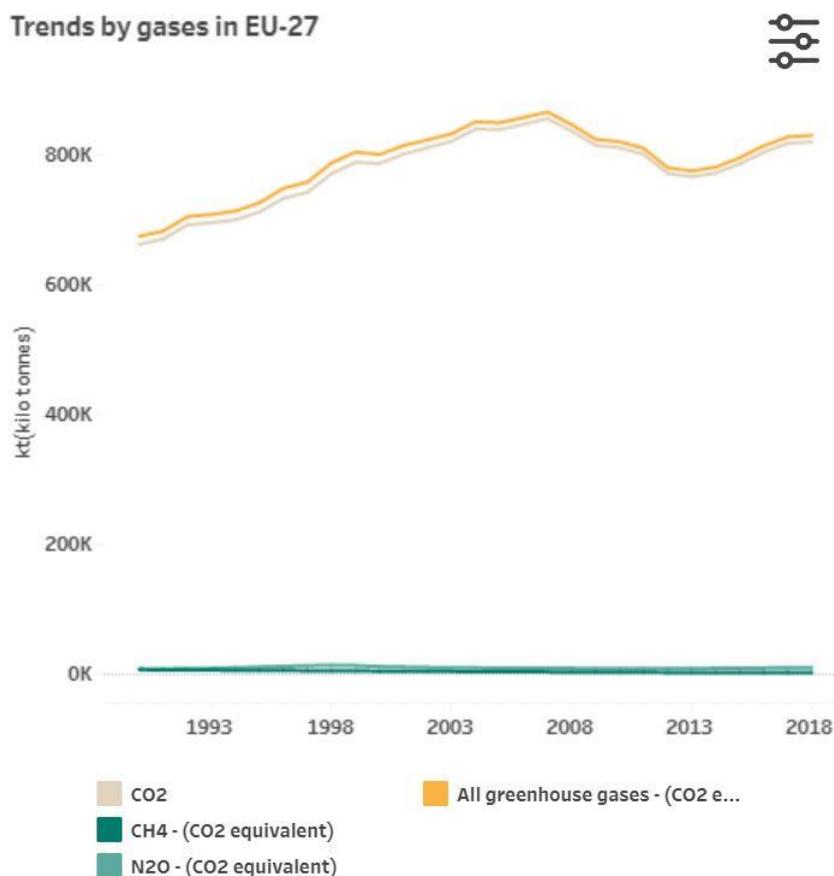


Ilustración 3: Evolución de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE. Fuente: AEMA.

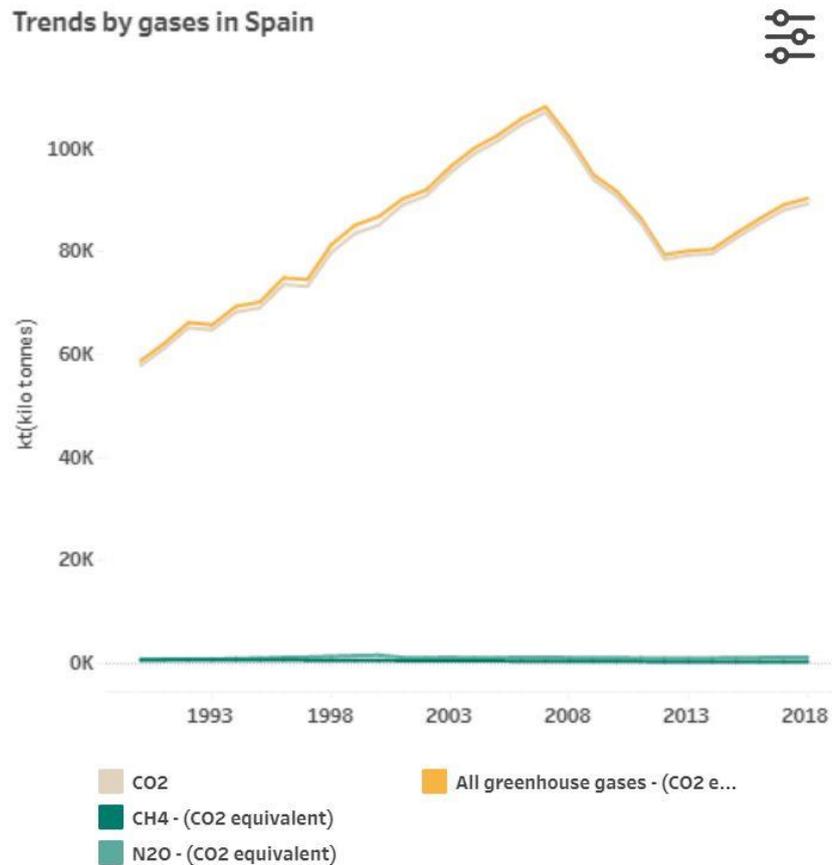
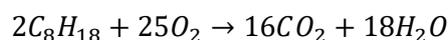


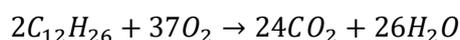
Ilustración 4: Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España. Fuente: AEMA.

Estas emisiones son debidas a las actividades del ser humano que producen bienes y/o servicios. Para el caso del transporte, sabemos que genera CO₂ ya que conocemos las ecuaciones de combustión de la gasolina (Ecuación 1) y del diésel (Ecuación 2) en un motor y en ambas se genera este gas.

Ecuación 1: Combustión de la gasolina.



Ecuación 2: Combustión del diésel.



El transporte, tanto de personas como de mercancías, se ha convertido en un bien básico equiparable al agua o la vestimenta. Nadie se imagina una vida sin la necesidad de tener que desplazarse cada día a algún lugar. En los países desarrollados, casi todo el mundo se sube a un coche una vez al mes, por lo menos. O consume un producto que ha sido producido lejos del lugar de consumo y ha necesitado de uno o más transportes para ser trasladado. Con esto, quiero decir que todos contribuimos al uso de los transportes ya sea de forma directa (utilizando

un vehículo) o de forma indirecta (demandando un bien o servicio que requiere de un transporte).

La pregunta que vendría ahora a la cabeza es ¿Cuánto contamina el transporte, es un valor representativo o hay otras actividades que contaminan más? En la Ilustración 5, podemos ver las emisiones de gases contaminantes de cada sector, expresadas en kt de CO2 equivalentes, así como su contribución porcentual al total de emisiones en Europa. El sector más contaminante es el de producción de energía, pero si nos fijamos bien, los datos de transporte están separados en aéreo, naval y terrestre. Si sumamos estos datos, obtenemos un total de 1.265.327 kt de CO2 equivalentes, lo que colocaría al sector transportes como el primer sector contaminador con más de un tercio del total de emisiones en la UE.

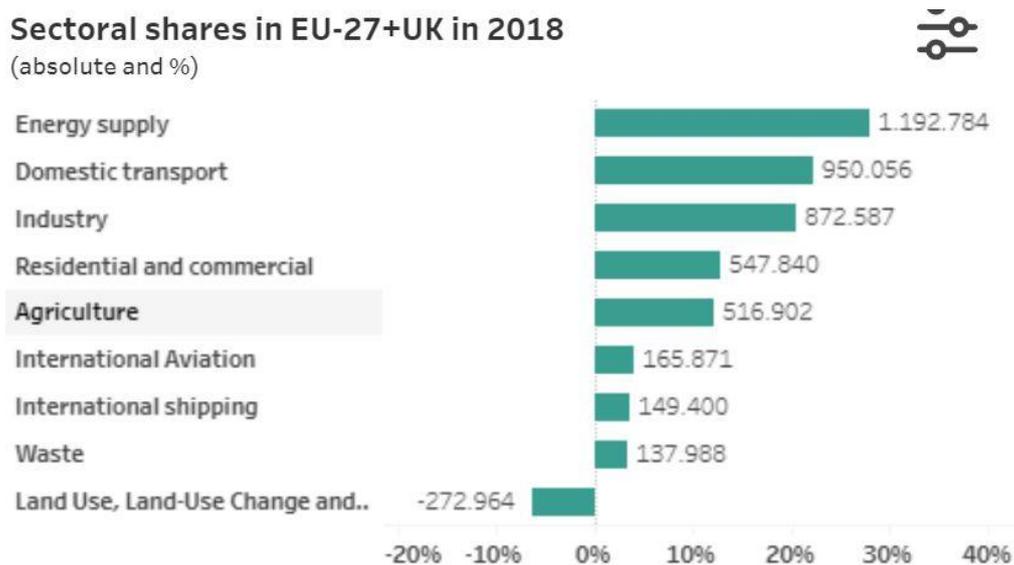


Ilustración 5: Valor absoluto y porcentaje de contaminación según sector (kt eq. CO2). Fuente: EEA.

Así mismo, se puede ver en los datos para España que el sector transportes es el que más contamina, siendo el transporte domestico (parte del sector transporte) más contaminante que cualquiera del resto de sectores y ocupando más de la cuarta parte del total de emisiones de CO2 (Ilustración 6).

Como se ha mencionado previamente, el transporte terrestre es el responsable del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero que genera el sector transportes, mientras que en España este porcentaje sube hasta el 90%.

Sectoral shares in Spain in 2018

(absolute and %)

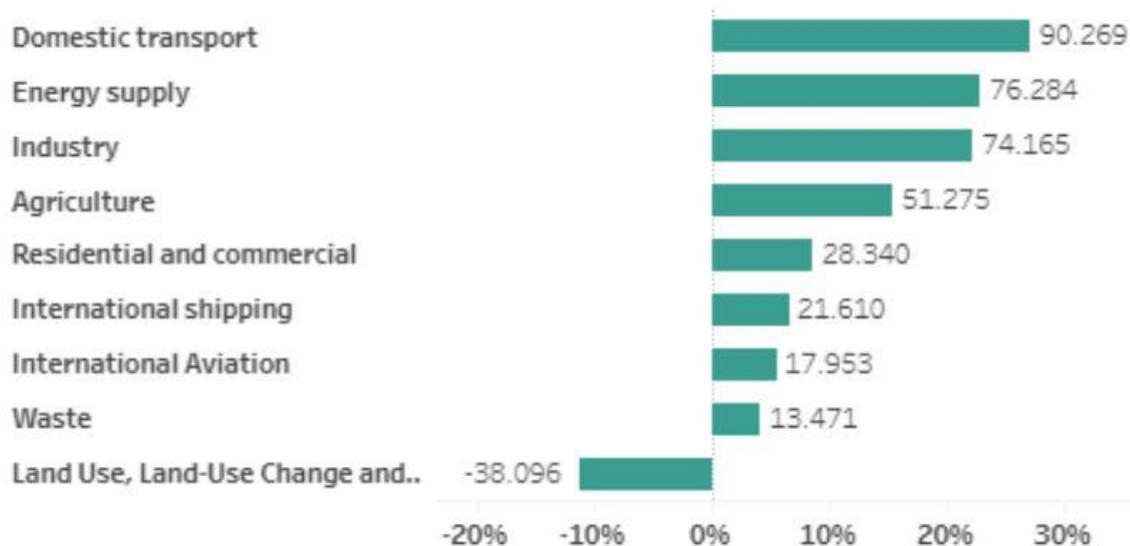


Ilustración 6: Valor absoluto y porcentaje de contaminación según sector (kT eq. CO₂). Fuente: EEA.

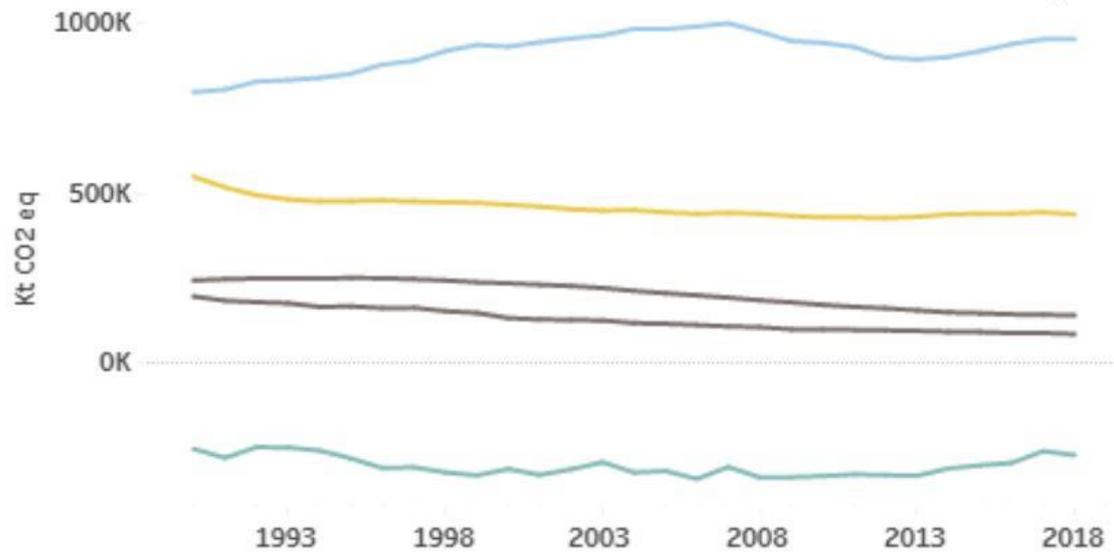
Para continuar, veamos como ha sido la evolución de la contaminación de cada sector. En la Ilustración 7 se puede ver que ya desde hace 25 años el transporte supera al resto de sectores como el sector más contaminante. Además, ha tenido siempre una tendencia ascendente que solo pudo ser revertida en la crisis del 2018. El resto de sectores se mantienen con una tendencia decreciente o estable.

Para el caso de España, ocurre lo mismo (Ilustración 8). A destacar que el impacto de la crisis de 2018 es mucho más pronunciado que en el caso de Europa.

Con estos datos, se puede afirmar que un cambio en el sector transportes, puede tener un gran impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación, se pretende analizar más profundamente este sector. Podemos distinguir 3 tipos de transportes: aéreo, marítimo y terrestre. El transporte aéreo tiene una contaminación por pasajero y kilómetro mucho mayor que cualquiera de los otros dos, pero la cantidad de vehículos terrestres y el número de kilómetros que se recorren con los mismos es de largo mucho mayor, lo que genera que la contaminación total sea ocho veces mas. En la Ilustración 9 y la Ilustración 10, se aprecia que el transporte terrestre es, de largo, el más contaminante de los 3 tipos tanto en Europa como en España.

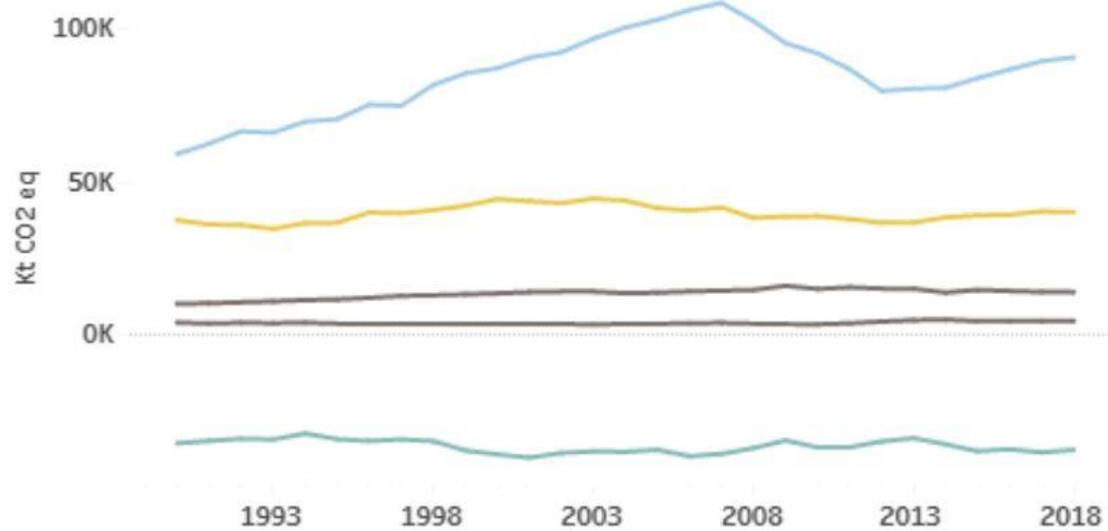
Trends by IPCC sectors in EU-27+UK



- 1.A.3 - Transport
- 4 - Land Use, Lan...
- 1.B - Fugitive Emi...
- 5 - Waste manag...
- 3 - Agriculture

Ilustración 7: Evolución de la contaminación de cada sector (kt eq. CO2). Fuente: EEA.

Trends by IPCC sectors in Spain



- 1.A.3 - Transport
- 4 - Land Use, Lan...
- 1.B - Fugitive Emi...
- 5 - Waste manag...
- 3 - Agriculture

Ilustración 8: Evolución de la contaminación de cada sector (kt eq. CO2). Fuente: EEA.

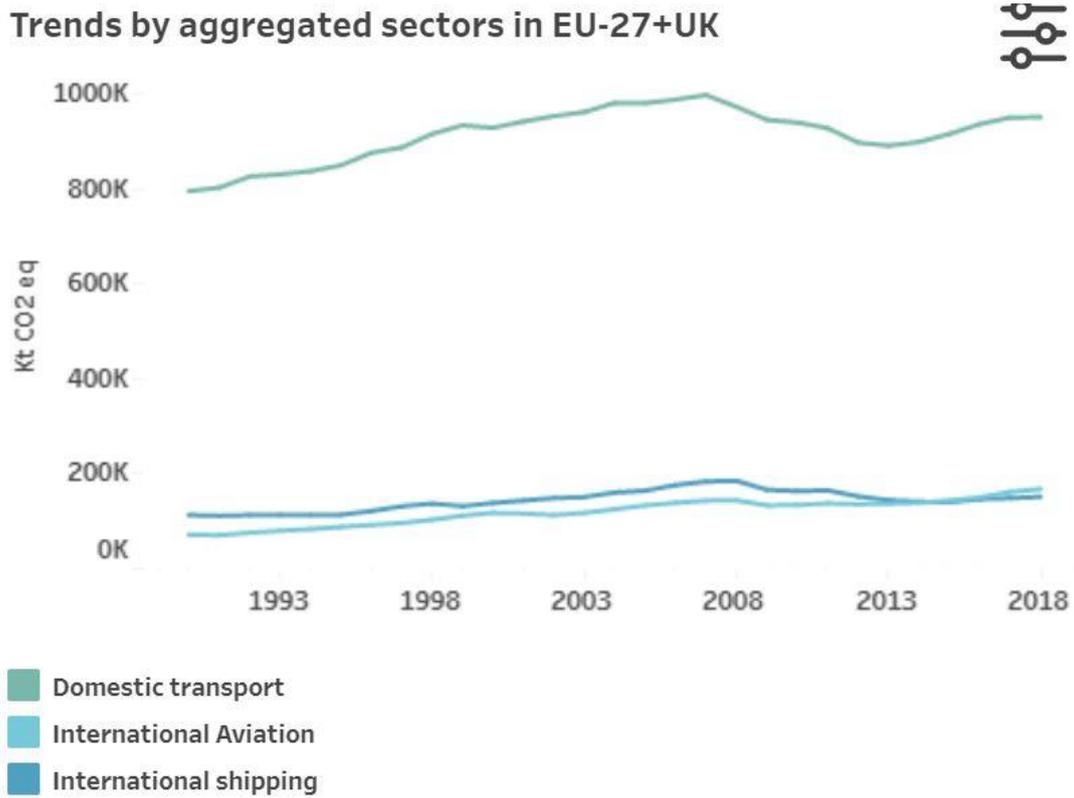


Ilustración 9: Emisiones de gases contaminantes en el sector transportes en EU según tipo (Kt eq. CO2). Fuente: EEA.

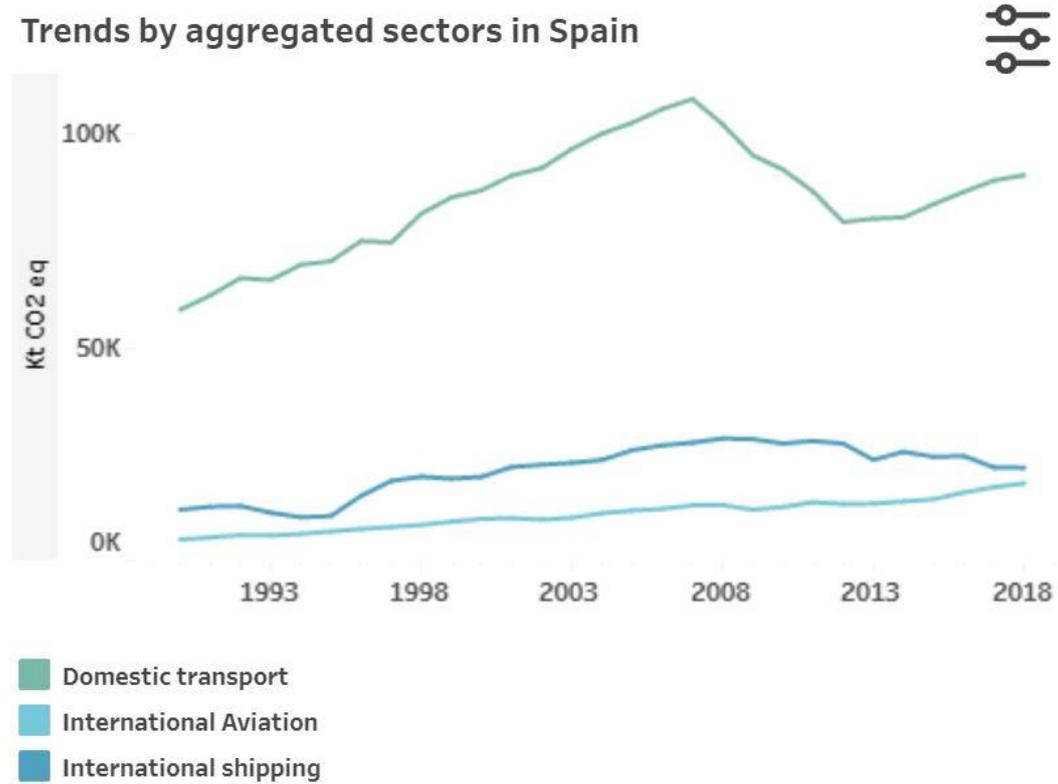


Ilustración 10: Emisiones de gases contaminantes en el sector transportes en España según tipo (Kt eq. CO2). Fuente: EEA.

Además, el parque de vehículos europeo y español aumenta cada año por lo que la reducción del número de vehículos en circulación parece una solución poco pragmática. Así pues, en Europa, los vehículos en circulación han crecido un 8,4% (aprox.) entre 2015 y 2019. En España lo han hecho un 10,4% (aprox.) en el mismo periodo (ACEA, 2021).

Teniendo en cuenta esta información, se considera que la reducción de la contaminación por parte del transporte debe pasar por la mejora de la eficiencia o directamente por la sustitución del combustible por uno verde.

Se han realizado grandes avances en cuanto a la eficiencia de los motores de combustión hasta la fecha. Ya en el año 2001 en Copenhague, la agencia europea del medioambiente destacaba que *“La eficiencia energética del transporte por automóvil ha mejorado ligeramente en las últimas dos décadas, aunque el bajo índice de ocupación y el uso de automóviles más potentes y pesados ha contrarrestado en parte lo ganado en eficiencia gracias a los combustibles en los nuevos turismos”* (AEMA, 2001).

Así pues, el periódico.com publicaba el pasado 17 de Febrero de 2017 la noticia de que un coche de 20 años contamina tanto como 36 nuevos (Vargas, 2017). Sin embargo, esto no implica que hoy en día se contamine 36 veces menos ni tampoco una cantidad significativa. De hecho, los datos de la EEA indican que el sector transportes contamina más cada año, sólo se tienen datos de un descenso en las emisiones durante la crisis económica de 2008, es decir, la eficiencia en los motores no es suficiente para reducir las emisiones de CO₂ del sector transportes, debido al aumento de población que se traduce en un aumento de la demanda de vehículos. De tal forma que en un tiempo infinito acabaríamos contaminando infinitas veces más de lo que contaminamos ahora.

Tras este pequeño análisis se puede llegar a una conclusión clara que ha sido una de las motivaciones para la realización de este TFM. Ya que la mejora de la eficiencia de los motores de combustión no asegura una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero porque la demanda de uso de vehículo no para de aumentar, debemos hacer que esta demanda no genere contaminación. ¿Es posible? Pues si los coches utilizan energías 100% renovables, sí, es posible.

A este proceso de sustituir los transportes que utilizan combustibles fósiles para funcionar por energías renovables, se denomina descarbonización del transporte. *“La descarbonización del transporte es un reto debido a los problemas que tiene el garantizar alta densidad energética con energías alternativas y no con combustibles fósiles.”* (Noussan and Tagliapietra, 2020)

Muchos estudios han demostrado las ventajas que tiene el uso del vehículo eléctrico frente al uso del vehículo de combustión interna convencional para reducir el cambio climático. Además, dichas investigaciones han confirmado el efecto positivo que tienen los sistemas eléctricos que utilizan energía renovable en comparación con los que utilizan energía derivada de combustibles fósiles, incluso desde una perspectiva de ciclo de vida (Xu *et al.*, 2020).

2.2. Políticas sobre el transporte

Uno de los principales objetivos de la Unión Europea es reducir los efectos negativos del transporte, en su perspectiva medioambiental, a la vez que conseguir que los viajes sean lo más rápidos y seguros posibles mientras ayudan a mantener la economía europea. Este sector se constituye por 11 millones de empleos directos y más del 9% del PIB de la UE (UE, 2021).

Así pues, la AEMA sostiene desde el año 2020 que las principales líneas de actuación consisten en desplazar el transporte hacia modalidades menos contaminante y más eficientes, hacer uso de tecnologías de transporte, combustibles e infraestructuras más sostenibles y garantizar que los precios del transporte reflejen plenamente los efectos adversos en el medio ambiente y en la salud (AEMA, 2020).

En 2011, la Comisión Europea situaba como meta el reducir las emisiones del sector transportes entre un 54% y un 67% para el año 2050. Cuatro años más tarde subían la apuesta y anunciaba una serie de medidas de descarbonización a largo plazo, como la electrificación del transporte, para conseguir reducir las emisiones entre un 80% y un 95% para el año 2050 en comparación con los niveles de 1990.

Las consecuencias negativas de la crisis climática esta ejerciendo presión sobre los productores de bienes y servicios y las autoridades públicas para que reconozcan su responsabilidad ecológica y presten atención a los vehículos de cero emisiones y los sistemas de transporte sostenible. Mientras tanto, las nuevas tecnologías del transporte, como la electrificación, la conducción autónoma y la movilidad compartida, tienen el potencial de cambiar tanto la forma del transporte como la forma de producción (Reul, Grube and Stolten, 2021). Posteriormente, se tendrá que ver como reaccionan los individuos a dichos cambios.

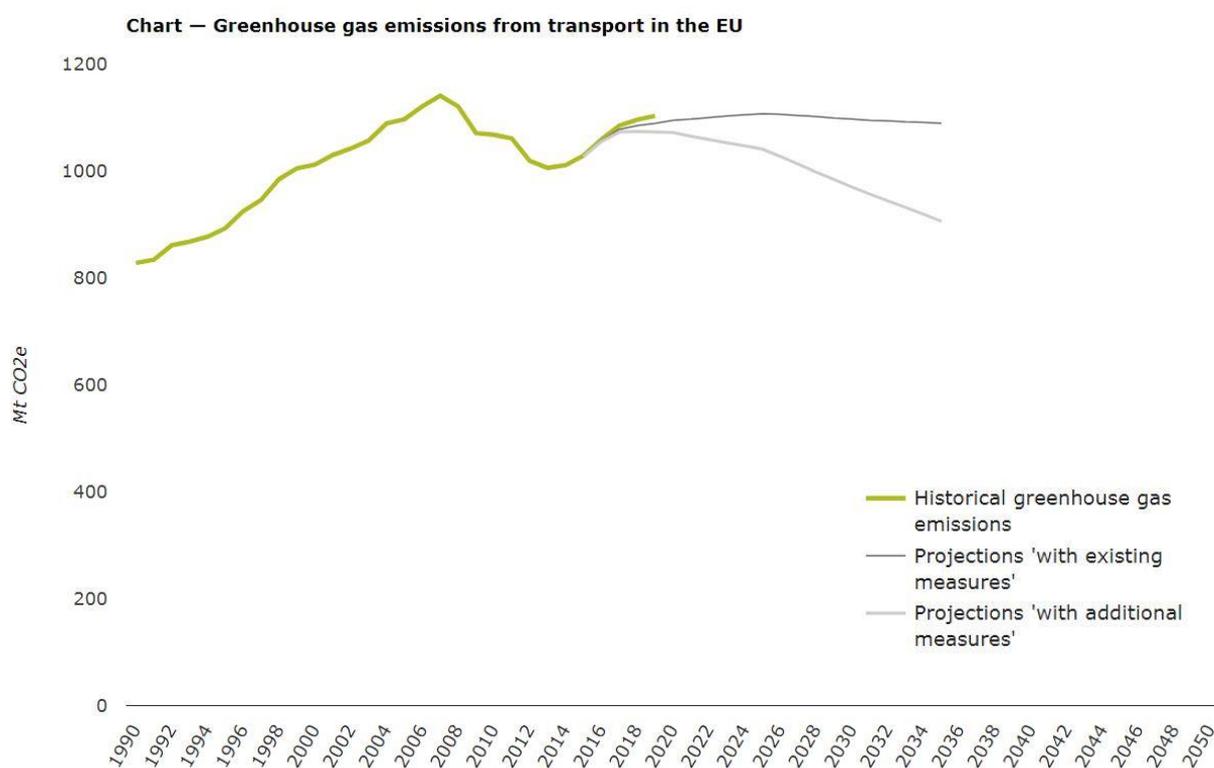


Ilustración 11: Histórico de emisiones de gases de efecto invernadero en EU (Mt CO2 eq.). Fuente: EUROSTAT.

En la Ilustración 11 tenemos la evolución histórica de la contaminación del sector transportes y las tendencias esperadas para los próximos años. Como se puede ver, con las medidas actuales se espera una reducción de esta contaminación, pero de forma muy moderada. Son necesarias más medidas o acelerar las actuales para poder ver un decrecimiento significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

2.3. El vehículo eléctrico

La movilidad eléctrica se presenta como una solución más que efectiva para reducir la contaminación del transporte. En este capítulo se va a hablar del coche eléctrico, de sus características, ventajas e inconvenientes y de la evolución de su desarrollo.

Los primeros coches eléctricos datan de 1834, mientras que los de motor de combustión de 1861. Las baterías de los coches no fueron recargables hasta 1859. Esto permitió su desarrollo hasta principios del siglo XX donde fue claramente superado por el motor a combustión debido a que los combustibles fósiles permitían mayor autonomía y velocidad, además se creían que los recursos petrolíferos eran ilimitados y no se empezó a creer en la contaminación y sus consecuencias hasta mediados del siglo XX.

De hecho, se puede decir que este cambio de mentalidad hacia el desarrollo sostenible se ha dado debido a que se han visto las consecuencias que tiene: cambios en la temperatura, sequías, reducción del agua potable de la tierra, lluvia ácida, etc...

Desde hace 10 años, el vehículo eléctrico ha “resucitado” debido a la necesidad de que el desarrollo humano sea sostenible, esto se materializa en las ventas de dichos transportes que cada año aumentan tanto en Europa como en España. En la Ilustración 12 y la Ilustración 13 se puede ver la evolución del vehículo eléctrico puro en Europa y España, respectivamente (European Alternative Fuels Observatory, 2020).

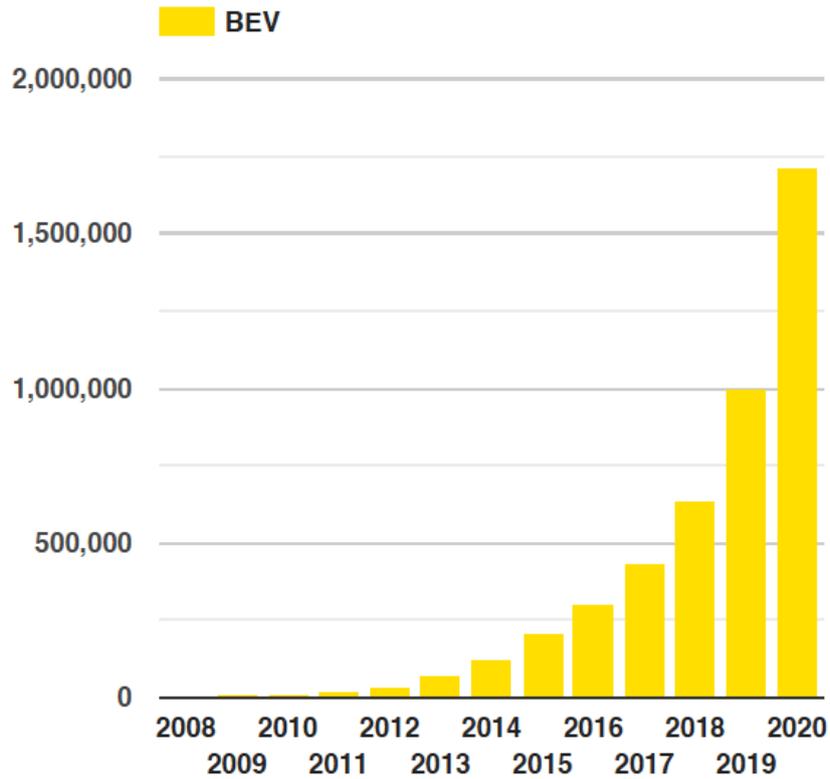


Ilustración 12: Evolución de la flota de vehículos eléctricos puros en Europa. Fuente: EAFO.

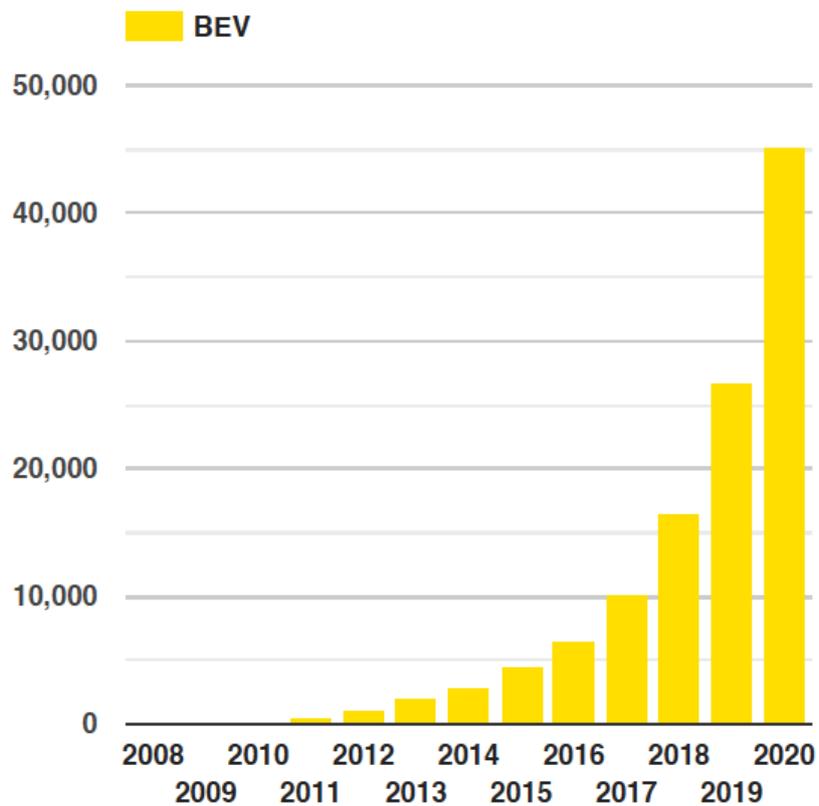


Ilustración 13: Evolución de la flota de vehículos eléctricos puros en España. Fuente: EAFO.

El crecimiento es exponencial, sin embargo, actualmente los coches eléctricos no acaparan el mercado del automóvil ni se acercan a ello en la mayoría de los países de Europa. En la Ilustración 14, se puede observar el porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos enchufables vendidos en cada país europeo en 2020.

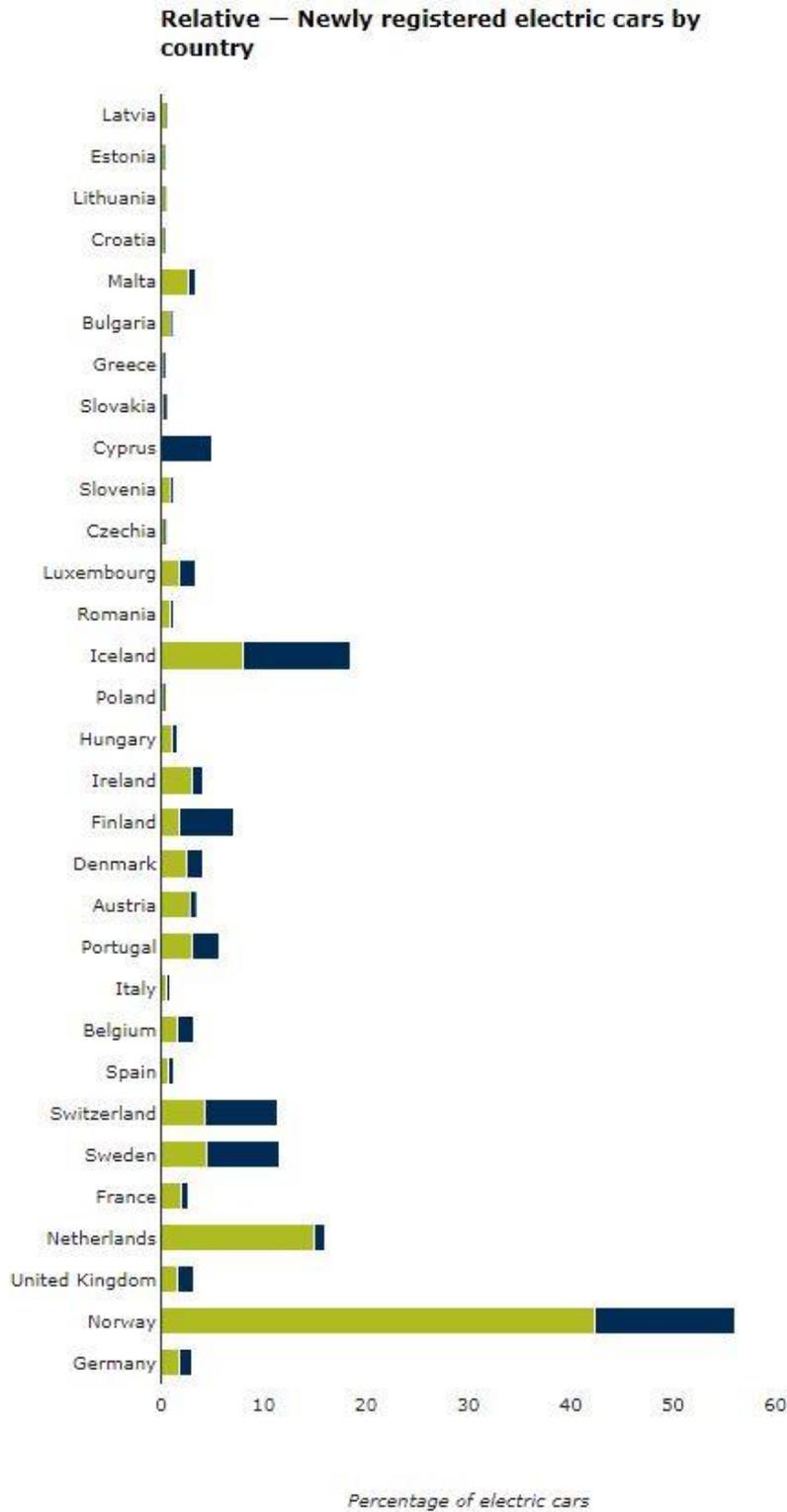


Ilustración 14: Porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos enchufables registrados en 2020. Fuente: AEMA.

Prácticamente ningún país supera el 15%, mientras que Noruega, Islandia y Holanda destacan con un 57%, 20% y 17%, respectivamente. España está a la cola de Europa en este aspecto. La crisis económica que desde años afecta al país y la insuficiente red de puntos de consumo hacen muy difícil la normalización del coche eléctrico en España hoy en día.

El coche eléctrico tiene una serie de ventajas sobre el de combustión interna las cuales se exponen a continuación. La principal es que emite cero emisiones durante su funcionamiento ya que utiliza electricidad en vez de una reacción química para generar energía que mueva el vehículo. Respecto a esta ventaja cabe realizar dos reflexiones importantes ya que no es oro todo lo que reduce.

La primera es que la energía eléctrica que utilizan este tipo de vehículos ha tenido que ser generada antes de una fuente renovable para que podamos decir que no genera emisiones. Sin embargo, esto no es así. Hoy en día no existe una infraestructura de generadores de energía renovable suficiente para que el 100% de la electricidad demandada sea cubierta. En la Ilustración 15 se pueden ver los porcentajes de energía generados con renovables en la UE y en los distintos países de la misma en el año 2018 (EUROSTAT, 2020).

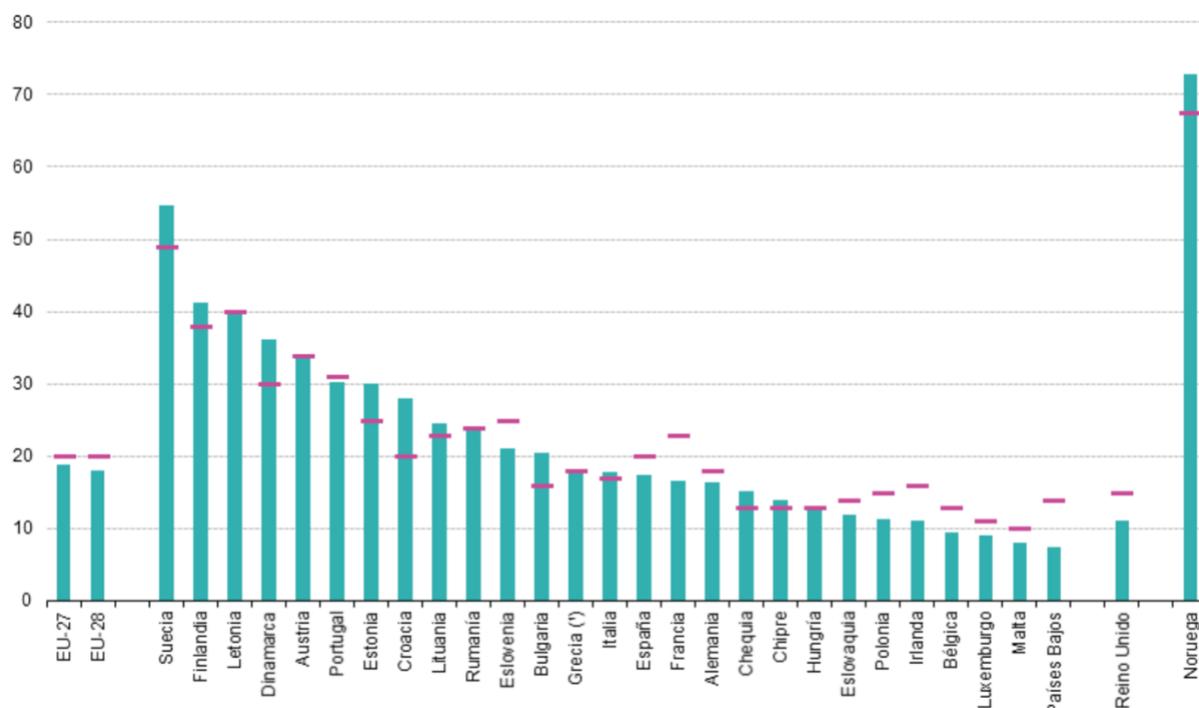


Ilustración 15: Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables en los países de Europa. Fuente: EUROSTAT.

La media en Europa no supera el 20%, por lo que podemos decir que en parte estos coches siguen contaminando, pero en menor medida y tienen el potencial de no llegar a hacerlo cuando el 100% de la energía consumida sea renovable.

El segundo aspecto a tener en cuenta es que la fabricación de un coche eléctrico contamina más que el de un coche de combustión, debido principalmente a las baterías que son enormes en comparación con el vehículo convencional. La agencia europea del medio ambiente señala que, si un vehículo eléctrico se utiliza para 70.000 km, la contaminación global no difiere mucho de la de un vehículo de combustión interna. A partir de 150.000km la diferencia ya es mas que

notable y no hay que olvidar que en el momento de desguace se deben de aprovechar sus componentes al máximo (AEMA, 2021).

A continuación, se presenta una gráfica de la contaminación del vehículo eléctrico por kilómetro recorrido (Ilustración 16). Estos datos son de un estudio realizado en 2018 en Luleå Tekniska Universitet en el cual pude formar parte. En este caso los resultados obtenidos fueron similares, situando los 60.000 km como el punto de inflexión a partir del cual el vehículo eléctrico empezaba a ser rentable medioambientalmente hablando con respecto al vehículo convencional.

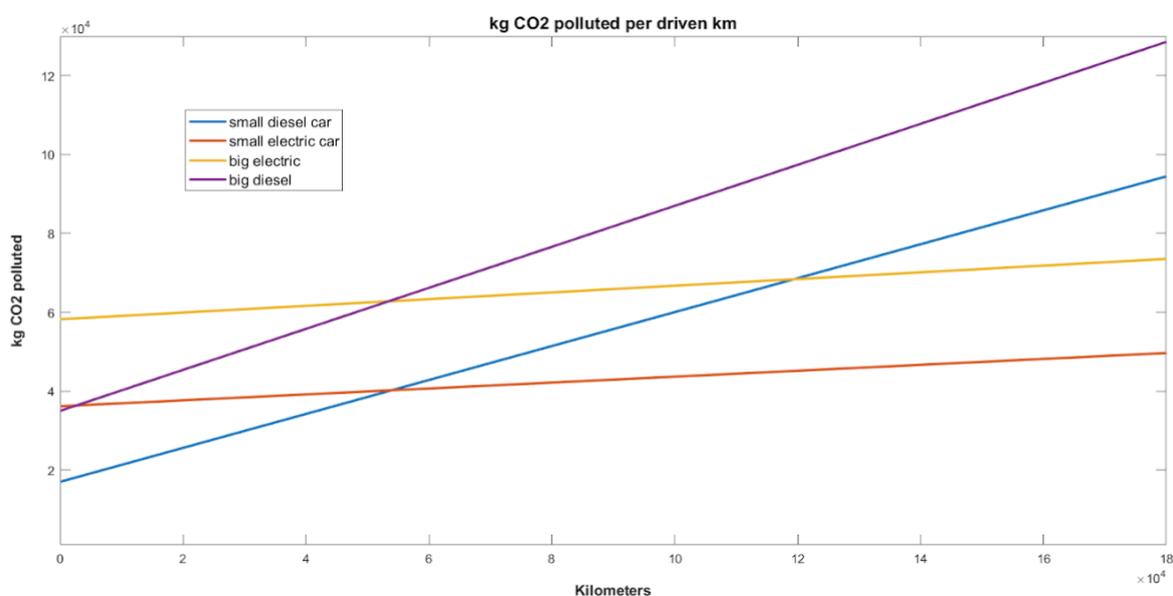


Ilustración 16: Contaminación de distintos coches (kg CO2 eq. / km recorrido). Fuente: Elaboración propia.

En dicho estudio se comparaban los coches: Audi A3 (pequeño coche diésel), Tesla model 3 (pequeño coche eléctrico), Audi Q7 (gran coche diésel) y Tesla model S (gran coche eléctrico).

Continuando con las ventajas del vehículo eléctrico, estos necesitan menos mantenimiento que los convencionales debido a que tienen hasta un 30% menos de componente (García, 2021). El coste de la electricidad por kilómetro recorrido puede ser hasta 5 veces menor que el coste de la gasolina por kilómetro recorrido (Minue, 2020). Obviamente el precio de la gasolina varía, así como el del kWh según la hora a la que se cargue el vehículo. Por último, cabe mencionar que debido a que las políticas de la Unión Europea van a favor de esta tecnología, actualmente un usuario puede beneficiarse de ventajas fiscales a la hora de comprar un coche eléctrico.

Lamentablemente, el vehículo eléctrico aún tiene una serie de retos que superar. El primero es su precio, algo que es común cuando una nueva tecnología sale al mercado y no se produce en serie o no se producen tantas unidades como sus productos sustitutos. El precio del vehículo eléctrico cada día se acerca más al de un vehículo de combustión, en parte gracias a las políticas europeas mencionadas antes.

El segundo problema es su autonomía, en general menor que la de un coche convencional. Aunque pueda parecer un problema menor, este se agrava si tenemos en cuenta su tercer gran

problema y es que se necesita una infraestructura de puntos de recarga suficiente para que cualquier vehículo pueda recorrer una distancia y no quedarse sin batería por el camino.

Por último, y de la mano con estos dos últimos problemas mencionados, la carga de batería de un coche eléctrico es relativamente lenta. Mientras que con un coche de combustión se tardan unos minutos en llenar el combustible, cargar la batería de un coche eléctrico al máximo puede tardar horas. La velocidad de carga dependerá del tipo de cargador que tenga el punto de recarga, pero con los supercargadores actuales sigue siendo mucho más lento que el repostaje de combustible.

2.4. Red de puntos de consumo

En este capítulo se va a hablar sobre los puntos de recarga, los cuales son una infraestructura necesaria para que los vehículos eléctricos puedan funcionar a lo largo de un territorio para transportar personas o mercancías.

Los puntos de recarga surgen en 1859, 25 años más tarde que el vehículo eléctrico. Estos podían ser de dos tipos: o se sustituía la batería descargada por una previamente cargada o se conectaba el vehículo a una infraestructura de carga por medio de un cargador. Hoy en día no se contempla la opción de sustituir las baterías, por ello las políticas de la UE apoyan el uso de los cargadores, ya sean públicos o privados, como método para cargar el vehículo eléctrico.

Así pues, ¿cómo está la infraestructura de cargadores eléctricos en Europa? ¿Y en España? La realidad es que dentro de Europa la cantidad y distribución de cargadores eléctricos es muy dispar según el país que se observe y analicemos.

Si nos adentramos en Europa, podemos ver que cuenta con unos 200.000 cargadores eléctricos distribuidos de forma heterogénea por el territorio (Ilustración 17).

“Más del 25% se encuentran en los Países Bajos (50.824), otro 20% en Alemania (40.517), el 15% en Francia (30.367) y el 14% en el Reino Unido (28.538). Juntos, estos cuatro países representan más del 75% de todos los puntos de carga de ECV en la Unión Europea. Sin embargo, solo cubren el 27% de la superficie total de la UE.” (Lopez, 2020).

Como se puede observar a simple golpe de vista, existen grandes diferencias entre los países de Europa. Además, existen desigualdades dentro de ellos tanto en términos de accesibilidad como de los puntos de tarificación disponibles para los usuarios (Falchetta and Noussan, 2021).

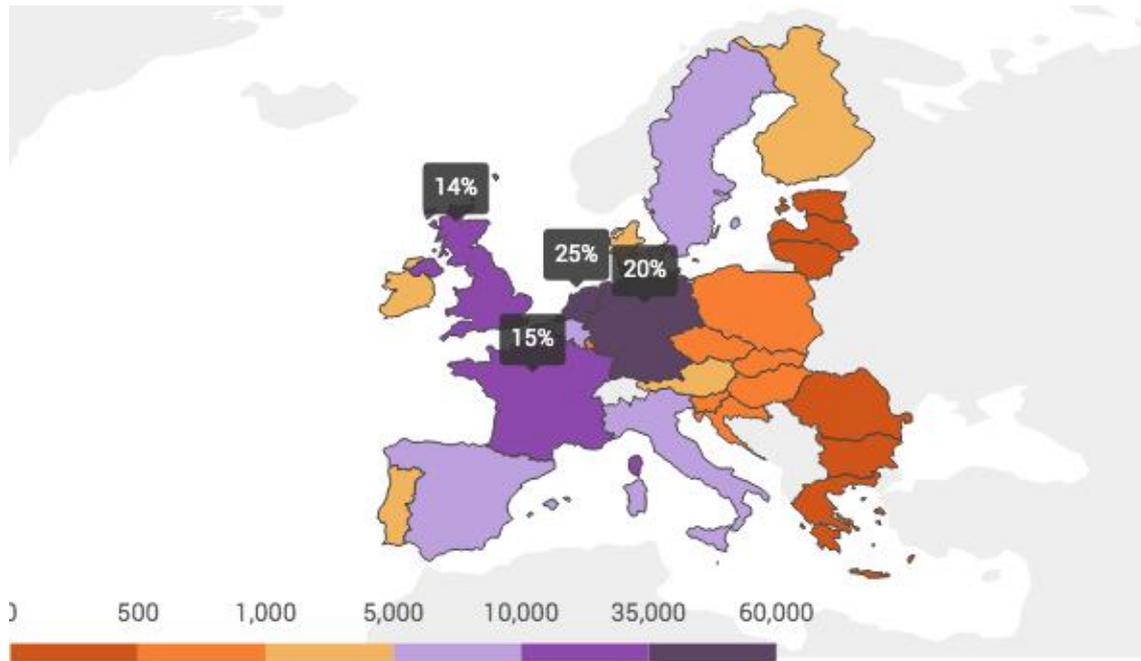


Ilustración 17: Número de cargadores eléctricos en Europa. Fuente: Movilidadelectrica.com.

El número de cargadores eléctricos aumenta cada año, de hecho, el valor medio del ratio entre el número de coches eléctricos y los puntos de recarga públicos en los países de la Unión Europea ha aumentado de 1,6 a 7,2 entre 2015 y 2020. Sin embargo, no son suficientes para que el vehículo eléctrico pueda funcionar correctamente y se implante como un transporte común y habitual en la sociedad contemporánea. Mientras que en el año 2020 se tienen menos de 0,5 puntos de recarga por cada 1.000 habitantes en Europa, ya desde el año 2016 existen 2.736,75 gasolineras por cada 1.000 habitantes en España (Falchetta and Noussan, 2021).

Contar con una buena infraestructura de carga de vehículos eléctricos accesible para el público convencional es fundamental para el desarrollo del transporte eléctrico, especialmente en ciudades densas donde la disponibilidad de carga doméstica a menudo es limitada. Por otra parte, la instalación de dichos cargadores está ligada a la cantidad de vehículos eléctricos que funcionan por el territorio. Esto genera el problema de “la pescadilla que se muerde la cola”, ya que estos dos ítems dependen el uno del otro. Por esta razón son claves las políticas de la UE que impulsan tanto la construcción de puntos de recarga públicos como las subvenciones a los vehículos eléctricos (Falchetta and Noussan, 2021).

España tan solo cuenta con 5.769 puntos, el 2,8% del total. La infraestructura pública de cargadores en España deja mucho que desear. En la Ilustración 18 se puede ver un mapa de los puntos de recarga en España, se puede observar a simple golpe de vista, que hay muchas zonas del interior de España (exceptuando Madrid), en las cuales no se aprecia ningún punto de recarga en kilómetros, lo cual hace que el uso del vehículo eléctrico sea más arriesgado en esas zonas donde podrías quedarte sin batería. Estamos hablando de zonas en el interior de Galicia, Castilla y León, Extremadura, Castilla la Mancha y Aragón. Por otro lado, Madrid, Las Islas Baleares y toda la costa española tienen muchos puntos de recarga.

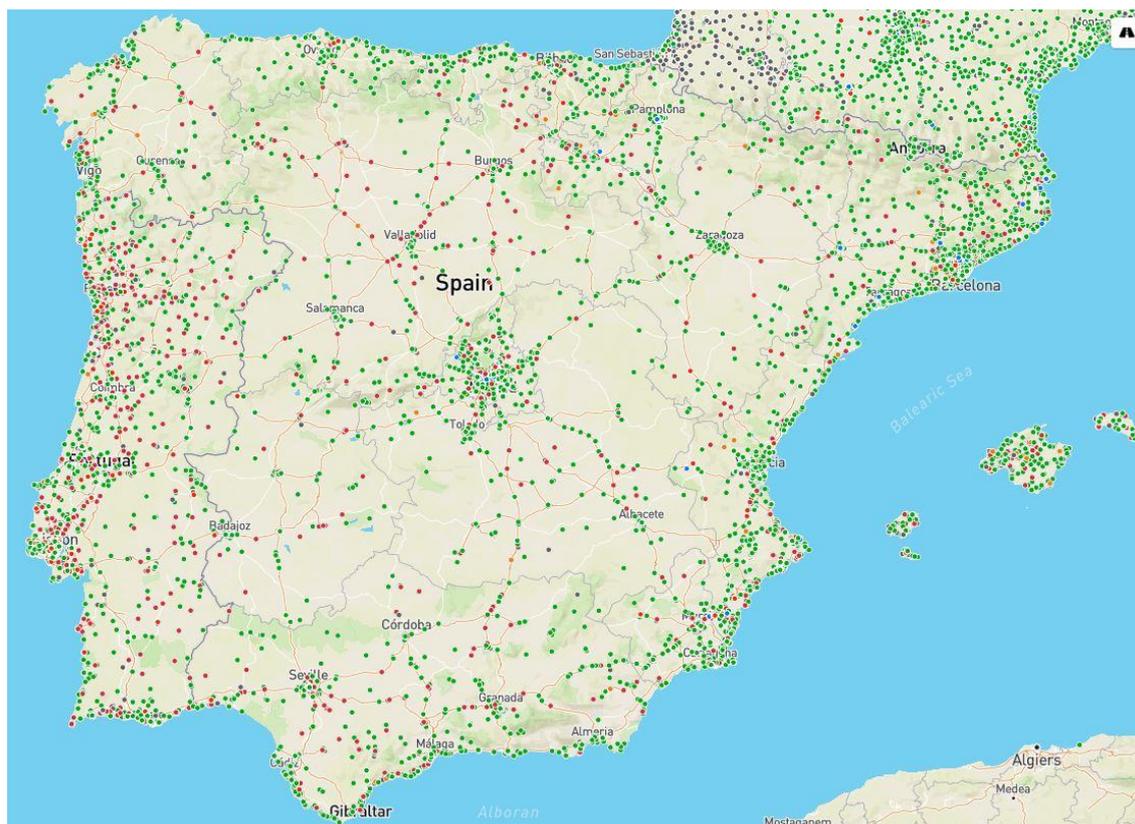


Ilustración 18: Distribución de cargadores eléctricos en España. Fuente: Electromaps.com.

En cuanto a la distribución de los cargadores públicos teniendo en cuenta la densidad de población de cada provincia (Anexo 1), hay algunas como Pamplona y Valencia que se encuentran más preparadas que el resto. Por otro lado, Barcelona es un núcleo muy densamente poblado pero que no cuenta con suficientes cargadores públicos en relación con su densidad de población. Por último, a destacar provincias como Teruel, Guadalajara, Jaén, Huelva y Cáceres, las cuales apenas cuentan con alguna matriculación de vehículo de 0 emisiones.

En el caso de la comunidad Valenciana, se encuentra como la cuarta comunidad con más puntos de carga, pero si nos fijamos en la distribución de los mismos, podemos observar que la mayoría se encuentran en la ciudad de Valencia y alrededores. Por esta razón, es necesario ampliar la red a zonas del interior y en las autopistas y autovías (Ilustración 19).

Según Falchetta y Noussan, para lograr beneficios ambientales efectivos en términos de emisiones climáticas y contaminación local, el despliegue de una infraestructura de red de carga debe ir acompañado de medidas adicionales para garantizar una descarbonización efectiva del sistema de transporte. Es necesario optimizar el suministro de electricidad a los vehículos eléctricos adaptándolos a los perfiles de carga con la generación disponible a partir de fuentes de bajo contenido de carbono, mediante estrategias de carga inteligentes y otras medidas de flexibilidad cuando sea necesario. La infraestructura de carga eléctrica debería formar parte de una estrategia más amplia que tenga por objeto optimizar todo el sistema energético (Falchetta and Noussan, 2021).

2.5. Tipos de carga y cargadores eléctricos

Existen varias maneras, o mas bien varias velocidades a las que se puede cargar un vehículo eléctrico. A nivel teórico, cargar un coche eléctrico no difiere tanto de cargar un móvil, pero a nivel práctico la diferencia de magnitudes es un problema.

El tiempo de carga teórico de un coche eléctrico es igual al cociente entre la capacidad de carga de la batería y la potencia de carga del punto de recarga.

$$Tiempo(h)=Capacidad\ batería\ (kWh)/Potencia\ de\ carga\ (kW)$$

En la vida real este tiempo de carga no es lineal debido a la temperatura y el comportamiento de las baterías. Forococheselectricos.com cuenta con varios ejemplos de como se carga la batería en tres coches de distinta potencia y a distintas potencias de carga (Martinez, 2021).

El primer ejemplo es el de un Nissan Leaf, un coche eléctrico de gama media el cual tiene el problema de que el sobrecalentamiento de su batería le impide continuar cargando de una forma rápida durante mucho tiempo, de tal forma que su comportamiento según la batería que tenga equipada es:

- 24 kWh: carga rápida hasta el 25%, la velocidad cae a partir de ese momento.
- 30 kWh: carga rápida hasta el 80%, la velocidad cae a partir de ese momento.
- 40 kWh: carga rápida hasta el 60%, la velocidad cae a partir de ese momento.

Nissan Leaf

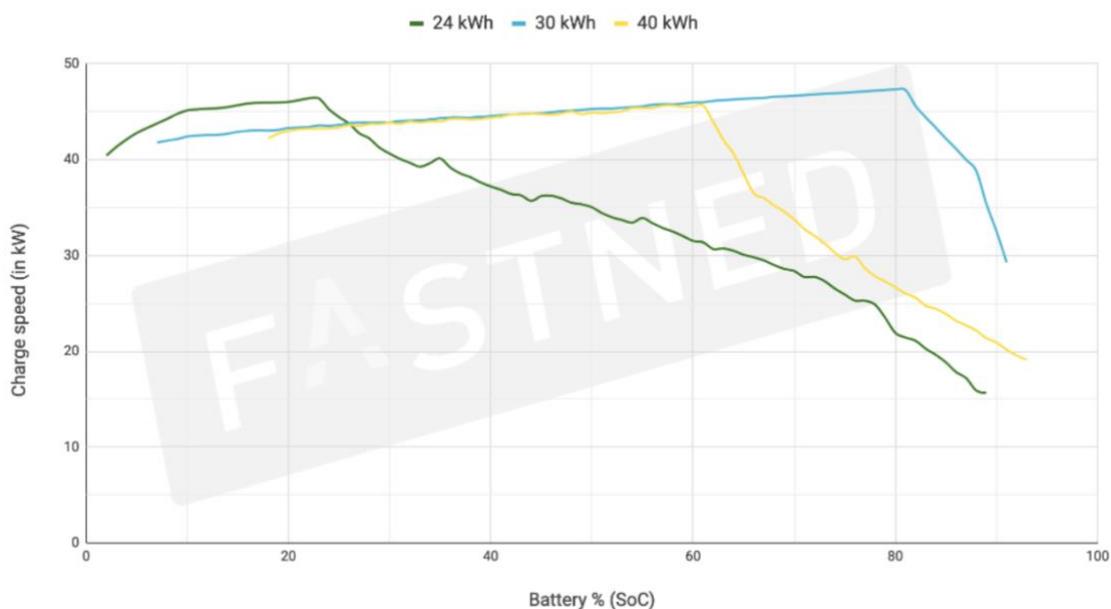


Ilustración 20: Curva de carga de Nissan Leaf.

El segundo ejemplo es el de un coche de gama más alta, cuyo comportamiento es el siguiente:

- 22 kWh: Carga rápida hasta el 65%, la velocidad se reducirá a partir de ese porcentaje.
- 33 kWh: Carga rápida hasta el 85%, la velocidad se reducirá a partir de ese porcentaje.
- 42 kWh: Carga rápida hasta el 85% aproximadamente, la velocidad se reducirá a partir de ese porcentaje.

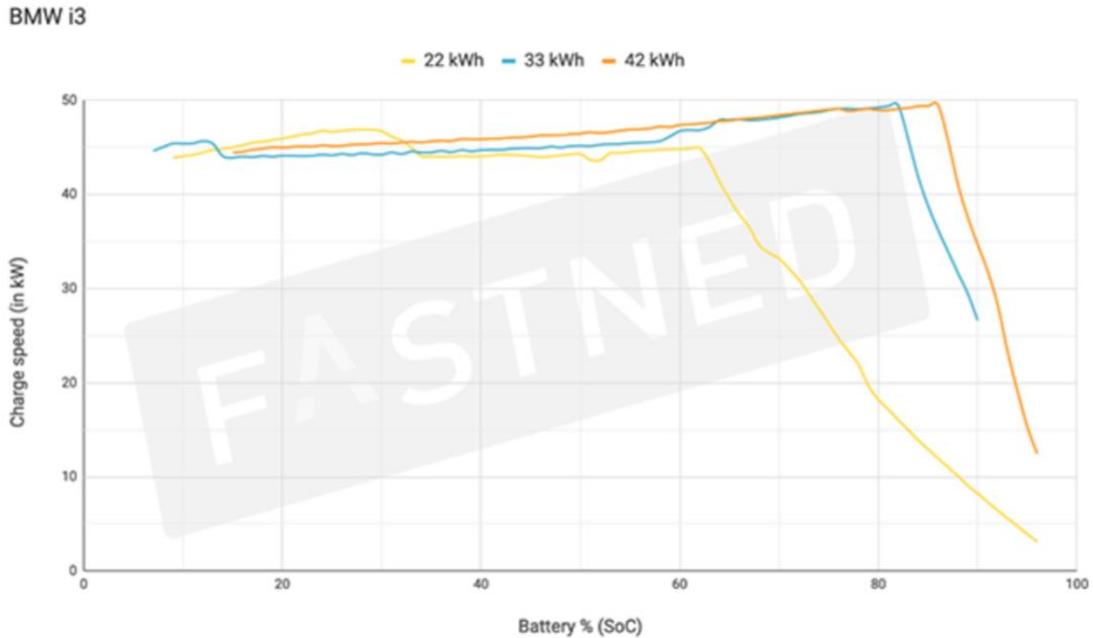


Ilustración 21: Curva de carga BMW i3.

Por último, en la Ilustración 22 se presenta el comportamiento de un coche de gama alta.

Tesla Model S/X LR (CCS adapter)

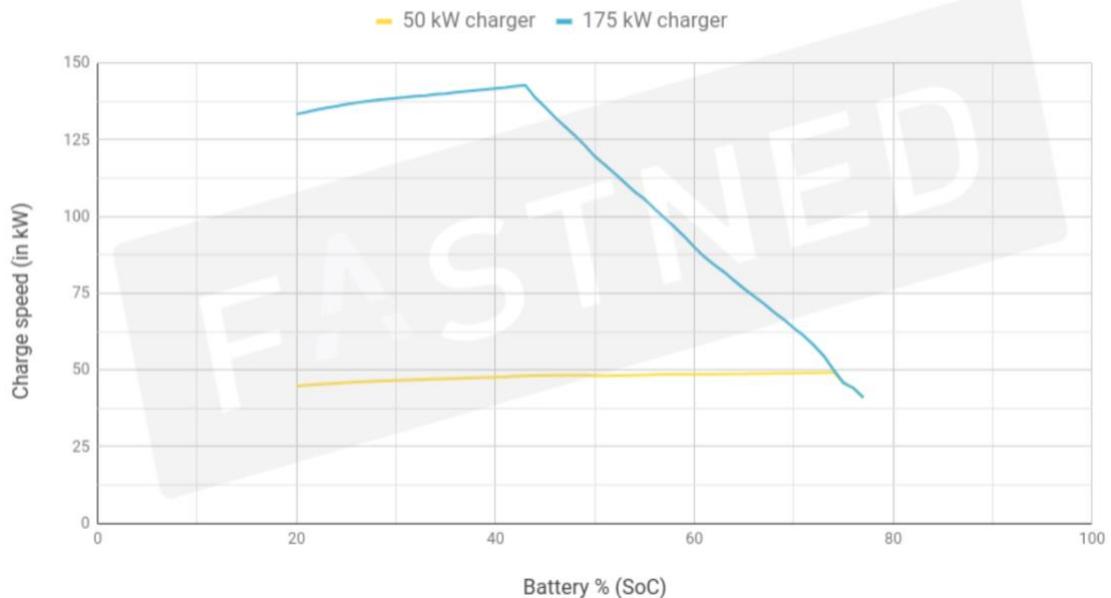


Ilustración 22: Curva de carga Tesla model S/X LR.

Como se observa en las gráficas, existen diferentes velocidades de carga. A continuación, se explican los distintos modos de carga que existen, empezando por el más lento y terminando por el más rápido.

2.5.1. Modo de carga 1 (AC)

El modo de carga más simple es conectar un transporte eléctrico a un enchufe doméstico (también llamado enchufe Schuko) directamente, sin ningún tipo de pieza entre el enchufe y el vehículo. La red de alimentación es monofásica por lo que permite una carga de 3,7 kW aproximadamente, lo cual es una carga muy lenta para un coche eléctrico. Además hay que tener en cuenta que las infraestructuras antiguas no tienen protección mediante un interruptor diferencial. Por esta razón, este método de carga está enfocada para patinetes eléctricos, bicicletas, ciclomotores o cuadriciclos (Aragón, 2018). En definitiva, pequeños transportes con una batería reducida (Ilustración 23).



Ilustración 23: Ejemplo de modo de carga tipo 1. Fuente: Lugenenergy.com.

2.5.2. Modo de carga 2 (AC)

Más comúnmente conocida como carga lenta, se basa en el tipo de carga 1 pero añadiéndole un sistema de protección incluido y un interruptor diferencial (Ilustración 24). Esta conexión evita una mala conexión del vehículo a la red, activando o desactivando la recarga. Con este tipo de carga sí que se puede cargar coches eléctricos pero a 3,7 kW como antes, por lo que presenta el problema de que se tardan unas 6-8 horas en conseguir una carga completa (depende de la batería del coche). Este tipo de cargas están pensadas para tenerlas en los garajes privados, donde un usuario deja el coche durante horas sin moverlo (Aragón, 2018).



Ilustración 24: Ejemplo de modo de carga tipo 2. Fuente: Lugenenergy.com.

2.5.3. Modo de carga 3 (AC)

O carga semirápida, tarda la mitad de tiempo en cargar un vehículo eléctrico que la lenta (Ilustración 25). Para conseguir aumentar la velocidad de carga (hasta 7,2 kW o más), se utiliza un dispositivo llamado Wallbox o SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico). Dicho dispositivo incorpora varios sistemas de protección necesarios para la seguridad de la instalación eléctrica y del vehículo. Según la legislación española (ITC-BT 52), este Modo de recarga es obligatorio para los puntos de recarga de uso público (usualmente es complemento de Modo 4).

Al igual que el modo de carga 2, está pensado para su instalación en zona doméstica y es más seguro y fiable. Por el contrario, y como era de esperar, la instalación de este tipo de punto de recarga es más cara que la anterior pero hoy en día existen subvenciones a nivel europeo y nacional que pueden ayudar a un particular (Lugenenergy.com, 2021).



Ilustración 25: Ejemplo de modo de carga tipo 3. Fuente: Lugenergy.com.

2.5.4. Modo de carga 4 (CC)

Por último, existe la carga rápida que se realiza en corriente continua. Este es el modo de carga que tiene las electrolineras. Constan de un rectificador que transforma la corriente alterna de la red en corriente continua para la carga de la batería del coche y de un conector CCS o CHADEMO que permiten una carga segura (Ilustración 26). La capacidad de carga va desde los 50 kW hasta los 240 kW, por lo que se consiguen tiempos de carga de 20-30 minutos según el vehículo. Los costes de esta instalación son los más caros de todos por lo que no se recomiendan para un uso doméstico (Lugenergy.com, 2021).



Ilustración 26: Ejemplo de modo de carga tipo 4. Fuente: Lugenergy.com

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo se explica la metodología seguida para realizar el estudio. En la Ilustración 27 se muestra el resumen de los pasos que se han seguido:

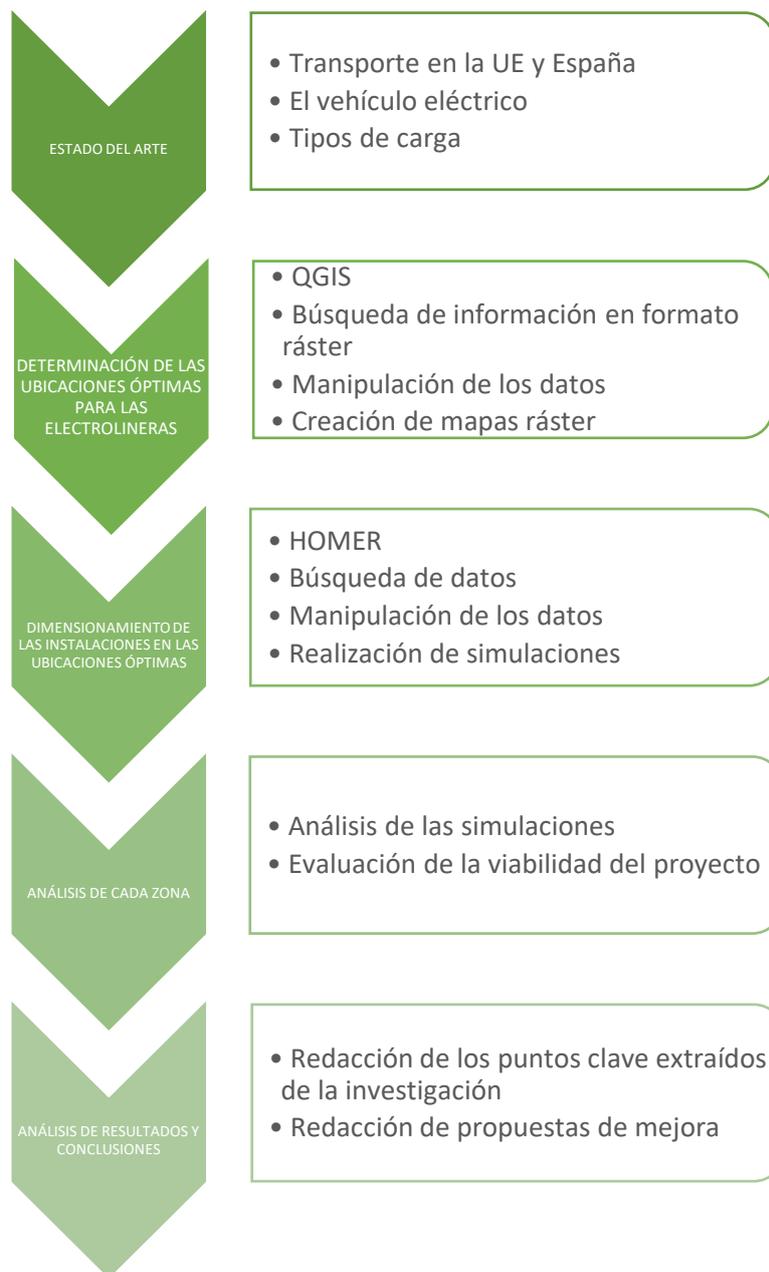


Ilustración 27: Diagrama de flujo de la metodología.

Para comenzar se ha realizado una profunda y exhaustiva revisión bibliográfica de los aspectos más importantes que se deben conocer para entender la amplitud y relevancia de este trabajo y poder extraer posteriormente las conclusiones que lo definirán. A raíz de esta revisión se han destacado datos objetivos relacionados con la contaminación del transporte en Europa y en España, los cuales están presentados en el capítulo 2. Las fuentes utilizadas han sido principalmente *papers* de investigación, la AEMA, la EEA y otras fuentes públicas de la Comisión Europea que están detalladas y se pueden consultar en la parte de la Bibliografía.

Una vez bien explicados y definidos estos datos y conceptos sobre la contaminación del transporte en Europa y en España, el potencial del vehículo eléctrico como una de las posibles soluciones para reducir la contaminación, la infraestructura de puntos de recarga en Europa y en España y los tipos de carga y cargadores eléctricos, se ha procedido a utilizar el software de información geográfica, QGIS, para el análisis de las potenciales ubicaciones para la instalación de electrolineras autoabastecidas.

Para poder encontrar ubicaciones óptimas de forma teórica, se deben de establecer una serie de hipótesis que aseguren la viabilidad técnica y económica del proyecto de electrolinera. El número de hipótesis puede ser tan grande como la complejidad del proyecto particular. Para poder realizar este estudio se han utilizado 3 hipótesis, las cuales se han valorado como las más determinantes a la hora de establecer una electrolinera. Estas 3 hipótesis son: que la radiación solar media diaria sea mayor de 5 kWh/m², que la velocidad media del viento sea de 5 m/s y que exista actualmente una gasolinera en la ubicación o en la cercanía.

Así pues, se han buscado mapas ráster con información de radiación solar, velocidad del viento a 100 metros de cota del suelo y situación geográfica de gasolineras. Puntualizar que los mapas ráster son un tipo de formato de datos con los que QGIS trabaja.

Los dos primeros mapas ráster se han obtenido en formato “.tiff”. Este formato es apropiado para el trabajo que se necesita hacer posteriormente porque QGIS es capaz de manipular dichos datos. Sin embargo, la posición geográfica de las gasolineras se ha conseguido mediante una conexión WMS, la cual no permite trabajar con los dos mapas ráster anteriores. Una conexión WMS es un servicio web que permite acceder a datos cartográficos que se pueden utilizar en los softwares de información geográfica. Así pues, se ha procedido a exportar la capa en formato “.tiff” con una buena resolución.

Tras realizar este proceso, dichas capas ráster se han superpuesto para generar una cuarta capa con todos los atributos de las tres anteriores. Al superponer estos datos, se han obtenido una serie de puntos geográficos en la comunidad autónoma de Valencia que son técnicamente viables y ya cuentan con una infraestructura de gasolineras que es aprovechable para la instalación de electrolineras autoabastecidas. Sin embargo, como no aparece casi ninguna ubicación óptima en zonas urbanas, se ha procedido a realizar un quinto mapa donde no se tiene en cuenta la velocidad del viento ya que en las zonas urbanas la velocidad del viento es demasiado pequeña como para instalar aerogeneradores y no suele haber suficiente espacio.

A continuación, se han estudiado y explicado con más detalle los resultados obtenidos. Se ha podido comprobar que hay grandes diferencias entre el norte y el sur de la comunidad autónoma en cuanto a recursos renovables se refiere y, por tanto, en cuanto al potencial para la ubicación de electrolineras autoabastecidas.

Posteriormente, se ha realizado el dimensionamiento de dos electrolineras estándar: una en zona interurbana y otra en zona extraurbana. El objetivo se basa en comprobar la efectividad de la metodología aplicada anteriormente, que es el pilar fundamental de este proyecto. Las ubicaciones han sido elegidas estimando unos valores estándar de radiación solar y velocidad del viento a 100 metros del suelo. Para el caso de la zona interurbana, se han considerado condiciones estándar las ubicaciones que cumplen una radiación media anual superior a 1.825 kWh/m². Para el caso de la zona extraurbana, se han considerado condiciones estándar las ubicaciones que cumplen una radiación media diaria anual superior a 1.825 kWh/m² y una velocidad del viento a 100 metros del suelo mayor de 5 m/s.

Seguidamente, se han buscado los datos de recursos energéticos para introducirlos en HOMER, plataforma que permite calcular la mejor combinación posible de componentes en el dimensionamiento de un sistema de generación de energía. La radiación solar directa de cada ubicación se ha obtenido de la herramienta PVGIS de la Comisión Europea (European Commission, 2017). Los datos de velocidad del viento se han obtenido del Atlas eólico de Enair (Enair, 2021). Se han configurado los precios de compra y venta de energía de la red eléctrica teniendo en cuenta las recientes tarifas de Mayo 2021 (REE, 2021).

A continuación, se ha estimado una curva de demanda energética. Para ello se ha calculado el número de vehículos eléctricos que podrían pasar cada día por las ubicaciones seleccionadas tanto actualmente como en el año 2030. Estos valores se han calculado a partir de la I.M.D. de la vía, el porcentaje de vehículos eléctricos que existen en 2021 en España y el que se estima que puede haber en 2030. Con la batería del coche más común en España, el Renault ZOE, y la distancia media que recorre un conductor al día (33 kilómetros), se ha valorado que un coche eléctrico se debe cargar 1 vez a la semana. Teniendo en cuenta estos cálculos y la distribución del tráfico actual en las gasolineras seleccionadas, se han podido prever las demandas de energía que se consumirán a lo largo del día.

Para ir terminando, se ha utilizado el software HOMER para encontrar la mejor combinación de elementos de generación de energía renovable solar y/o eólica que cubran dicha demanda y sean económicamente rentables. Para comprobar la viabilidad económica, se ha realizado un análisis económico de ambos dimensionamientos, poniendo especial interés en la inversión inicial necesaria y el payback estimado.

Finalmente se han analizado los datos obtenidos y se han deducido una serie de conclusiones respecto a la capacidad que esta metodología tiene para encontrar y diseñar puntos de recarga en cualquier punto del planeta. Estas conclusiones se basan principalmente en que realizar electrolineras autoabastecidas al 100% es imposible, pero si que se puede conseguir que un gran porcentaje de la energía sea cubierta de esta manera. También destaca la rentabilidad de las fuentes de generación renovable, afectadas principalmente por el alto coste que tiene la energía hoy en día.

CAPÍTULO 4. POTENCIALES UBICACIONES DE PUNTOS DE RECARGA Y GENERACIÓN

En este apartado se explica el desarrollo realizado con el software de información geográfica, desde la captura de datos hasta la obtención de resultados, pasando por todo el proceso de manipulación de la información.

4.1. Datos de partida

El primer paso realizado, ha sido valorar que datos son necesarios para establecer que una ubicación es apta para la realización de una electrolinera. La hipótesis tomada ha sido la de que una ubicación ideal debe ser energética, técnica y económicamente viable.

Una ubicación se ha valorado como energéticamente viable cuando la radiación media diaria es mayor de 5 kWh/m² día y la velocidad del viento es mayor de 5 m/s a 100 metros del suelo (situación geográfica donde se encuentra el rotor de un aerogenerador). Como QGIS trabaja con radiación anual, se ha establecido un valor de radiación media anual mayor de 1.825 kWh/m² año.

La viabilidad técnica y económica de un proyecto de electrolinera autoabastecida depende de cada proyecto, por lo que realizar una hipótesis con un margen de error ínfimo es muy difícil. Por esta razón se ha realizado la siguiente hipótesis, una electrolinera será **probablemente** técnica y económicamente viable cuando ya se posea de una infraestructura previa, como por ejemplo, la infraestructura de una gasolinera.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se han buscado datos de radiación media diaria, velocidad del viento a 100 metros del suelo y ubicación geográfica de gasolineras en España.

4.1.1 Radiación solar media diaria

Estos datos se han obtenido del Global Solar Atlas (<https://globalsolaratlas.info/map>). Es posible descargar los datos en varios formatos compatibles con QGIS y en tipo de mapa ráster. En el anexo 2, se puede ver como la comunidad Valenciana cuenta con una radiación normal directa mínima de 1.800 kWh/m² y en muchos puntos de la comunidad supera los 1.900 kWh/m². A simple vista parece que la radiación solar no será un problema a la hora de aplicar el criterio y que la energía solar fotovoltaica es rentable en la comunidad Valenciana.

En el anexo 3 se muestran las zonas de mayor irradiancia de la comunidad de una forma más precisa. De forma visual se aprecian grandes diferencias entre la radiación en el norte de la comunidad (verde) y el sur y la costa este (rojo). Se puede concluir pues que el potencial fotovoltaico de la provincia de Alicante y la costa de toda la comunidad es mayor que el interior

de la provincia de Castellón. La provincia de Valencia tiene unos valores de radiación intermedios y suficientes para la instalación de placas fotovoltaicas según el criterio seleccionado (radiación mayor de 5 kWh/m²).

Para analizar valores algo más concretos, se muestra la Ilustración 28, en ella se puede ver gráficamente la irradiación mensual en la ciudad de Valencia en kWh/m². Como se puede observar, de Octubre a Febrero, la irradiación es menor de 5 kWh/m² mientras que de Mayo a Julio, los valores de irradiación alcanzan máximos superiores a 8 kWh/m², lo que se traduce en que la energía fotovoltaica será más rentable en este periodo.

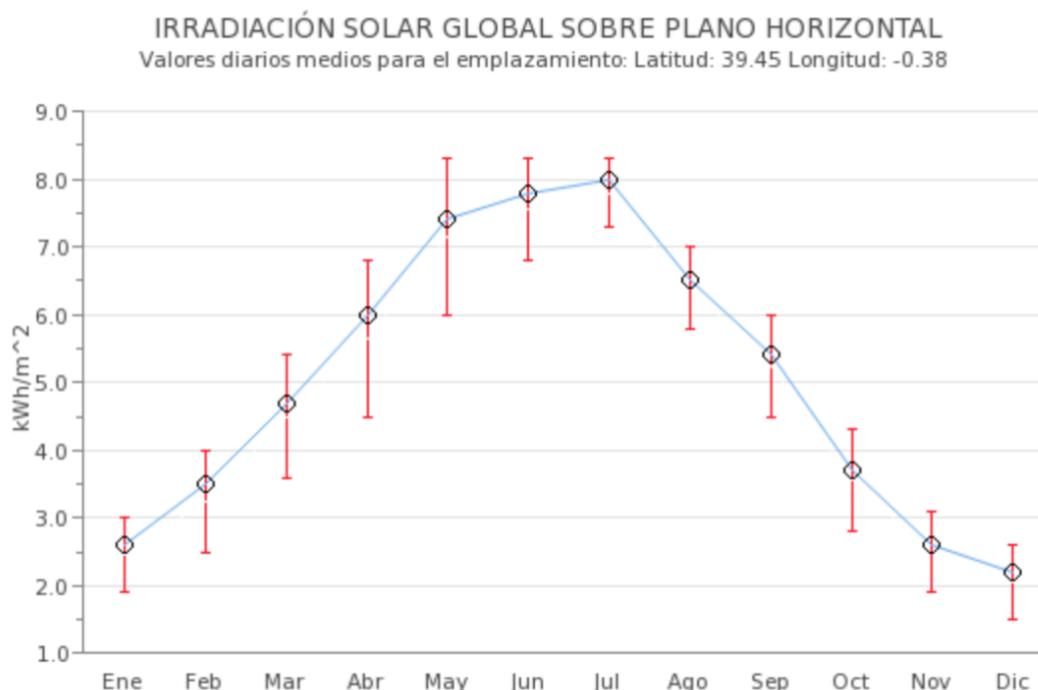


Ilustración 28: Irradiación solar mensual en la ciudad de Valencia. Fuente: CIEMAT.

Por último, un aspecto importante a mencionar en este apartado es el terreno de la comunidad en el que está permitido construir instalaciones fotovoltaicas. En el anexo 4 se pueden apreciar zonas donde la ley no lo permite (rojo). Estas zonas corresponden principalmente a parques naturales protegidos, hábitats prioritarios y de interés comunitario, vías pecuarias y reservas de fauna y flora. Por otro lado, existen zonas condicionadas a realizar un estudio de impacto ambiental previo (amarillo). El resto del territorio (gris) no tienen ninguna restricción legal para la instalación de placas fotovoltaicas.

4.1.2 Velocidad del viento a 100 metros del suelo

De manera homóloga se han obtenidos los mapas ráster de la velocidad del viento a 100 metros sobre el suelo pero esta vez del Global Wind Atlas (<https://globalwindatlas.info/>). En el anexo 5 se puede ver que no muchas zonas de la comunidad Valenciana tienen una velocidad media del viento que supera los 5 m/s (zonas en amarillo, naranja o rojo) a 100 metros de cota. La energía eólica si que parece estar más limitada que la solar y restringirá la zona donde es posible la instalación de una electrolinera autoabastecida.

En general, las áreas montañosas y de interior presentan mayores velocidades del viento, mientras que las zonas más bajas, urbanas y costeras, no tienen una velocidad del viento suficiente como para que la energía eólica sea rentable. Además, la normativa no permite colocar aerogeneradores en zonas urbanas.

Cabe mencionar que la velocidad del viento es estacional, por lo que no se generará la misma cantidad de energía cada mes. En la Ilustración 29 se puede ver la variación mensual del viento, los datos indican que, al contrario que para la energía solar, en los meses de verano se generará menos energía con esta tecnología, mientras que en invierno se compensará la falta de energía fotovoltaica con la eólica. Para el caso de las gasolineras extraurbanas, esta es una buena noticia, en el caso de las gasolineras interurbanas, no se podrá compensar debido a que no se dispondrá de energía eólica.



Ilustración 29: Variación mensual de la velocidad del viento en la Comunidad Valenciana. Fuente: Enair.

Al igual que para el caso de la radiación solar, existen áreas en las cuales no está permitida la instalación de este tipo de generadores de energía renovable. Como se puede observar en el anexo 6, existen zonas donde no se permite la instalación de aerogeneradores (rojo), zonas exteriores residuales (amarillo) y zonas en las que está permitida y en principio es óptima la instalación de aerogeneradores (resto de colores).

4.1.3 Ubicaciones de gasolineras actuales

Por último, los datos sobre la situación geográfica de las gasolineras han sido los más complicados de encontrar. Se ha descargado un mapa ráster mediante conexión WMS con <https://geoportalgasolineras.es/cgi-bin/mapserv>, perteneciente al gobierno de España. Sin embargo, estos datos no son manipulables con QGIS.

Para poder utilizar estos datos se ha realizado una exportación de la capa ráster con una resolución de 8000x8000 con la herramienta "Guardar capa ráster como..." de QGIS. El resultado ha sido una capa en formato ".tiff" el cual es manipulable por QGIS y de extensión aproximada a la Comunidad Valenciana. El problema que se tiene al realizar esta técnica es que la ubicación de las gasolineras pierde algo de precisión. No obstante, tampoco se considera que esto sea

ningún problema destacable ya que, para el caso de generación de energía solar, la radiación directa normal es prácticamente constante entre dos puntos no muy alejados y para el caso de la generación de energía eólica, el aerogenerador debe colocarse en una zona algo alejada de la gasolinera y unirlo al sistema de generación de energía mediante metros de cableado.

Los núcleos urbanos más grandes (Valencia, Castellón y Alicante) están llenos de gasolineras. Por otro lado, encontramos gasolineras aisladas a lo largo de la red de carreteras del estado y en pequeños núcleos de población. Cabe recordar que en este proyecto se utilizan las gasolineras como puntos para la instalación de una electrolinera pero hay otros muchos lugares a lo largo o cerca de la red de carreteras del estado que también pueden ser óptimas para la instalación de un punto de recarga. Lugares como áreas de servicio o áreas industriales tienen el potencial para poder ser útiles y ser parte de la red de puntos de recarga nacional que es necesaria para que el vehículo eléctrico se desarrolle en España.

4.2. Proceso

Una vez conseguidos los datos en un formato trabajable en QGIS, se ha procedido a generar un mapa de las potenciales ubicaciones para la instalación de electrolineras en la comunidad Valenciana. Para ello, se ha generado un cuarto mapa ráster a partir de los 3 anteriores y que consta de las siguientes características:

- Radiación normal directa mayor que 1825 kWh/m².
- Velocidad media del viento a 100 metros de cota mayor que 5 m/s.
- Ubicación de las gasolineras actuales en la comunidad Valenciana.

Para generar dicho mapa se ha utilizado la herramienta "Calculadora ráster". En ella se puede calcular una expresión que tiene como variables las características mencionadas previamente de distintos mapas ráster. De tal forma que para este caso se ha calculado la expresión "DNI > 1825 + V viento a 100 m > 5 + Ubicación gasolinera > 0". Dando como resultado un mapa con los puntos que cumplen todas las características de la expresión a la vez (Anexo 7).

El mapa generado no obtiene muchas ubicaciones disponibles para las zonas urbanas, lo cual era algo esperado. Por esta razón se ha repetido el proceso anterior pero esta vez calculando la expresión "DNI > 1825 + Ubicación gasolinera > 0", dando como resultado el anexo 8.

Es en este momento cuando se ha obtenido unos primeros resultados destacables a analizar en este estudio.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se van a explicar los resultados obtenidos en el capítulo 4 con más detalle.

Como producto del proceso explicado en el capítulo anterior, se ha obtenido el anexo 7. En el se pueden ver en rojo las zonas que en principio son ideales para la instalación de una electrolinera. A destacar que en zonas extraurbanas aparecen muchas ubicaciones mientras que en zonas interurbanas prácticamente no aparece ninguna (Valencia, Castellón, Alicante, etc...).

A continuación, se muestran imágenes del anexo ampliadas para que se pueda apreciar con más detalle como en la provincia de Castellón (Ilustración 30) apenas se obtienen localizaciones óptimas para la instalación de electrolineras, sobretodo en zonas interurbanas.

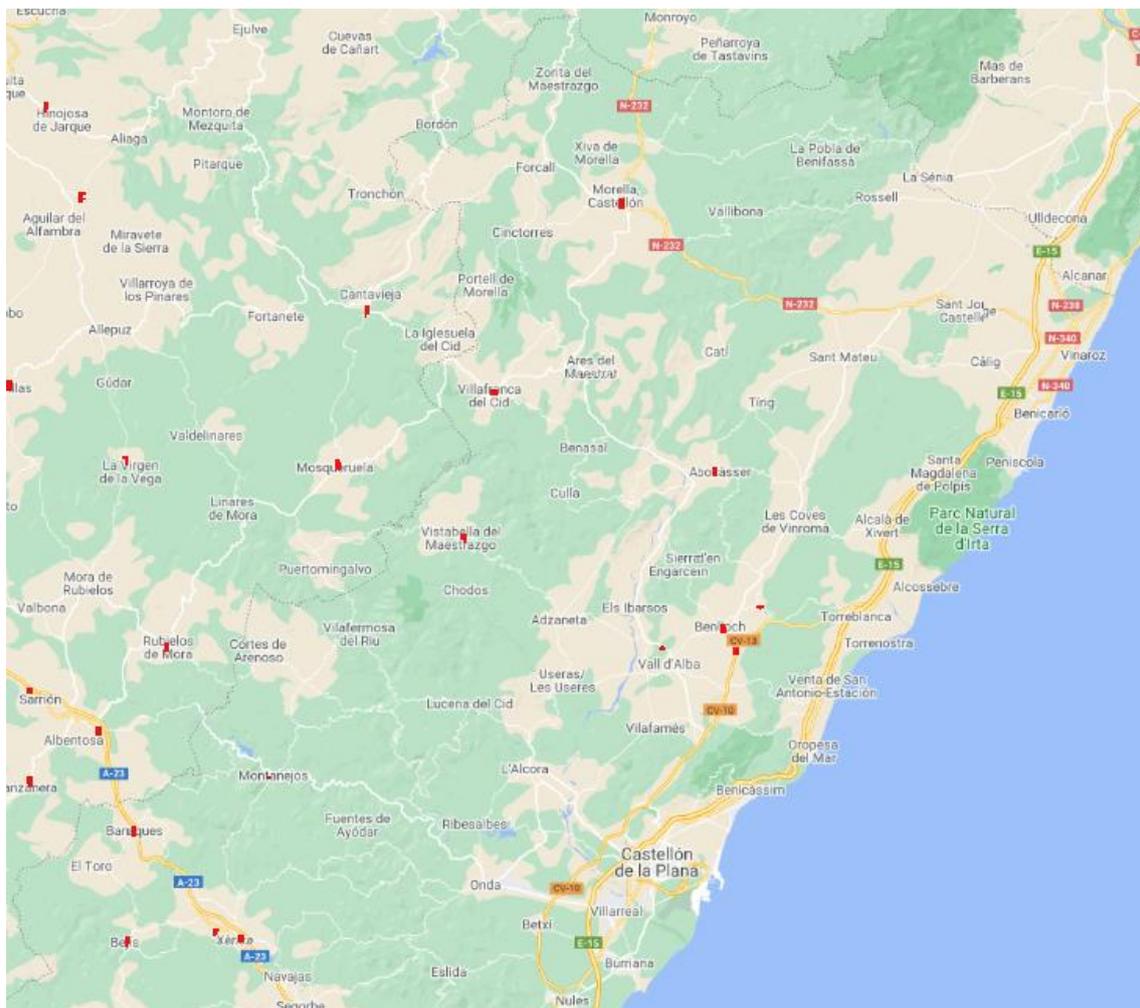


Ilustración 30: Provincia de Castellón del anexo 7.

Respecto a la provincia de Valencia (Ilustración 31), se encuentran bastantes puntos extraurbanos, principalmente cerca de la autovía A3, sin embargo, las zonas urbanas siguen sin proporcionar zonas óptimas para la instalación de electrolineras.

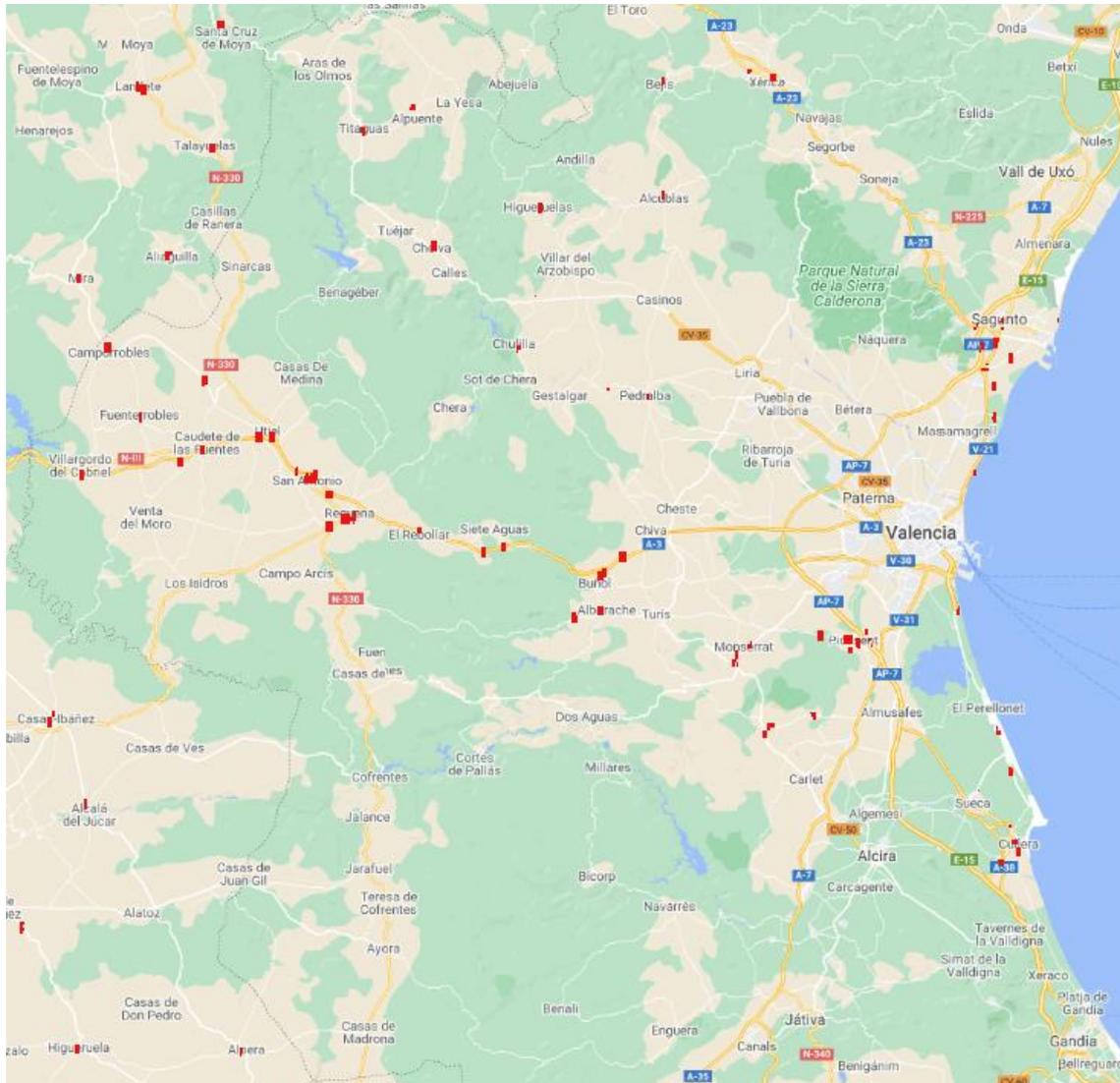


Ilustración 31: Provincia de Valencia del anexo 7.

En el rincón de Ademuz (Ilustración 32) solo se obtiene un punto potencial. Finalmente, en el sur de la provincia de Alicante (Ilustración 33) se obtienen bastantes ubicaciones óptimas, ya que es una zona más ventosa que las otras dos provincias. Dichas ubicaciones se obtienen de forma homogénea, es decir, existen tanto en autovías (A-7 y AP-7), como en carreteras nacionales, comarcales, pueblos y ciudades. Estos datos indican que en la provincia de Alicante no se tendrán muchas restricciones para la instalación de electrolineras, a partir de gasolineras existentes.

Afortunadamente, estos resultados con pocos puntos en las zonas urbanas no son un problema, la velocidad del viento en zonas interurbanas suele ser bastante mas baja que en zonas exteriores y tampoco suele haber espacio para la colocación de aerogeneradores.

Por esta razón, se ha considerado que las electrolineras instaladas en zonas urbanas solo se nutrirán de energía solar. Debido a que en las zonas urbanas hay poco espacio para la instalación de placas solares, se prevé que la energía fotovoltaica actúe de apoyo y las electrolineras no sean autoabastecidas, ya que técnicamente se prevé no viable.

Como consecuencia de estos hechos, se ha generado un segundo mapa. Esta vez sólo se ha valorado la radiación solar directa y la situación geográfica de las gasolineras. El resultado se puede ver en el anexo 8. Al contrario que en el anexo 7, las zonas interurbanas aparecen destacadas (Valencia, Castellón, Alicante, etc...).

Al igual que antes, se muestran imágenes del anexo 8 ampliadas para que se pueda apreciar con más detalle los resultados. Comenzando por la provincia de Castellón (Ilustración 34), la ciudad de Castellón y los pueblos cercanos muestran ahora muchas ubicaciones óptimas. Sin embargo, el resto de la provincia no cuenta apenas con puntos óptimos.

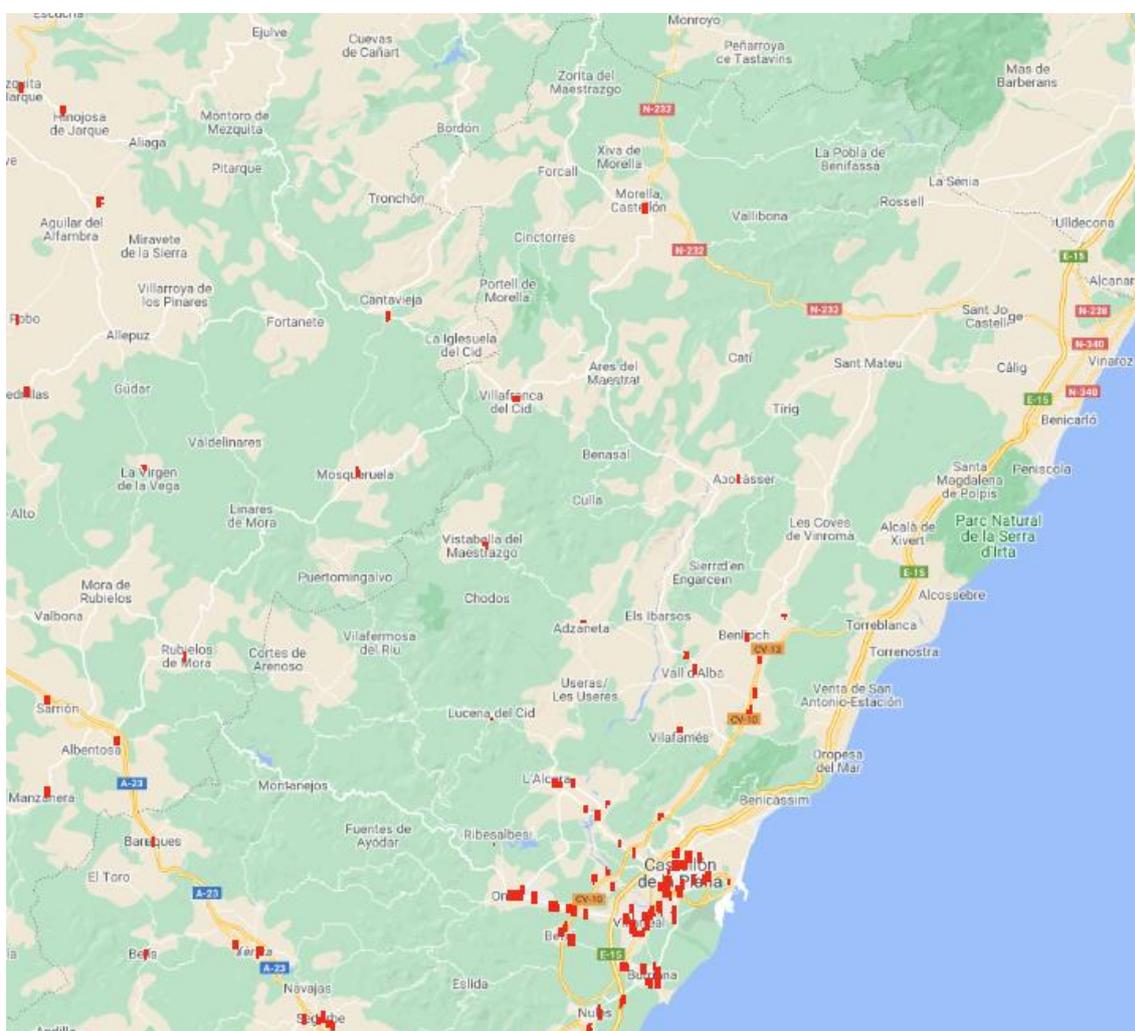


Ilustración 34: Provincia de Castellón del anexo 8.

Respecto a la provincia de Valencia (Ilustración 35), en este caso se obtienen una gran cantidad de ubicaciones óptimas para la instalación de electrolineras, principalmente en la ciudad de Valencia y las zonas colindantes. Además, aparecen puntos potenciales en pueblos tanto cercanos a una autovía como a carreteras comarcales. En el rincón de Ademuz (Ilustración 36) tan solo se obtienen dos puntos potenciales.

Finalmente, en la provincia de Alicante (Ilustración 37) se obtienen bastantes ubicaciones óptimas, esta vez no solo en el sur sino también en el oeste de la provincia. Dichas ubicaciones se vuelven a obtener de forma homogénea, es decir, existen tanto en autovías (A-7 y AP-7), como en carreteras nacionales, comarcales, pueblos y ciudades. Tanto las grandes ciudades de Elche y Alicante, como las zonas urbanas pequeñas cuentan con un buen potencial fotovoltaico y estructura de gasolineras previa.

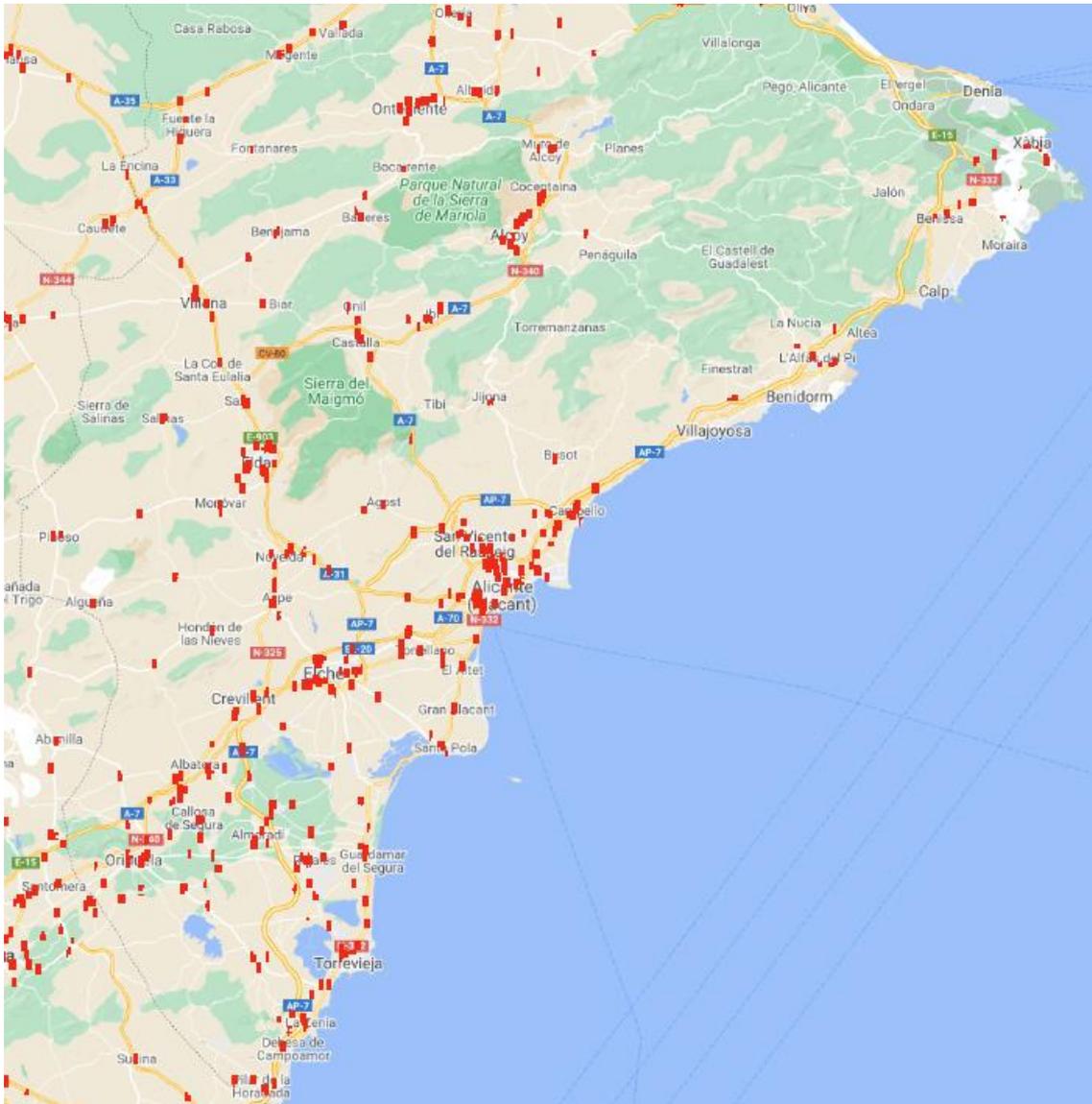


Ilustración 37: Provincia de Alicante del anexo 8.

A la hora de valorar la validez de ambos mapas generados, se deben tener en cuenta las limitaciones legales explicadas previamente y que corresponden a los anexos 4 y 6. En los dimensionamientos realizados en el siguiente capítulo se han escogido puntos que cumplen tanto las condiciones impuestas por el estudio como las condiciones legales que hoy en día rigen la Comunidad Valenciana. Sin embargo, en otros casos existirán zonas donde se deberá pedir permiso a la generalidad para la autorización de la instalación de fuentes renovables.

Para terminar, se quiere valorar la cantidad y calidad de los puntos obtenidos en los mapas generados. Teniendo en cuenta que como infraestructuras solo se han utilizado las de

gasolineras existentes, si se utilizaran más tipos de infraestructuras como centros comerciales, naves industriales, pabellones deportivos, polígonos industriales, etc... se podrían obtener aún mas localizaciones potenciales para la instalación de electrolinerías y facilitar así el problema de la falta de puntos de recarga que existe en España para que cada vez haya más vehículos eléctricos.

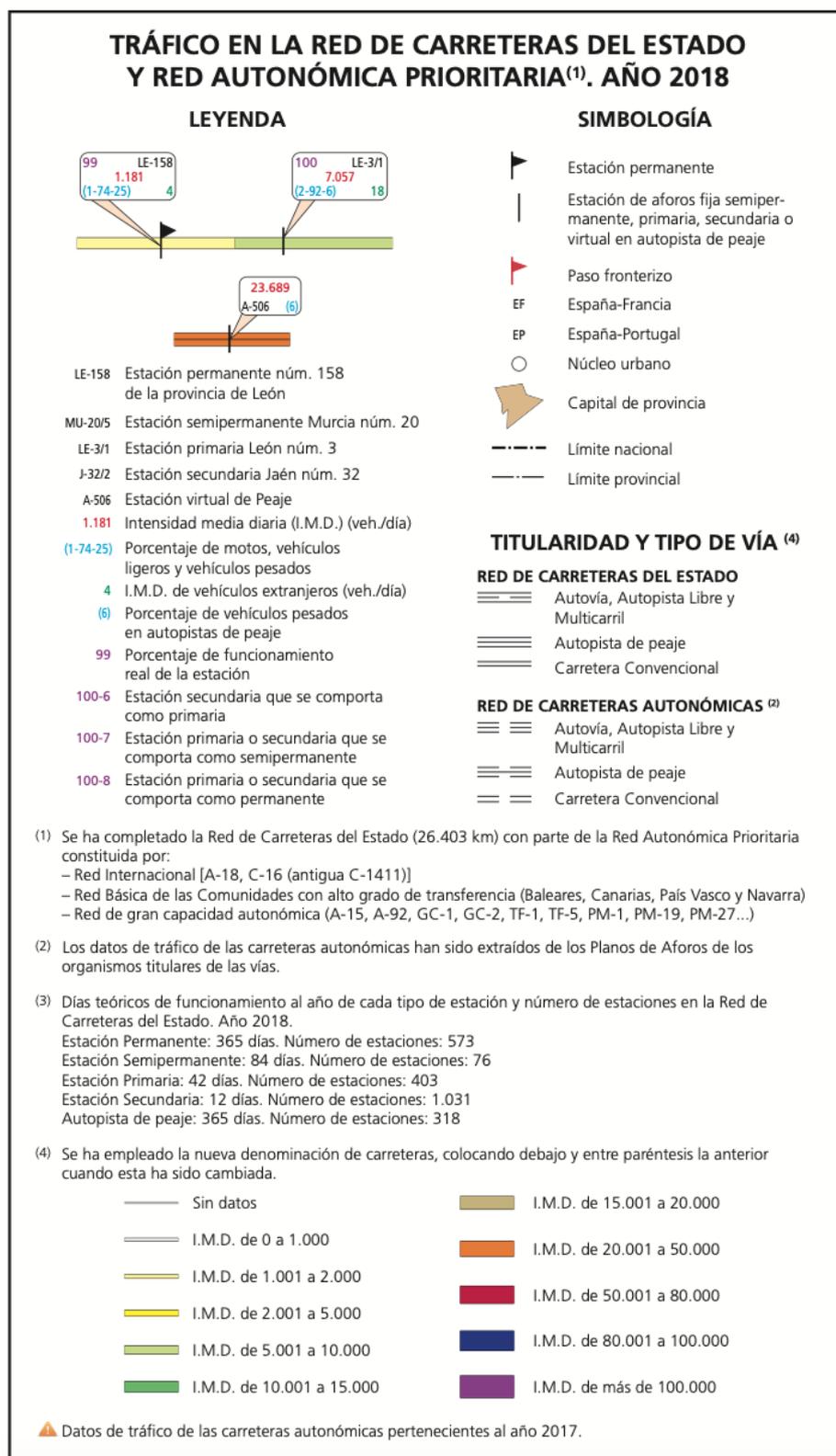


Ilustración 39: Leyenda del mapa de tráfico.

Finalmente, se ha elegido la ubicación en la Autovía del Este (A3) con dirección en At A-3, 322 I, 46360 Buñol, Valencia (Ilustración 40), este punto aparece como uno de los potenciales en QGIS.



Ilustración 40: Ubicación de la electrolinera extraurbana. Fuente: Google Maps.

6.1.1. Dimensionamiento de la electrolinera extraurbana

Para poder dimensionar la electrolinera es necesario conocer la curva de demanda diaria para el año 2021 y para el año 2030. Para ello se ha realizado una estimación teniendo en cuenta el tráfico medio diario de coches de la vía y el porcentaje de los mismos que son potencialmente eléctricos o híbridos enchufables. Así pues, se ha seguido el siguiente desarrollo para el año 2021.

En la Comunidad Valenciana existen aproximadamente 12.720 coches eléctricos en circulación, lo que supone un 0,38% de todos los coches del parque de vehículos de la comunidad, que son unos 3,2 millones. La zona donde se encuentra la ubicación seleccionada tiene una incidencia media diaria de 46.756 vehículos (DGT, 2019), de los cuales se estima que el 0,38% son potencialmente eléctricos, unos 177 en valor absoluto.

Por otro lado, el vehículo más común en España es el Renault ZOE que tiene una autonomía de 240 km. Según la DGT, se estima que cada conductor realiza una media de 33 kilómetros diarios (DGT, 2017). Teniendo en cuenta estos datos se estima que el coche debe cargarse del 0% al 100% una vez a la semana. Considerando que los conductores repostan con una frecuencia similar cada día de la semana, 25 vehículos pasarán por la gasolinera al día.

Posteriormente se ha estimado el número de vehículos que repostan cada hora teniendo en cuenta el horario de la gasolinera (de 06:00h a 22:00h) y las horas punta de la misma (Ilustración 41). De esta manera, entre semana se contemplan 3 coches como máximo de 08:00h a 09:00h y de 09:00h a 10:00h. Los fines de semana se estima un máximo de 3 coches de 10:00h a 13:00h.



Ilustración 41: Distribución horaria del tráfico de la gasolinera. Fuente: Google Maps.

Las electrolinerías se diseñan pensando en el futuro, por lo que se ha estimado la demanda para el año 2030. Para dicho año, se ha estimado el porcentaje de vehículos eléctricos teniendo en cuenta la línea de tendencia que sigue la evolución del número de vehículos eléctricos (Ilustración 42) y totales (Ilustración 43) en los próximos años.

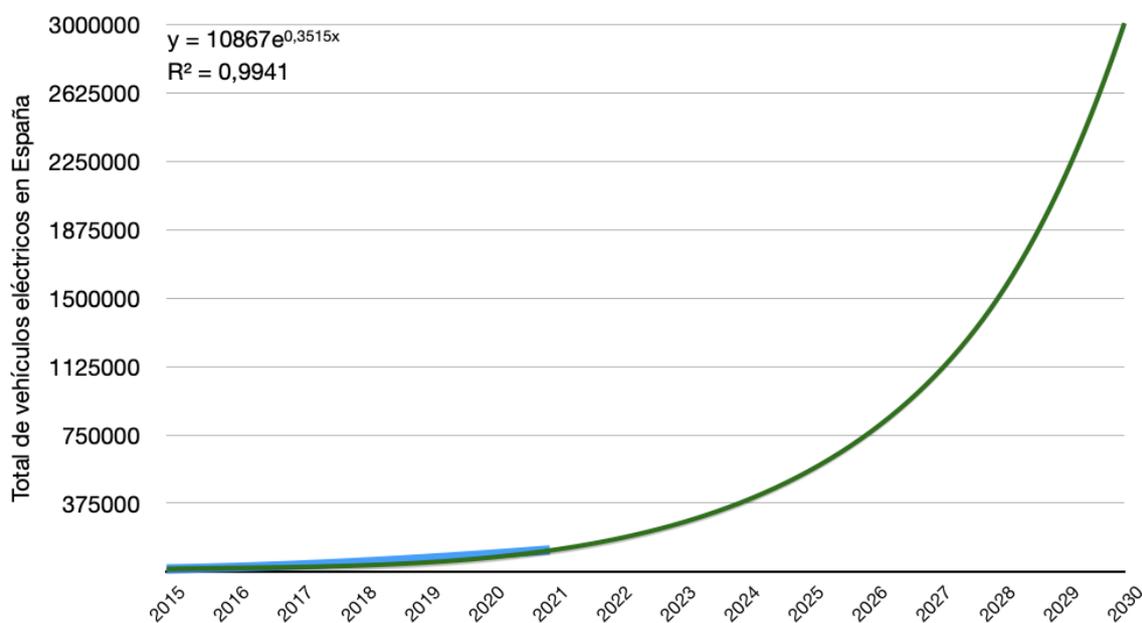


Ilustración 42: Evolución prevista del parque de vehículos eléctricos en España. Fuente: Elaboración propia.

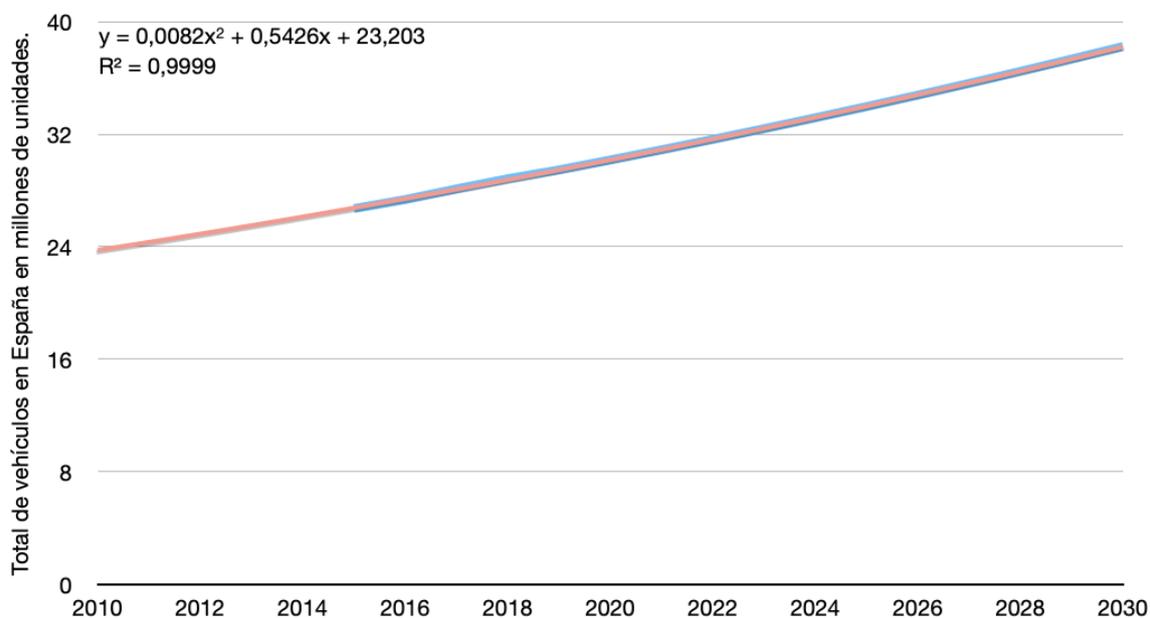


Ilustración 43: Evolución prevista del parque de vehículos total en España. Fuente: Elaboración propia.

En 2018, el gobierno fijó un objetivo de cinco millones de vehículos eléctricos en España pero ANFAC señalaba esa cifra como “poco realista” y la rebajaba a dos millones y medio (Molina, 2019). La tendencia actual estima tres millones de vehículos, lo cual es una cifra probable ya que

se encuentra ligeramente por encima de la estimación de ANFAC y el gobierno cada vez impulsa más el uso del vehículo eléctrico con sus políticas.

De esta forma, se prevé que el 1,21% de los vehículos sean eléctricos, lo cual implica que 3.670 pasarían por la autovía cada día. De estos, 525 podrían parar a repostar a lo largo del día en cualquiera de las cinco gasolineras de la zona del tramo de la autovía. Por esta razón se ha estimado que 105 vehículos podrían parar cada día.

Siguiendo la distribución horaria para el año 2021, se ha estimado la misma para el año 2030 teniendo en cuenta el horario de la gasolinera (de 06:00h a 22:00h), las horas punta de la misma y que podría estar abierta por la noche. De esta manera, entre semana se contemplan 9 coches a la hora como máximo de 08:00h a 10:00h. Los fines de semana se esperan 9 coches a la hora como máximo de 10:00h a 14:00h.

Los cargadores utilizados son cinco de modo 4 de 100 KWh, por lo que se espera una demanda pico teórica de 150 KWh para el año 2021 y 450 KWh para el año 2030 que se cubrirá obteniendo energía de la red eléctrica de España cuando la generación de energía renovable no sea suficiente para cubrirla.

En la Tabla 1 se puede ver un resumen de los cálculos realizados para obtener los datos.

Tabla 1: Aproximaciones y cálculos para la zona extraurbana.

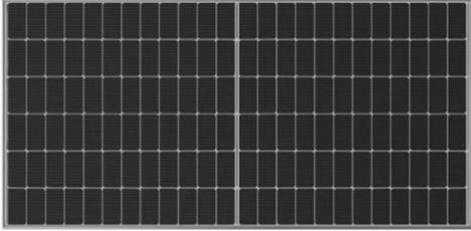
Nº vehículos eléctricos en la C. Valenciana	12.720	Autonomía Renault ZOE (km)	240
Porcentaje sobre el total del parque	0,38%	Distancia media diaria por conductor (km)	33
I.M.D. de la vía	46.756	Nº de cargas semanales medias	1
Extrapolación de I.M.D. de la vía 2021	177	Extrapolación de I.M.D. de la vía 2030	525
Vehículos potenciales diarios 2021	25	Vehículos potenciales diarios 2030	105
Vehículos en la electrolinera a la vez 2021	3	Vehículos en la electrolinera a la vez 2030	9
Potencia pico teórica 2021 (kWh)	150	Potencia pico teórica 2030 (kWh)	450

6.1.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema de generación de energía renovable, se ha utilizado HOMER como apoyo. El software necesita los datos anuales de radiación solar de la ubicación seleccionada, que se pueden encontrar en la página web de la Comisión Europea.

Las placas solares generan energía en CC, para poder suministrar a la red, es necesario un inversor que transforme la CC en CA. Para elegir las placas solares se han buscado aquellas que tienen una eficiencia mayor del 20% y mejor ratio €/W, mientras que el inversor se ha elegido teniendo en cuenta la potencia máxima generada por las placas. Estos equipos elegidos para el sistema de generación de energía fotovoltaica, así como las características de los mismos, se muestran en la Tabla 2. La ficha técnica de las placas solares se puede consultar en el anexo 9, mientras que la ficha técnica del inversor para la energía solar fotovoltaica se puede ver en el anexo 10.

Tabla 2: Componentes principales de la instalación solar extraurbana.

Placa solar INE-MONO-9MA 550W 	Potencia a MPP (W)	550
	Corriente en CC (A)	14,13
	Tensión en CA (V)	49,65
	Corriente a MPP (A)	13,42
	Tensión a MPP (V)	40,99
	Eficiencia (%)	21,31
	Ratio €/W	0,176
Inversor HUAWEI FusionSolar SUN2000 	Potencia pico (kW)	100
	Tensión de funcionamiento (V)	200 - 1000
	Intensidad de CC max (A)	40
	Eficiencia (%)	98,6
	Frecuencia (Hz)	50 - 60

6.1.3. Dimensionamiento del sistema eólico

Los datos de velocidad del viento a 100 metros del suelo se pueden encontrar en la página web de Enair, que cuenta con atlas eólico. Para la elección del aerogenerador del sistema eólico se ha tenido en cuenta que la inversión inicial es muy grande, que el punto de funcionamiento estará alrededor de 6 m/s de velocidad media del viento y la potencia pico de la electrolinera en el futuro.

El aerogenerador (Power, 2018) genera energía en CC, como el sistema fotovoltaico, es por ello necesario un inversor que viene ya incorporado para poder suministrar energía a la red en CA. Las principales características del aerogenerador se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3: Componentes principales de la instalación eólica extraurbana.

Aerogenerador V60/850 	Potencia (W)	850
	Altura del rotor (m)	80
	V min de viento (m/s)	3
	V nominal de viento (m/s)	13
	V max de viento (m/s)	20

6.1.4. Simulación en Homer

Los datos calculados en los tres apartados anteriores se han introducido en HOMER generando los sistemas de la Ilustración 44 y la Ilustración 45 para los años 2021 y 2030, respectivamente.

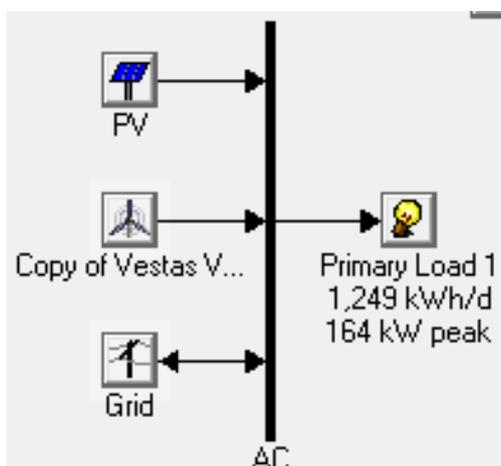


Ilustración 44: Modelado en HOMER para el año 2021. Fuente: Elaboración propia.

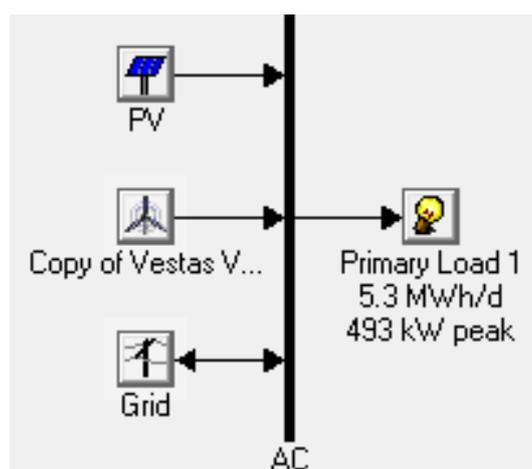


Ilustración 45: Modelado en HOMER para el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

Como se ha mencionado previamente, la energía solar y eólica se produce en CC, sin embargo, en la ilustración aparecen los sistemas conectados a la CA. La razón es que debido a las limitaciones de HOMER y para simplificar el cálculo con el software, se han introducido los costes de los inversores dentro de los sistemas de generación de energía fotovoltaica y eólica, por lo que se puede considerar que el conjunto es un nuevo sistema que está conectado a la CA (placas solares + inversor y aerogenerador + inversor).

A continuación, se muestran las características de cada componente del sistema introducido en HOMER. Comenzando por la red (Grid), en la Tabla 4 y la Ilustración 46 se pueden ver los costes de compra y venta de electricidad según el día y hora de venta y los tramos horarios diarios. Como es imposible calcular el precio de la electricidad en el futuro, tanto de compra como de venta, se han utilizado las tarifas de compra de electricidad para el año 2021 como constantes y una media de los años anteriores para el precio de venta de electricidad que también se ha mantenido constante a lo largo de los años. Así pues, se ha establecido un precio de venta de

electricidad de 4cts€/kWh y tres tramos con un precio medio cada uno de compra de electricidad.

Tabla 4: Costes de compra y venta de electricidad en año 2021.

Tramo	Precio compra (€/kWh)	Precio venta (€/kWh)	Coste peaje eléctrico (€/kWh/mes)
1	0,134	0,04	0,008
2	0,178	0,04	0,207
3	0,299	0,04	0,207

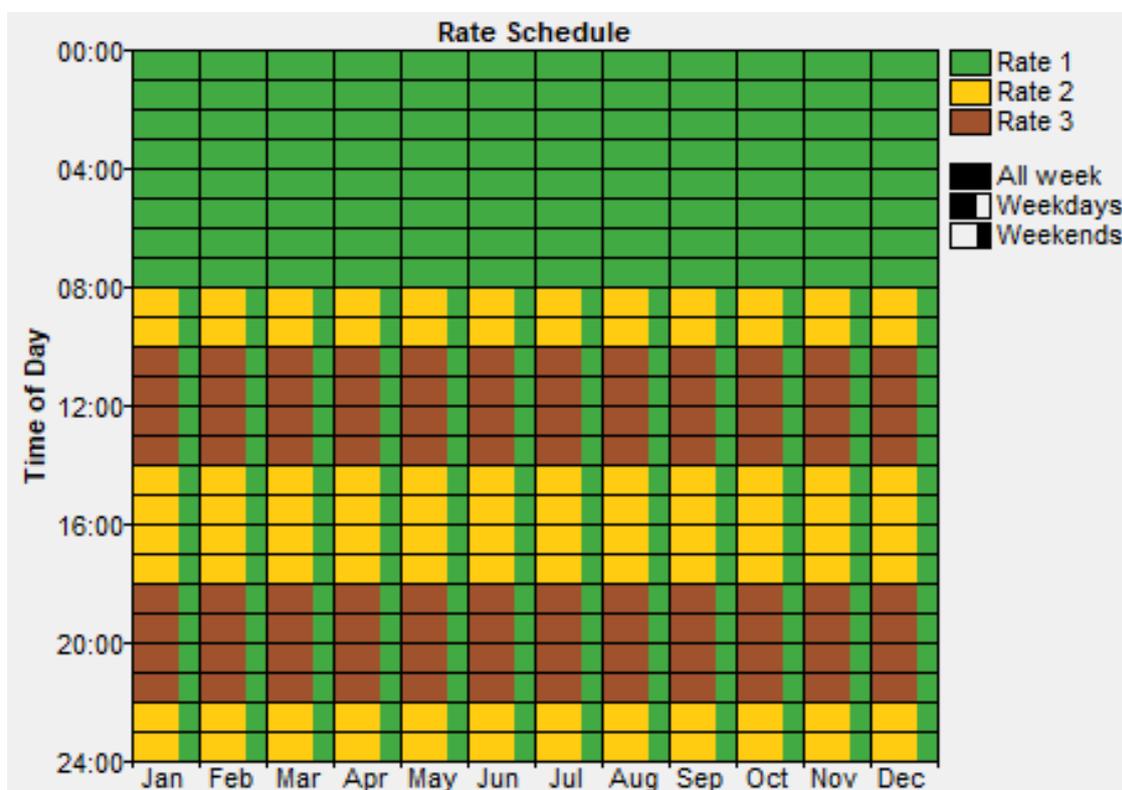


Ilustración 46: Características de la red (REE).

Siguiendo por la energía solar, en la Ilustración 46 se observan los datos de el recurso solar que han sido obtenidos de sistema de información geográfica fotovoltaica de la comisión Europea. Como se puede apreciar visualmente en la ilustración, en los meses de verano mucho más recurso solar que en los meses de invierno .

HOMER ayuda a dimensionar los sistemas de generación de energía simulando varios casos y comparándolos entre ellos. Para el caso del sistema de energía fotovoltaica (Tabla 5), se han considerado 4 casos. El primero es no instalar ningún panel, el segundo es llenar el techo de la gasolinera de paneles, teniendo en cuenta las dimensiones del techo y las de cada panel, se pueden instalar hasta 358 paneles que corresponden a una energía máxima de 196,9 kW. Los últimos 2 casos corresponden a instalar menos paneles, en concreto hasta 180 y 170 kW de energía máxima, para comparar y ver si a mayor número de paneles es mas o menos rentable.

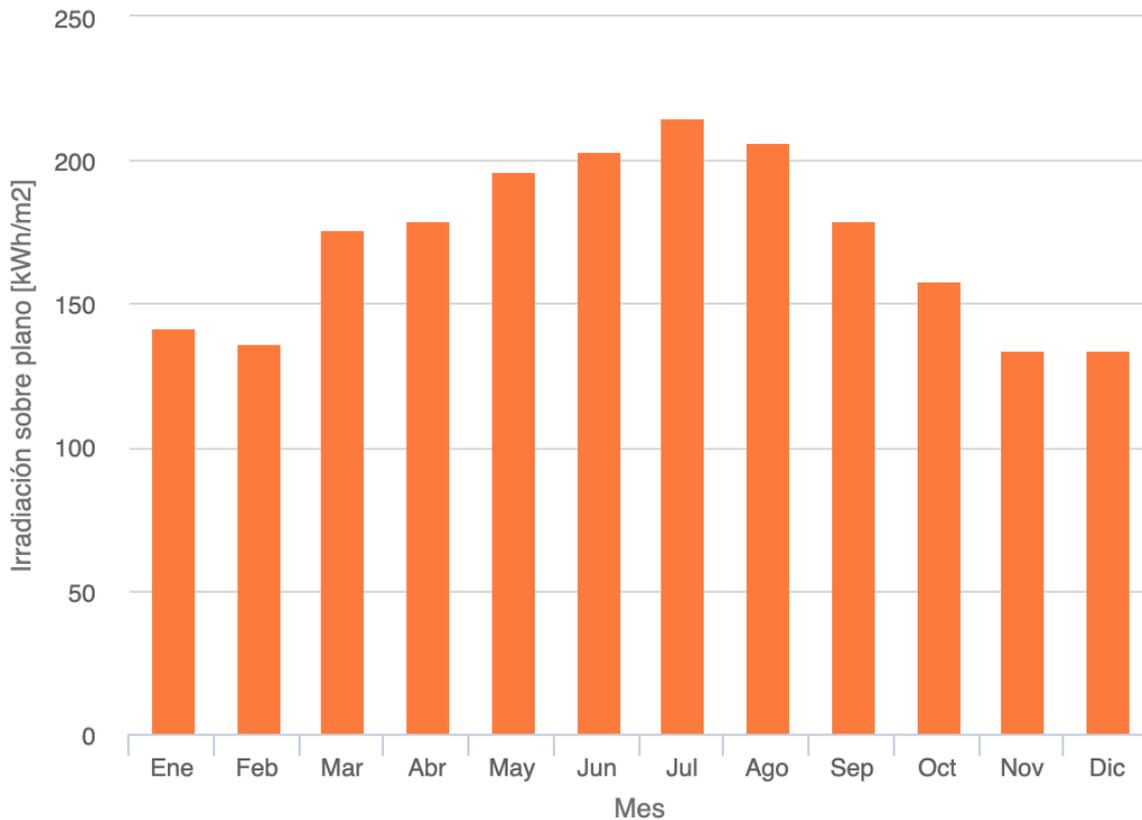


Ilustración 46: Características del recurso solar en HOMER.

Tabla 5: Características de los paneles solares.

Tamaños considerados (kW)	0 – 170 – 180 – 196,9
Coste de instalación (€/kW)	900
Coste de reemplazo (€/kW)	900
Operación y mantenimiento (€/año)	4000
Vida útil (años)	25
Derating factor (%)	85
Inclinación (º)	36
Azimuth (º)	0
Reflectancia de la tierra (%)	20

Continuando con el recurso eólico, en la Tabla 6 y la Ilustración 47 se puede ver que, al contrario que para el recurso solar, la energía eólica se producirá más en invierno que en verano ya que hay hasta 3 veces más viento.

Tabla 6: Datos del recurso eólico.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
V viento (m/s)	8,4	7,5	6,4	4,9	3,9	2,7	2,4	2,5	3,1	3,4	6,3	6,5

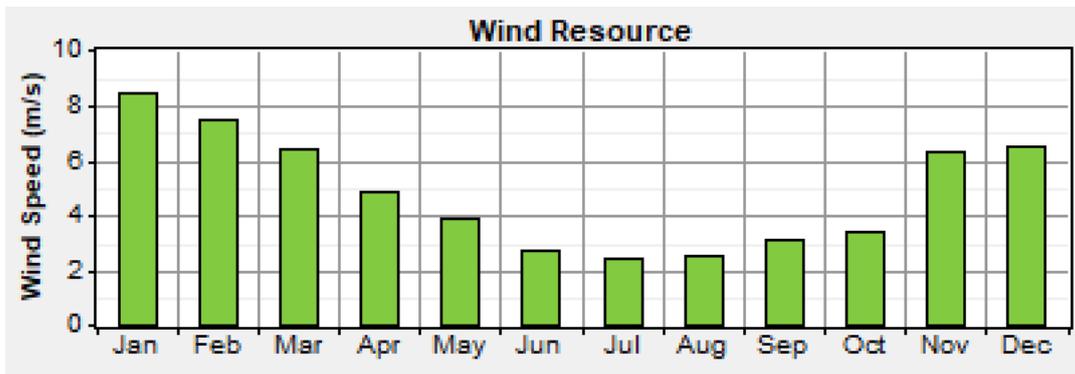


Ilustración 47: Características del recurso eólico en HOMER.

Respecto al aerogenerador, en la Ilustración 48 se pueden ver las características del mismo. El software simulará escenarios con 0, 1 y 2 aerogeneradores para estimar el número óptimo de los mismos.

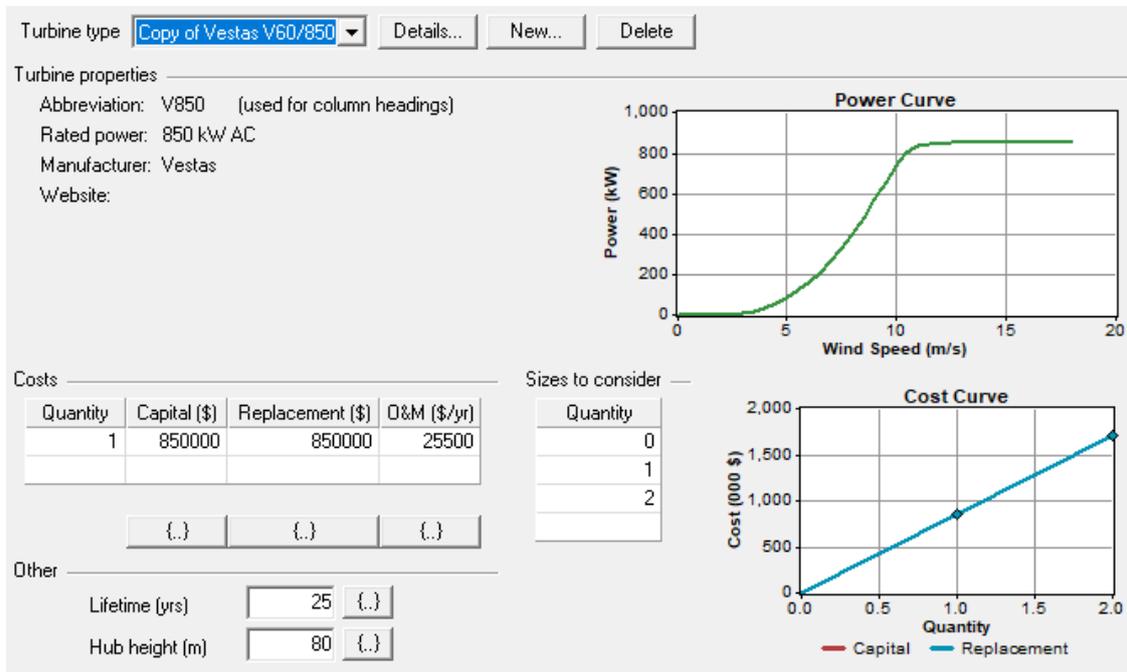


Ilustración 48: Características del sistema eólico en HOMER.

Por último, se presentan las cargas estimadas para los años 2021 y 2030. Como se ha explicado en el apartado 7.1.1, las frecuencias de carga se han estimado según la afluencia de coches actual de Google Maps, así pues, se han obtenido las curvas de la Ilustración 49 (año 2021) y la Ilustración 50 (año 2030).

Tabla 7: Características principales de la carga extraurbana en 2021.

Carga media (kWh/día)	1,249
Carga media (kW)	52
Pico (kW)	164
Factor de carga	0,317

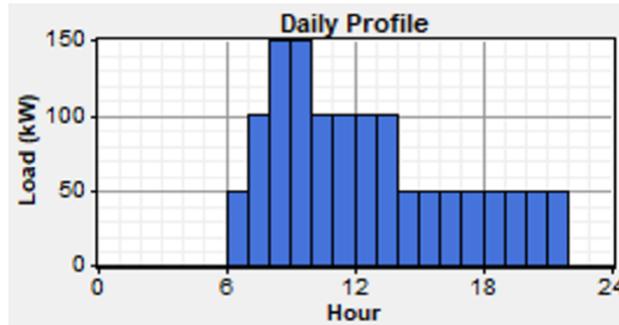


Ilustración 49: Curva de carga estimada para el año 2021 en HOMER. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Características principales de la carga extraurbana en 2030.

Carga media (kWh/día)	1,249
Carga media (kW)	52
Pico (kW)	164
Factor de carga	0,317

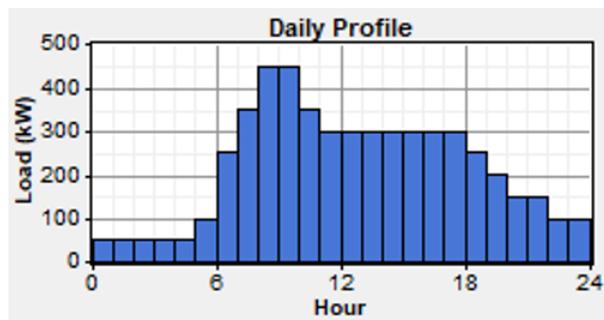


Ilustración 50: Curva de carga estimada para el año 2030 en HOMER. Fuente: Elaboración propia.

Tras ejecutar la simulación, HOMER ofrece los siguientes resultados para el año 2021 (Ilustración 51) y 2030 (Ilustración 52). Estos, están ordenados según el coste neto presente (Total NPC).

Comenzando por el año 2021, la opción más económica es la de cubrir completamente el techo de la gasolinera con paneles solares y cubrir así el 60% de la demanda de ese año de forma

renovable. Otra opción importante a tener en cuenta es la de añadir un aerogenerador a la primera opción. El NPC asciende en 357.048€ pero se consigue cubrir el 94% de la energía mediante fuentes renovables. El coste de la energía (COE) es mayor pero la idea es diseñar una electrolinera autoabastecida por lo que no solo tiene que ser viable económicamente, sino que también tiene que cubrir el máximo de demanda de forma sostenible. Conseguir un 100% de energía renovable es casi imposible debido a que la demanda de energía puede ser a cualquier hora del día y la generación es intermitente, por esta razón un 94% es un valor más que válido. Ambas opciones son mejores que la de consumir energía directamente de la red tanto por la razón económica como como por la medioambiental. Por último, añadir dos aerogeneradores a la opción 1 o utilizar solo energía eólica no parecen opciones factibles teniendo en cuenta los altos costes que conllevan en relación con las otras opciones.

	PV (kW)	V850	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	196.9		10000	\$ 180,000	40,761	\$ 701,058	0.120	0.63
	180.0		10000	\$ 164,551	42,792	\$ 711,579	0.122	0.60
	170.0		10000	\$ 155,409	44,104	\$ 719,200	0.123	0.58
	196.9	1	10000	\$ 1,030,000	-2,046	\$ 1,003,846	0.172	0.94
	180.0	1	10000	\$ 1,014,551	-612	\$ 1,006,730	0.173	0.94
	170.0	1	10000	\$ 1,005,409	285	\$ 1,009,055	0.173	0.94
			10000	\$ 0	93,242	\$ 1,191,944	0.205	0.00
		1	10000	\$ 850,000	29,387	\$ 1,225,668	0.210	0.85
	196.9	2	10000	\$ 1,880,000	-29,573	\$ 1,501,955	0.258	0.97
	180.0	2	10000	\$ 1,864,551	-28,212	\$ 1,503,901	0.258	0.97
	170.0	2	10000	\$ 1,855,409	-27,366	\$ 1,505,583	0.258	0.97
		2	10000	\$ 1,700,000	-1,227	\$ 1,684,312	0.289	0.93

Ilustración 51: Resultados de la simulación de la zona extraurbana para el año 2021.

Así pues, es necesario comprobar que resultados se obtienen con una demanda estimada para el año 2030 (Ilustración 52). La opción de cubrir el techo solo con paneles solares no solo no es la opción más barata sino que además, solo cubre el 16% de la energía de forma renovable. Sin embargo, si le añadimos un aerogenerador, se obtiene la opción más económica y se cubre el 61% de la energía de forma renovable. La opción de añadir un segundo aerogenerador tiene un NPC 337.594€ superior y su fracción renovable asciende en 15 puntos hasta el 76%. Es decir, el primer aerogenerador aumenta el porcentaje de energía renovable en 45 puntos, mientras que el segundo tan solo en 15.

Teniendo en cuenta los resultados de ambas simulaciones, se ha considerado que la mejor opción es la de instalar 196,9 kW de energía fotovoltaica y un aerogenerador en 2021, con la intención de cubrir el 94% de la energía de forma renovable. La instalación de un segundo aerogenerador podría darse mas tarde del 2030, cuando sea rentable económica y medioambientalmente. Así pues, se va a analizar esta opción en los próximos apartados.

			PV (kW)	V850	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
			196.9	1	1000...	\$ 1,030,000	185,083	\$ 3,395,980	0.138	0.62
			180.0	1	1000...	\$ 1,014,551	189,438	\$ 3,436,204	0.140	0.61
			170.0	1	1000...	\$ 1,005,409	192,045	\$ 3,460,385	0.141	0.61
			196.9	2	1000...	\$ 1,880,000	140,205	\$ 3,672,285	0.149	0.77
			180.0	2	1000...	\$ 1,864,551	144,076	\$ 3,706,331	0.151	0.76
			170.0	2	1000...	\$ 1,855,409	146,391	\$ 3,726,778	0.152	0.76
				1	1000...	\$ 850,000	238,527	\$ 3,899,179	0.159	0.51
			196.9		1000...	\$ 180,000	303,141	\$ 4,055,160	0.165	0.18
				2	1000...	\$ 1,700,000	187,700	\$ 4,099,437	0.167	0.70
			180.0		1000...	\$ 164,551	309,048	\$ 4,115,217	0.167	0.16
			170.0		1000...	\$ 155,409	312,544	\$ 4,150,772	0.169	0.15
					1000...	\$ 0	372,050	\$ 4,756,043	0.193	0.00

Ilustración 52: Resultados de la simulación de la zona extraurbana para el año 2030.

6.1.5. Balance energético

Como se puede comprobar en las Tablas 9 y 10, en el año 2021 el 73% de la energía consumida por el sistema se vendería a la red y tan solo se compraría un 6%. El aerogenerador produciría el 75% de la energía, siendo un elemento clave para la generación de energía renovable.

Tabla 9: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2021.

Consumo	kWh/año	%
Carga	455.886	27
Ventas a la red	1.260.322	73
Total	1.716.208	100

Tabla 10: Características de la producción en la zona extraurbana para el año 2021.

Producción	kWh/año	%
PV	340.960	20
Turbina	1.279.122	75
Compras de la red	96.126	5
Total	1.716.212	100

El porcentaje de energía vendida a la red disminuye con los años, así pues, para el año 2030, ésta sería el 27% de la consumida por el sistema y se compraría el 39% a la red (Tablas 11 y 12).

Tabla 11: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2030.

Consumo	kWh/año	%
Carga	1.924.280	73
Ventas a la red	704.878	27
Total	2.629.158	100

Tabla 12: Características de la producción en la zona extraurbana para el año 2030.

Producción	kWh/año	%
PV	340.960	13
Turbina	1.289,452	49
Compras de la red	998.746	38
Total	2.629.158	100

En las Ilustraciones 53 y 54, se puede consultar gráfica y numéricamente la producción y consumo por meses en 2021. Los meses de verano se sitúan como los menos rentables mientras que los de invierno producen mucha más energía de la necesaria. Aunque exista esta diferencia tan grande entre unos meses y otros, el balance anual es negativo, es decir, se produce más energía de la que se necesita.

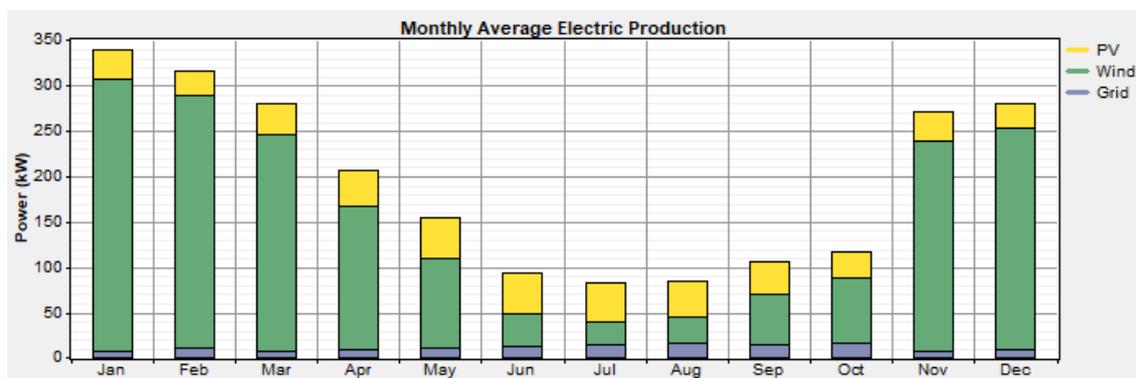


Ilustración 53: Producción mensual del sistema en el año 2021.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	4,757	216,113	-211,356	148	-7,756	42
Feb	6,790	178,888	-172,098	144	-5,871	51
Mar	5,485	171,596	-166,111	138	-5,908	40
Apr	6,037	113,380	-107,343	116	-3,429	36
May	7,084	78,811	-71,727	130	-1,792	29
Jun	9,118	31,322	-22,204	145	536	49
Jul	10,834	25,046	-14,212	139	1,141	44
Aug	11,677	24,911	-13,234	146	1,297	43
Sep	10,514	40,667	-30,153	146	355	44
Oct	12,113	48,937	-36,824	148	481	51
Nov	5,507	159,163	-153,657	139	-5,440	41
Dec	6,210	171,488	-165,278	123	-5,671	39
Annual	96,126	1,260,322	-1,164,196	148	-32,056	510

Ilustración 54: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2021.

Sin embargo, como se puede comprobar en las ilustraciones 55 y 56, no ocurre lo mismo para el año 2030. De Noviembre a Marzo, el sistema genera más energía de la que se necesita pero de Abril a Septiembre ocurre lo contrario, obteniéndose un balance anual positivo, es decir, se no se produce más energía de la necesaria.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	53,249	141,932	-88,683	454	3,979	160
Feb	56,495	117,890	-61,394	450	5,609	167
Mar	61,775	103,665	-41,889	438	6,481	144
Apr	71,176	59,444	11,732	419	10,535	153
May	85,914	34,408	51,506	440	14,204	134
Jun	105,408	6,695	98,713	456	18,898	168
Jul	114,245	3,819	110,426	436	21,106	159
Aug	116,489	4,282	112,207	459	21,553	161
Sep	102,963	12,095	90,868	457	18,248	160
Oct	106,271	18,589	87,682	470	19,582	172
Nov	60,898	98,119	-37,221	451	6,381	151
Dec	63,862	103,941	-40,079	434	7,129	150
Annual	998,746	704,878	293,868	470	153,703	1,879

Ilustración 55: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2030.

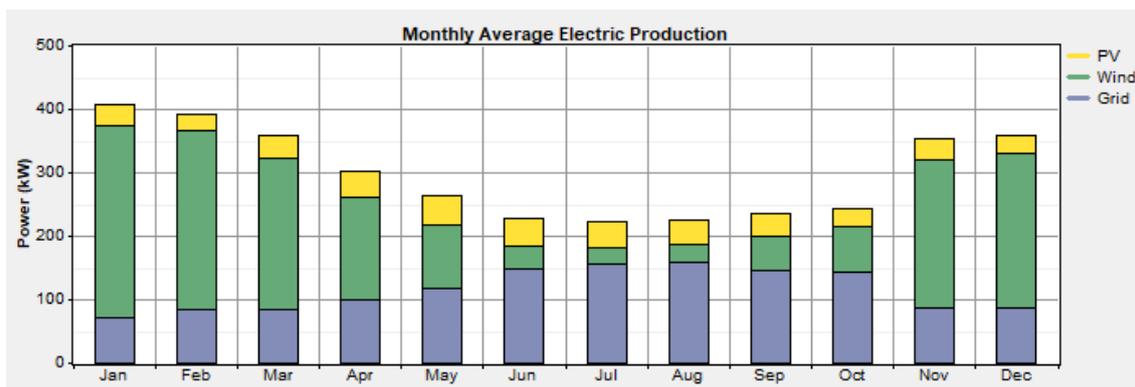


Ilustración 56: Producción mensual del sistema en el año 2030.

Por último, cabe mencionar el ahorro de emisiones de efecto invernadero del proyecto. Para el año 2021, el 94% de la energía consumida sería de forma renovable, como se ha explicado previamente. Es decir, no solo se conseguiría cubrir la demanda energética del sistema de forma casi 100% renovable, sino que también se estaría contribuyendo a que parte de la producción nacional de energía fuera renovable.

Con el paso de los años y el aumento de la demanda energética de la electrolinera, se reduce el porcentaje de energía cubierta de forma renovable hasta un 62%.

6.1.6. Análisis económico

Acompañado del balance energético, se requiere realizar un análisis económico. Como muestran las ilustraciones 51 y 52, la inversión inicial asciende a 928.317€. Este coste se va a ir amortizando a lo largo de los años, así pues, si la demanda energética del año 2021 se mantuviera constante se tardarían 10,8 años en recuperar la inversión (Tabla 13). Este valor puede parecer alto pero hay que tener en cuenta que la demanda de energía va a aumentar en los próximos años y esto permitirá reducir el payback y aumentar la viabilidad del proyecto. De hecho si comprobamos los resultados de payback con una carga constante e igual a la estimada para el año 2030, se puede comprobar como este baja hasta casi la mitad y se sitúa en 5,51 años (Tabla 14). Estos datos indican que muy probablemente el payback real sea de un valor intermedio entre ambos valores mencionados.

Tabla 13: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2021.

Valor presente (€)	188.098
Valor anual (€/año)	12.714
ROI (%)	9,25
IRR (%)	7,85
Payback simple (años)	10,8
Payback compuesto (años)	17,9

Tabla 14: Características del consumo de la zona extraurbana para el año 2030.

Valor presente (€)	1.360.065
Valor anual (€/año)	106.393
ROI (%)	18,2
IRR (%)	17,9
Payback simple (años)	5,51
Payback compuesto (años)	6,89

Los resultados indican que, a mayor demanda de energía, más rentable es la instalación de sistemas de generación de energía renovable. Sin embargo, esta demanda no aumentará si no existe un sistema de puntos de recarga en España. La instalación ya sería rentable actualmente y todo parece indicar que con el paso del tiempo y, por consecuencia, del aumento de la movilidad eléctrica, lo va a ser cada vez más y se reducirán los tiempos de retorno de la inversión como en este ejemplo. Otro de los aspectos a destacar en cuanto a la rentabilidad del sistema es el alto coste que tiene la energía en España en comparación con el bajo coste de producción de energía mediante fuentes renovables.

6.2. Zona interurbana

De forma parecida se ha elegido la ubicación de la electrolinera para la zona interurbana. En este caso se ha buscado una gasolinera que contase con una amplia superficie de tejado para la instalación de placas solares y que no estuviera a la sombra debido a otro edificio.

En la Ilustración 35 se puede ver que prácticamente toda la ciudad de Valencia tiene puntos óptimos para la instalación de electrolineras. La gasolinera elegida está en Valencia en la calle de Ibiza 31, 46024 València, Valencia (Ilustración 57).



Ilustración 57: Ubicación seleccionada para zona interurbana. Fuente: Google Maps.

La Ilustración 58 muestra como dicha gasolinera no tiene edificios cercanos que le den sombra y tiene una gran explanada al sur, por lo que no habrá problema para aprovechar al máximo la radiación solar de la zona.



Ilustración 58: Ubicación seleccionada para zona interurbana. Fuente: Google Maps.

6.2.1. Dimensionamiento de la electrolinera extraurbana

Los datos anuales de radiación solar del punto elegido se han obtenido nuevamente de la Comisión Europea. En cuanto a la curva de demanda diaria, se ha realizado el mismo procedimiento que para el caso de la zona extraurbana. Así pues, cabe explicar los datos para esta localización.

La ubicación seleccionada tenía una incidencia media diaria de 49.000 vehículos en Enero de 2020 (Valencia, 2020), de los cuales se estima que el 0,38% son potencialmente eléctricos, 186 en valor absoluto.

Al igual que antes, se escoge el Renault ZOE como vehículo ejemplo, por lo que se vuelve a estimar que el coche debe cargarse del 0% al 100% una vez a la semana. Sin embargo, no es común cargar un coche en una gasolinera de ciudad sino en el propio garaje privado del conductor. Considerando que 1 de cada 4 conductores cargará su coche en la gasolinera, 7 vehículos pasarán por la gasolinera al día de media.

Posteriormente, se ha estimado el número de vehículos que repostan cada hora teniendo en cuenta el horario de la gasolinera (de 06:00h a 22:00h) y las horas punta de la misma (Ilustración 59). De esta manera, entre semana se contemplan 1 coche cada hora como máximo de 10:00h a 13:00h y de 16:00h a 20:00h. El fin de semana se espera 1 coche cada hora como máximo de 11:00h a 15:00h y de 18:00h a 21:00h.



Ilustración 59: Distribución horaria del tráfico de la gasolinera. Fuente: Google Maps.

Como se ha dicho anteriormente, las electrolineras se diseñan pensando en el futuro, por lo que se ha estimado la demanda para el año 2030. Para dicho año, se ha estimado el porcentaje de vehículos eléctricos teniendo en cuenta la línea de tendencia que sigue la evolución del número de vehículos en los últimos años. De esta forma, se prevé que el 1,21% de los vehículos sean eléctricos, lo cual implica que 593 pasarían por la vía cada día. De estos, 21 podrían parar a repostar a lo largo del día.

Siguiendo la distribución horaria para el año 2021, se ha estimado la misma para el año 2030 teniendo en cuenta el horario de la gasolinera (de 06:00h a 22:00h), las horas punta de la misma y que podría estar abierta por la noche. De esta manera, entre semana se contemplan 2 coches como máximo de 10:00h a 12:00h y de 17:00h a 20:00h y 1 como mínimo el resto de las horas. Los fines de semana se espera 1 coche cada hora que esta abierta la gasolinera excepto de 11:00h a 14:00h y de 18:00h a 20:00h, que se estiman 2 coches a la hora.

Los cargadores utilizados serán 2 de modo 4, uno de ellos de 50 kWh y uno de ellos de 100 kWh. Se espera una demanda pico teórica de 50 kWh para el año 2021 y 100kWh para el año 2030 que se cubrirá obteniendo energía de la red eléctrica de España cuando la generación de energía renovable no sea suficiente para cubrirla. En la Tabla 15 se puede ver un resumen de los cálculos realizados para obtener los datos.

Tabla 15: Aproximaciones y cálculos zona interurbana.

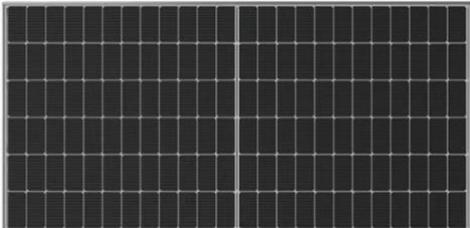
Nº vehículos eléctricos en la C. Valenciana	12.720	Autonomía Renault ZOE (km)	240
Porcentaje sobre el total del parque	0,38%	Kms diarios medios por conductor	33
I.M.D. de la vía	49.038	Nº de cargas semanales medias	1
Extrapolación de I.M.D. de la vía 2021	186	Extrapolación de I.M.D. de la vía 2030	593
Vehículos potenciales diarios 2021	7	Vehículos potenciales diarios 2030	21
Vehículos en la electrolinera a la vez 2021	1	Vehículos en la electrolinera a la vez 2030	2
Potencia pico teórica 2021 (KWh)	50	Potencia pico teórica 2030 (KWh)	100

6.2.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

En cuanto a los equipos elegidos para el sistema de generación de energía renovable, se han tenido en cuenta las mismas consideraciones que el dimensionamiento para la zona extraurbana. Por esta razón se han seleccionado los mismos paneles solares, sin embargo,

debido a que las potencias con las que se trabaja son distintas al caso anterior, se han escogido 2 inversores distintos. La Tabla 16 muestra la elección y las características principales de los equipos. La ficha técnica de las placas solares se puede consultar en el anexo 9, mientras que la ficha técnica de los inversores se puede ver en el anexo 11.

Tabla 16: Componentes de la instalación interurbana.

<p>Placa solar INE-MONO-9MA 550W</p> 	Potencia a MPP (W)	550
	Corriente en CC (A)	14,13
	Tensión en CA (V)	49,65
	Corriente a MPP (A)	13,42
	Tensión a MPP (V)	40,99
	Eficiencia (%)	21,31
<p>Inversor Sofar 70000TL – SOFAR</p> 	Potencia pico (kW)	70
	Tensión de funcionamiento (V)	530 - 800
	Intensidad de CC max (A)	48
	Eficiencia (%)	98,6
	Frecuencia (Hz)	50 - 60
<p>Inversor Sofar 60000TL - SOFAR</p> 	Potencia pico (kW)	60
	Tensión de funcionamiento (V)	660 - 800
	Intensidad de CC max (A)	48
	Eficiencia (%)	98,6
	Frecuencia (Hz)	50 - 60

6.2.3. Simulación en Homer

Los datos calculados en los dos apartados anteriores se han introducido en HOMER generando los sistemas de las ilustraciones 60 y 61 para los años 2021 y 2030, respectivamente.

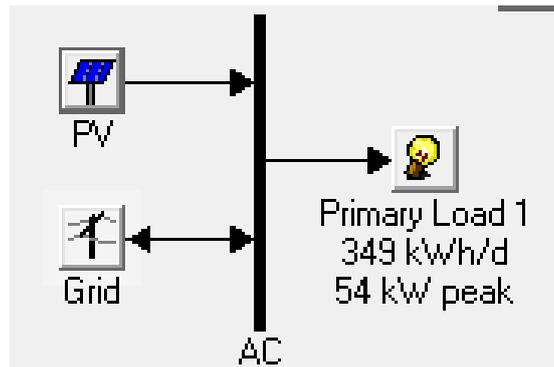


Ilustración 60: Modelado interurbano en HOMER para el año 2021. Fuente: Elaboración propia.

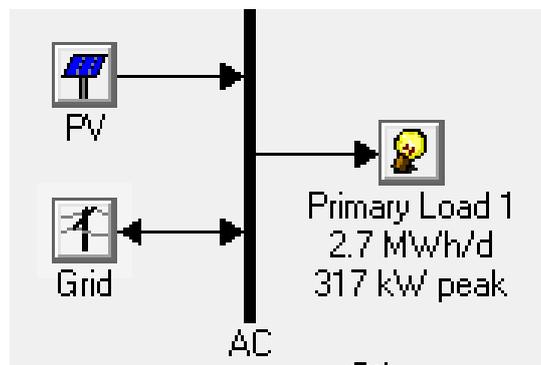


Ilustración 61: Modelado interurbano en HOMER para el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

Como se ha explicado en el apartado anterior para la zona extraurbana, la energía fotovoltaica aparece conectada a la CA porque se ha considerado el sistema placas solares + inversor. La red tiene las mismas características que en la zona extraurbana, ya que la REE es la misma para todos los puntos de España así como sus precios.

En cuanto a la energía solar, en la Ilustración 62 se observan los datos del recurso que han sido obtenidos del sistema de información geográfica fotovoltaica de la comisión Europea. Como se puede apreciar visualmente en la ilustración, en los meses de verano vuelve a haber mucho más recurso solar que en los meses de invierno. El recurso solar es muy parecido al de la zona extraurbana.

Para este sistema de placas solares se han considerado 4 casos (Tabla 17). El primero es no instalar ningún panel, el segundo es llenar el techo de la gasolinera de paneles, teniendo en cuenta las dimensiones del techo y las de cada panel, se pueden instalar hasta 230 paneles que corresponden a una energía máxima de 126,5 kW. Los últimos 2 casos corresponden a instalar menos paneles, en concreto hasta 110 y 100 kW de energía máxima, para comparar y ver si a mayor número de paneles es mas o menos rentable.

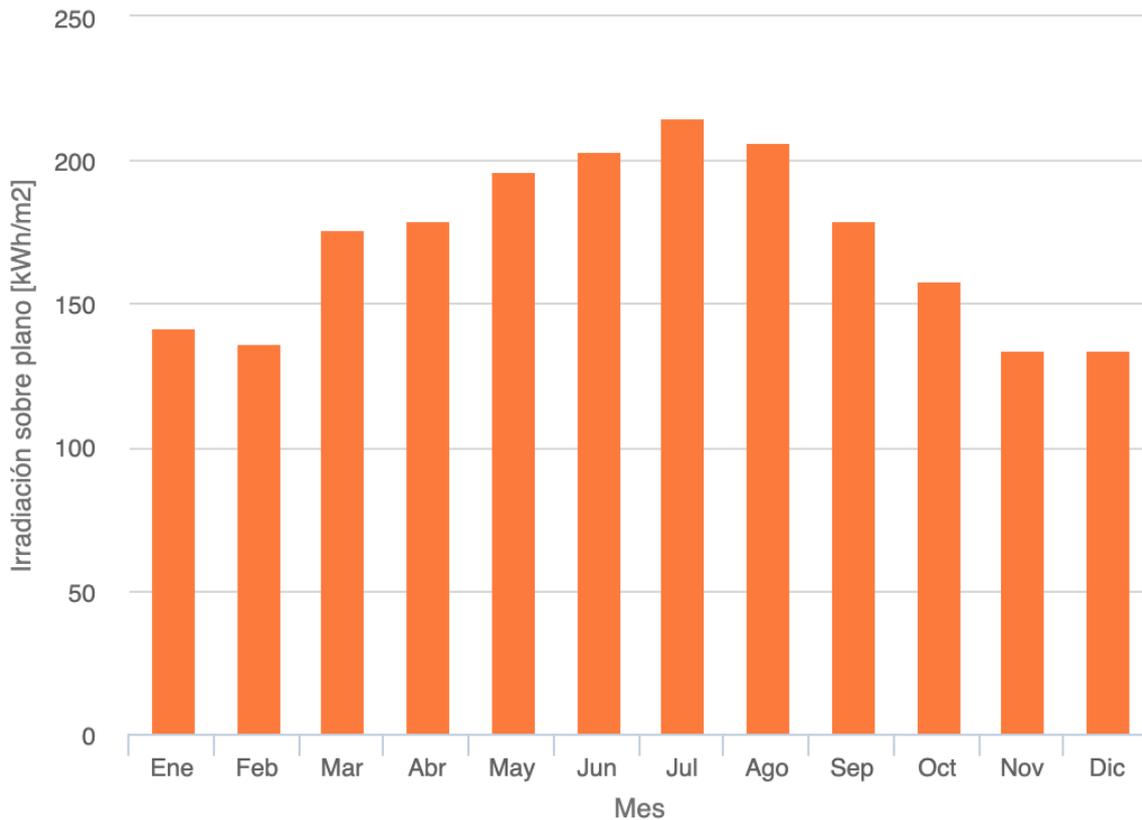


Ilustración 62: Características del recurso solar en HOMER.

Tabla 17: Características de los paneles solares.

Tamaños considerados (kW)	0 – 100 – 110 – 126,5
Coste de instalación (€/kW)	900
Coste de reemplazo (€/kW)	900
Operación y mantenimiento (€/año)	4000
Vida útil (años)	25
Derating factor (%)	85
Inclinación (°)	36
Azimuth (°)	0
Reflectancia de la tierra (%)	20

Por último, se presentan las cargas estimadas para los años 2021 y 2030. Como se ha explicado en el apartado 6.2.1, las frecuencias de carga se han estimado según la afluencia de coches actual de Google Maps, así pues, se han obtenido las curvas de la **Error! Reference source not found.** (año 2021) y la Ilustración 64 (año 2030).

Tabla 18: Características principales de la carga interurbana en 2021.

Carga media (kWh/día)	349
Carga media (kW)	14,6
Pico (kW)	54,5
Factor de carga	0,267

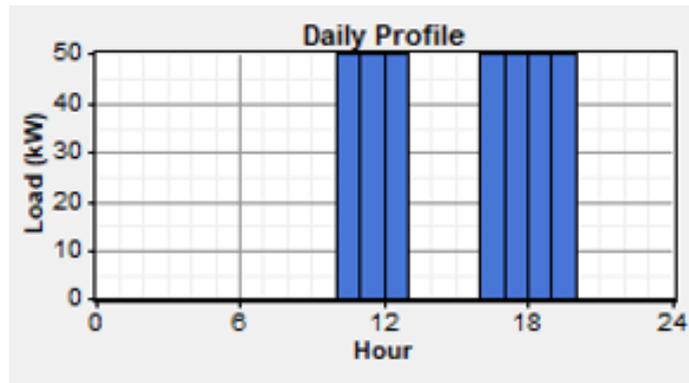


Ilustración 63: Curva de carga estimada en la zona interurbana para el año 2021 en HOMER.

Tabla 19: Características principales de la carga interurbana en 2030.

Carga media (kWh/día)	2.746
Carga media (kW)	114
Pico (kW)	317
Factor de carga	0,361

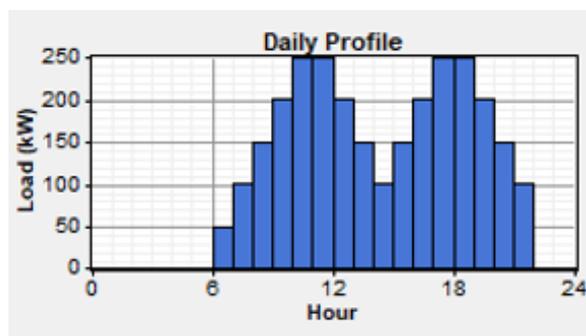


Ilustración 64: Curva de carga estimada en la zona interurbana para el año 2030 en HOMER.

Tras ejecutar la simulación, HOMER ofrece los siguientes resultados para el año 2021 (Ilustración 65) y 2030 (Ilustración 66). Estos, están ordenados según el coste de la energía (COE).

Comenzando por el año 2021, la opción más económica es la de cubrir completamente el techo de la gasolinera con paneles solares y cubrir así el 80% de la demanda de ese año de forma renovable. Los resultados indican que cuantos más paneles solares se instalen, más económico es el proyecto y mayor porcentaje de la energía consumida es renovable (Ilustración 65). Como se ha mencionado en el capítulo 5, la fotovoltaica se utiliza de apoyo, ya que construir una gasolinera autoabastecida en una zona urbana es prácticamente imposible.

	PV (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	126.5	10000	\$ 115,642	9,532	\$ 237,498	0.146	0.80
	110.0	10000	\$ 100,558	10,757	\$ 238,072	0.146	0.77
	100.0	10000	\$ 91,417	11,561	\$ 239,205	0.147	0.74
		10000	\$ 0	29,206	\$ 373,346	0.229	0.00

Ilustración 65: Resultados de la simulación de la zona interurbana para el año 2021.

Así pues, es necesario comprobar que resultados se obtienen con una demanda estimada para el año 2030 (Ilustración 66). Los resultados obtenidos son similares, la mejor opción tanto económica como medioambientalmente es la de cubrir toda la superficie disponible de paneles solares.

	PV (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	126.5	10000	\$ 115,642	169,309	\$ 2,279,979	0.178	0.22
	110.0	10000	\$ 100,558	175,158	\$ 2,339,671	0.183	0.19
	100.0	10000	\$ 91,417	178,707	\$ 2,375,886	0.185	0.18
		10000	\$ 0	214,210	\$ 2,738,327	0.214	0.00

Ilustración 66: Resultados de la simulación de la zona interurbana para el año 2030.

Teniendo en cuenta los resultados de ambas simulaciones, se ha considerado que la mejor opción es la de instalar 126,5 kW de energía fotovoltaica, con la intención de cubrir el 80% de la energía de forma renovable en 2021.

6.2.4. Balance energético

Como se puede comprobar en las tablas 20 y 21, en el año 2021, el 55% de la energía consumida por el sistema se vendería a la red y tan solo se compraría un 20%.

Tabla 20: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2021.

Consumo	kWh/año	%
Carga	127.385	45
Ventas a la red	154.522	55
Total	281.907	100

Tabla 21: Características de la producción en la zona interurbana para el año 2021.

Producción	kWh/año	%
PV	224.340	80
Compras de la red	57.567	20
Total	281.907	100

El porcentaje de energía vendida a la red disminuye con los años, así pues, para el año 2030, toda la energía producida con los paneles solares se utilizaría para satisfacer la demanda ya que esta es mucho más grande que la producción (Tablas 22 y 23). De hecho, se tendría que comprar un 78% de la energía consumida.

Tabla 22: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2030.

Consumo	kWh/año	%
Carga	1.002.290	100
Ventas a la red	0	0
Total	1.002.290	100

Tabla 23: Características de la producción en la zona interurbana para el año 2030.

Producción	kWh/año	%
PV	224.307	22
Compras de la red	777.983	78
Total	1.002.290	100

En las ilustraciones 67 y 68, se puede consultar numérica y gráficamente la producción y consumo por meses en 2021. Los meses de verano se sitúan como los más rentables mientras que los de invierno producen mucha menos energía. El balance anual es negativo, es decir, se produce más energía de la que se necesita.

Sin embargo, como se puede comprobar en las ilustraciones 69 y 70, no ocurre lo mismo para el año 2030. En este caso no se vende energía a la red en ningún mes y el balance es siempre positivo, es decir, se debe comprar energía de la red pero menos de la que se tendría que comprar en el caso de no tener el sistema fotovoltaico de apoyo.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	5,294	12,948	-7,654	53	656	22
Feb	5,385	9,555	-4,170	52	819	22
Mar	5,118	12,761	-7,643	53	653	21
Apr	4,186	14,423	-10,237	54	375	20
May	4,077	14,887	-10,810	54	355	21
Jun	3,517	15,011	-11,494	52	183	21
Jul	3,709	15,043	-11,333	51	248	20
Aug	3,917	14,717	-10,800	53	335	20
Sep	4,348	14,722	-10,374	53	363	21
Oct	5,469	12,331	-6,862	53	741	22
Nov	6,258	9,004	-2,746	54	1,029	22
Dec	6,289	9,120	-2,831	54	1,020	22
Annual	57,567	154,522	-96,955	54	6,778	255

Ilustración 67: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2021.

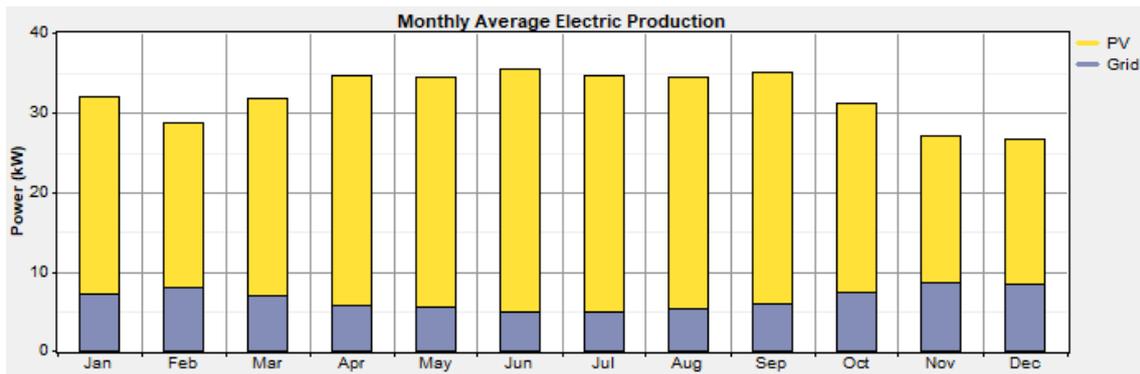


Ilustración 68: Producción mensual del sistema en el año 2021.

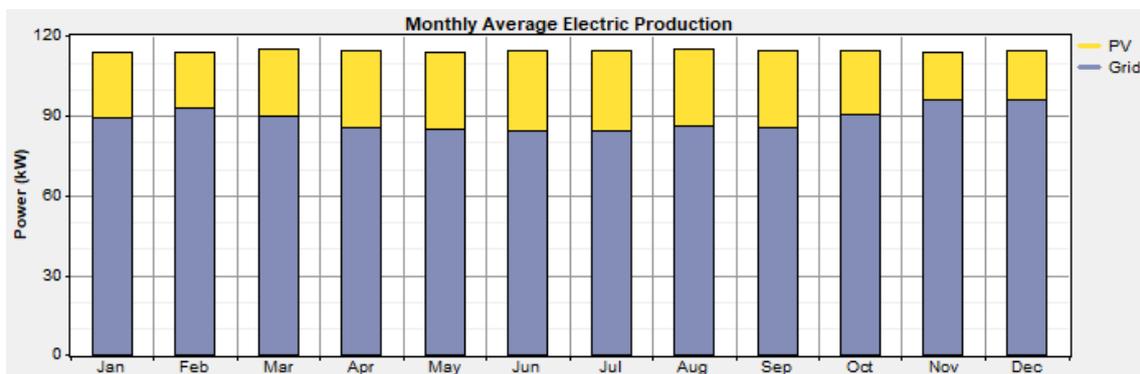


Ilustración 69: Producción mensual del sistema en el año 2030.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	66,480	0	66,480	268	14,278	112
Feb	62,614	6	62,608	300	13,298	111
Mar	66,988	9	66,979	287	14,252	110
Apr	61,739	8	61,731	279	13,038	107
May	63,201	4	63,197	253	13,715	105
Jun	60,509	0	60,509	265	12,836	106
Jul	62,903	2	62,901	255	13,402	105
Aug	64,079	4	64,074	256	13,883	106
Sep	61,700	0	61,700	269	12,763	109
Oct	67,401	0	67,401	265	14,486	111
Nov	68,952	0	68,952	274	14,701	111
Dec	71,418	0	71,418	260	14,855	110
Annual	777,983	33	777,950	300	165,506	1,303

Ilustración 70: Producción y consumo del sistema mensual en el año 2030.

Por último, cabe mencionar el ahorro de emisiones de efecto invernadero del proyecto. Para el año 2021, el proyecto global cubriría el 80% de la energía consumida de forma renovable, como se ha explicado previamente. Es decir, no solo se conseguiría cubrir la demanda energética del sistema de forma casi 100% renovable, sino que también se estaría contribuyendo a que parte de la producción nacional de energía fuera renovable.

Con el paso de los años y el aumento de la demanda energética de la electrolinera, el proyecto solo sería capaz de cubrir un 20% de forma renovable y dejaría de ser productor ya que el 100% de la energía generada la utilizaría para satisfacer la carga.

6.2.5. Análisis económico

Acompañado del balance energético, se requiere realizar un análisis económico. Como muestran las ilustraciones 65 y 66, la inversión inicial asciende a 115.642€. Este coste se va a ir amortizando a lo largo de los años, así pues, si la demanda energética del año 2021 se mantuviera constante se tardarían 5,88 años en recuperar la inversión (Tabla 24). Un valor bastante bajo para realizar una inversión pero es que además si comprobamos los resultados de payback con una carga constante e igual a la estimada para el año 2030, se puede comprobar como este baja hasta casi la mitad y se sitúa en 2,58 años (Tabla 25).

Los resultados indican que cubrir la superficie disponible con placas fotovoltaicas es la mejor opción para conseguir que una parte de la energía demandada se cubre de forma renovable. Además, esta opción es más barata que adquirir el 100% de la energía de la red. Al igual que para la zona extraurbana, se debe comentar que la rentabilidad del sistema es producto del alto coste que tiene la energía en España en comparación con el bajo coste de producción de energía mediante fuentes renovables.

Tabla 24: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2021.

Valor presente (€)	135.848
Valor anual (€/año)	10.627
ROI (%)	17
IRR (%)	16,7
Payback simple (años)	5,88
Payback compuesto (años)	7,47

Tabla 25: Características del consumo de la zona interurbana para el año 2030.

Valor presente (€)	458.348
Valor anual (€/año)	35.855
ROI (%)	38,8
IRR (%)	38,8
Payback simple (años)	2,58
Payback compuesto (años)	2,88

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En este apartado se explican las conclusiones obtenidas tras realizar el estudio.

Tras realizar la revisión bibliográfica se obtiene la primera conclusión y es que una reducción en la energía consumida por el transporte tendrá un gran impacto a nivel global ya que actualmente representa más de un tercio de toda la energía consumida en la UE.

La población mundial y demanda energética no para de aumentar a pesar de los avances en la eficiencia de los equipos, por lo que una de las soluciones al problema de la contaminación pasa por la movilidad sostenible, como el vehículo eléctrico. La movilidad eléctrica va a diferentes velocidades en cada país, en el caso de España, está a la cola de la UE. Para poder aumentar el uso de estos transportes, hace falta una infraestructura de puntos de recarga por todo el país. Noruega, Países Bajos o Alemania son referentes en este aspecto. Los puntos de recarga evolucionan cada año, por lo que instalar puntos de recarga de 50 kWh no parece la mejor opción a largo plazo, por esta razón se cree que es mejor apostar por los de 100 kWh y quizá en el futuro se puedan sustituir por cargadores de mayor capacidad.

Con QGIS se han encontrado ubicaciones en la Comunidad Valenciana que son potencialmente viables para la instalación de una electrolinera de una manera rápida y que no requiere del desplazamiento y análisis previo de otras ubicaciones que no tengan criterio. Esta metodología permite agilizar el proceso de búsqueda de ubicaciones potenciales para la instalación de electrolineras y puede aplicarse a otras ubicaciones como centros comerciales, naves industriales, pabellones deportivos, polígonos industriales, etc...

Como era de esperar, en zonas extraurbanas se ha detectado que hay potencial para ubicar puntos de recarga en gasolineras que se encuentran en carreteras principales, sin obstáculos y con velocidades del viento elevada, teniendo más potencial los sistemas eólicos frente a los solares fotovoltaicos, pero siendo los eólicos más caros. Una combinación de ambos sistemas aumenta la fiabilidad y el potencial de autoconsumo. Por otro lado, en las zonas urbanas se han detectado que existe potencial para la instalación de energía fotovoltaica como apoyo, siendo siempre un porcentaje de la energía consumida y nunca siendo capaz de autoabastecer en un porcentaje significativo (cercano al 100%).

La precisión de esta metodología está directamente relacionada con la cantidad y calidad de hipótesis establecidas. En este proyecto se han establecido tres hipótesis, pero se pueden añadir más como otros tipos de infraestructuras, número de coches o población en la zona, zonas donde se permite instalar paneles solares o aerogeneradores, etc...

Uno de los mayores problemas que tiene esta metodología es encontrar los datos de las ubicaciones mencionadas previamente en un formato con el que se pueda trabajar en el

software de información geográfica, pero tanto un organismo público como una empresa privada tienen más recursos que los que se han tenido para la realización de este TFM, por lo que se espera que esta dificultad no sea determinante y se convierta en un mero trámite.

Los resultados obtenidos con QGIS serían mejores, si se consiguieran mapas ráster de las zonas donde está permitida legalmente la instalación de cada tipo de energía renovable. Durante la realización de este proyecto, no ha sido posible encontrar ni generar dichos mapas.

La metodología es útil, ya que tras realizar las simulaciones de los distintos escenarios con HOMER, se han obtenido costes menores que la opción de consumir la energía directamente de la red eléctrica, paybacks relativamente pequeños y porcentajes de energía renovables mejores que los actuales (actualmente cero en las ubicaciones seleccionadas). Es decir, los proyectos son técnica, económica y medioambientalmente viables actualmente por lo que ayudarían al desarrollo del vehículo eléctrico.

La inversión inicial de un sistema de producción de energía solar o eólica es difícil de calcular con precisión ya que depende de cada proyecto en particular. En este caso se han utilizado valores de proyectos previos conocidos.

Los costes de los sistemas de generación de energía renovable se reducen cada año, por lo que se espera que tanto los costes calculados como los paybacks sean menores de lo esperado en el futuro. Sin embargo, cabe mencionar que las inversiones iniciales son relativamente grandes para los casos donde existe energía eólica.

Para las zonas interurbanas, la instalación de placas solares se establece como la única opción viable que permite que una parte de la energía consumida sea verde pero nunca será un porcentaje significativo por la falta de espacio para la instalación de paneles solares y el aumento de la demanda eléctrica. Aún así, sin duda merecen la pena tanto medioambiental como económicamente.

Por otro lado, en las zonas extraurbanas se puede cubrir casi la totalidad de la energía demandada actualmente gracias a la instalación de aerogeneradores. Con el paso del tiempo, el porcentaje de energía renovable disminuirá debido al aumento de la demanda energética. Muy probablemente, lo más rentable sea diseñar una instalación rentable para la demanda actual e incrementar el número de aerogeneradores, instalando uno adicional, cuando la demanda energética sea tal que la viabilidad económica del aerogenerador sea positiva y el payback un valor razonable.

CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA

¿Cuántos puntos de recarga de vehículos eléctricos hay en España? (2020). Available at: <https://mipuntoderecarga.com/cuantos-coches-electricos-hay-en-espana/> (Accessed: 10 May 2021).

ACEA (2021) 'ACEA report 2021 Vehicles in use Europe', p. 21. Available at: <https://www.acea.be/uploads/publications/report-vehicles-in-use-europe-january-2021.pdf> (Accessed: 10 May 2021).

AEMA (2001) *El transporte resulta cada vez más nocivo para el medio ambiente europeo — Agencia Europea de Medio Ambiente*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/TERM-2001-es> (Accessed: 10 May 2021).

AEMA (2020) *Transporte — Agencia Europea de Medio Ambiente*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/transport/intro> (Accessed: 4 May 2021).

AEMA (2021) *Vehículos eléctricos: una elección inteligente para el medio ambiente — Agencia Europea de Medio Ambiente*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/es/articles/vehiculos-electricos-una-eleccion-inteligente> (Accessed: 11 May 2021).

Aragón, E. de (2018) 'Qué necesito saber sobre modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico', *Movilidad Eléctrica*. Available at: <https://movilidadelectrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/> (Accessed: 12 May 2021).

Creutzig, F. *et al.* (2015) 'Transport: A roadblock to climate change mitigation?', *Science*, 350(6263), pp. 911–912. doi: 10.1126/science.aac8033.

DGT (2017) *Análisis sobre los kilómetros anotados en las ITV*. Available at: <https://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/infografias/analisis-km-itv.shtml> (Accessed: 9 June 2021).

DGT (2019) *Mapa de Tráfico de la DGC. Año 2019*. Available at: <https://mapas.fomento.gob.es/mapatrafico/2019/> (Accessed: 23 June 2021).

Enair (2021) *Calcula la producción eólica y solar con un solo click*. Available at: <https://www.enair.es/es/app> (Accessed: 29 June 2021).

European Alternative Fuels Observatory (2020) *Passenger cars | EAFO*. Available at: <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1#> (Accessed: 11 May 2021).

European Commission (2017) *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, Photovoltaic Geographical Information System*. Available at: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP (Accessed: 29 August 2021).

EUROSTAT (2020) *Archive:Estadísticas de energía renovable - Statistics Explained*. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es&oldid=483592 (Accessed: 10 May 2021).

Falchetta, G. and Noussan, M. (2021) 'Electric vehicle charging network in Europe: An

accessibility and deployment trends analysis', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 94, p. 102813. doi: 10.1016/j.trd.2021.102813.

García, F. (2021) *Cuatro ventajas y siete desventajas del coche eléctrico en España | Medio Ambiente*. Available at: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/02/05/601b9c98fc6c83f6428b4604.html> (Accessed: 11 May 2021).

de la Torre, A. (2019) *¿Cuántos coches eléctricos hay de verdad en España?* Available at: <https://www.autopista.es/moove/articulo/cuantos-coches-electricos-hay-de-verdad-en-espana> (Accessed: 10 May 2021).

Lilienthal, P., Gilman, P. and Renné, J. (2004) *oHOMER, el modelo de optimización de micro energía. (Spanish version of HOMER: The Micropower Optimization Model fact sheet)*. Available at: <http://www.nrel.gov/homer> (Accessed: 12 May 2021).

Lopez, N. (2020) *Los países europeos con más y menos puntos de carga*. Available at: <https://movilidadelectrica.com/paises-con-mas-menos-puntos-carga-europa/> (Accessed: 11 May 2021).

Lugenergy.com (2021) *Modos de recarga Coches Eléctricos | Modo 1, 2, 3 y 4*. Available at: <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/> (Accessed: 12 May 2021).

Martinez, J. (2021) *Estas son las curvas de carga de los coches eléctricos más vendidos | forococheselectricos*. Available at: <https://forococheselectricos.com/2019/08/estas-son-las-curvas-de-carga-de-los-coches-electricos-mas-vendidos.html> (Accessed: 12 May 2021).

Ministerio de Transportes, M. y A. U. (2018) *(No Title)*. Available at: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/Mapas_de_trafico/mapa_imd_2018.pdf (Accessed: 10 May 2021).

Minue (2020) '¿Merece la pena el coche eléctrico? Aquí tienes una calculadora para comprobarlo', *Xataka*, pp. 1–67. Available at: <https://www.xataka.com/automovil/merece-pena-coche-electrico-aqui-tienes-calculadora-para-comprobarlo-1> (Accessed: 11 May 2021).

Molina, C. (2019) 'El Gobierno fija un objetivo de cinco millones de coches eléctricos para 2030', *El País*. Available at: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/11/07/companias/1573126240_005911.html (Accessed: 23 June 2021).

Movilidadelectricazaragoza.es (2021) *Normativa - Movilidad Eléctrica Zaragoza*. Available at: <https://movilidadelectricazaragoza.es/normativa/> (Accessed: 12 May 2021).

Noussan, M. and Tagliapietra, S. (2020) 'The effect of digitalization in the energy consumption of passenger transport: An analysis of future scenarios for Europe', *Journal of Cleaner Production*, 258, p. 120926. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120926.

Power, T. W. (2018) *Vestas V60/850 - Fabricantes y aerogeneradores*. Available at: https://www.thewindpower.net/turbine_es_113_vestas_v60-850.php (Accessed: 23 June 2021).

Del Real Martín, J. (2019) *Normativa de las gasolineras (UE, estatal y comunidades autónomas)*. Available at: <https://www.consumoteca.com/motor/normativa-de-las-gasolineras/> (Accessed: 12 May 2021).

REE (2021) *Análisis | ESIOS electricidad · datos · transparencia*. Available at: https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?vis=1&start_date=09-06-2021T00%3A00&end_date=10-06-2021T23%3A00&compare_start_date=09-06-2020T00%3A00&groupby=hour (Accessed: 29 June 2021).

Reul, J., Grube, T. and Stolten, D. (2021) 'Urban transportation at an inflection point: An analysis of potential influencing factors', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, p. 102733. doi: 10.1016/j.trd.2021.102733.

UE (2021) *Transportes | Unión Europea*. Available at: https://europa.eu/european-union/topics/transport_es (Accessed: 11 May 2021).

Valencia, A. de (2020) *Intensidad de tráfico Enero 2020*. Available at: <https://www.valencia.es/documents/20142//232631//0504-2020-01%282%29.pdf/89b3efaa-4556-a4b7-5b36-bc8997233069> (Accessed: 29 June 2021).

Vargas, V. (2017) 'Un coche de 20 años contamina tanto como 36 nuevos', *El Periódico*. Available at: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20170303/coche-veinte-anos-contamina-treintaiseis-nuevos-5871759> (Accessed: 10 May 2021).

Xu, L. *et al.* (2020) 'Greenhouse gas emissions of electric vehicles in Europe considering different charging strategies', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, p. 102534. doi: 10.1016/j.trd.2020.102534.

II. PRESUPUESTOS

PRESUPUESTOS

1. Necesidad del presupuesto

En este capítulo se presentan los presupuestos de la instalación extraurbana (Tabla 26), la instalación interurbana (Tabla 27) y el estudio realizado (Tabla 28). Todo proyecto o estudio realizado tiene una serie de costes que se pueden y deben presupuestar para aclarar su viabilidad. En el caso de que una empresa privada o un organismo público quisiera tomar la decisión de emprender en un proyecto como el estudiado en este TFM, el presupuesto le permitirá tener una visión del panorama financiero al que se enfrenta y le ayudará a la toma de decisiones posteriores.

El presupuesto que se muestra en este estudio no es tan detallado como el realizado en un diseño de sistema de generación de energía porque en este caso se ha realizado solo un dimensionamiento. La razón por la que se ha realizado un dimensionamiento y no un diseño es porque el tema principal del TFM es el estudio de las ubicaciones óptimas para la instalación de electrolineras autoabastecidas y no el diseño de una de ellas.

2. Contenido

Tabla 26: Presupuesto para la zona extraurbana.

Componente	Uds	Precio unitario (€)	Precio por W (€)	Total (€)
Sistema fotovoltaico (I.V.A incl.)	1			180.000
Paneles solares	358	96,8	0,176	34.654
Inversor	1			9.131
Otros*	-			136.215
Sistema eólico* (I.V.A incl.)	1			850.000
Total del sistema				1.030.000
O&M anual	1			29.500

*Correspondiente a conductores, protecciones, puesta a tierra, punto de conexión de la instalación, planos, mano de obra, etc...

La inversión inicial es grande en el caso de la electrolinera extraurbana, un millón treinta mil euros. Por otro lado, el payback se estima menor de 10 años por lo que la inversión merece la pena para una gran empresa o el sector público, teniendo en cuenta el crecimiento del vehículo eléctrico en España.

En cuanto a la electrolinera interurbana, la inversión inicial es de tan sólo 115.642 € y el payback menor de seis años, por esta razón se considera una inversión rentable y segura ya que es técnica, económica y medioambientalmente beneficiosa.

Tabla 27: Presupuesto para la zona interurbana.

Componente	Uds	Precio unitario (€)	Precio por W (€)	Total (€)
Sistema fotovoltaico (I.V.A incl.)	1			115.642
Paneles solares	358	96,8	0,176	22.264
Inversor	1			6.727
Otros*	-			86.651
Total del sistema				115.642
O&M anual	1			2.500

*Correspondiente a conductores, protecciones, puesta a tierra, punto de conexión de la instalación, planos, mano de obra, etc...

Tabla 28: Presupuesto del estudio realizado.

Componente	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Horas de trabajo del ingeniero	750	30	22.500
Material de oficina	1	2.250	2.250
Softwares			840
QGIS	1	0	0
HOMER	1	840 (anual)	840
Total sin I.V.A.			25.590
Total (I.V.A. incluido)			30.964

Por último, se presenta el análisis económico del estudio realizado en la Tabla 28. Este estudio se ha realizado con materiales disponibles para el estudiante por lo que el coste global lo marca

principalmente las horas del ingeniero. Sin embargo, para conseguir resultados más complejos y precisos se pudo invertir en softwares más profesionales y en comprar información de mapas ráster para agilizar el proceso de búsqueda de ubicaciones potencialmente rentables para la instalación de electrolineras.

III. ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Infraestructura de recarga eléctrica pública en España por provincias. Fuente: GeoTab.com.

Infraestructura de recarga eléctrica pública en España

Grado de implantación de los puntos de recarga eléctrica públicos en los principales municipios de España y de las comunidades autónomas

Puntos de recarga eléctrica por Km²



Densidad de población del municipio



Porcentaje de turismos matriculados con certificado de 0 emisiones



Fuentes:
Puntos de recarga eléctrica públicos: electromaps.com
Densidad de población del municipio: INE
Porcentaje de turismos matriculados con certificado de 0 emisiones: DGT

© 2019 Geotab GmbH. Todos los derechos reservados.
Para más información sobre la movilidad eléctrica, visite <https://www.geotab.com/es/la-evolucion-de-la-movilidad>

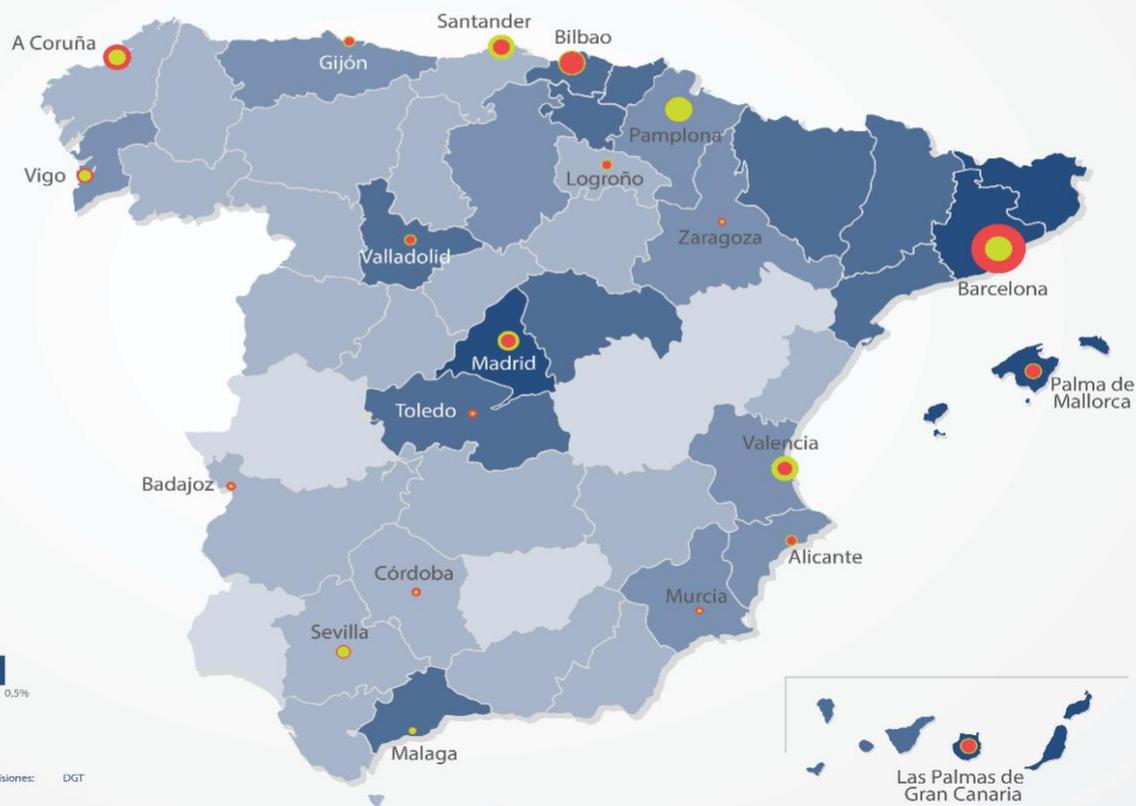


Ilustración 71: Infraestructura de recarga eléctrica pública en España por provincias. Fuente: GeoTab.com.

Anexo 2. Radiación solar media diaria.

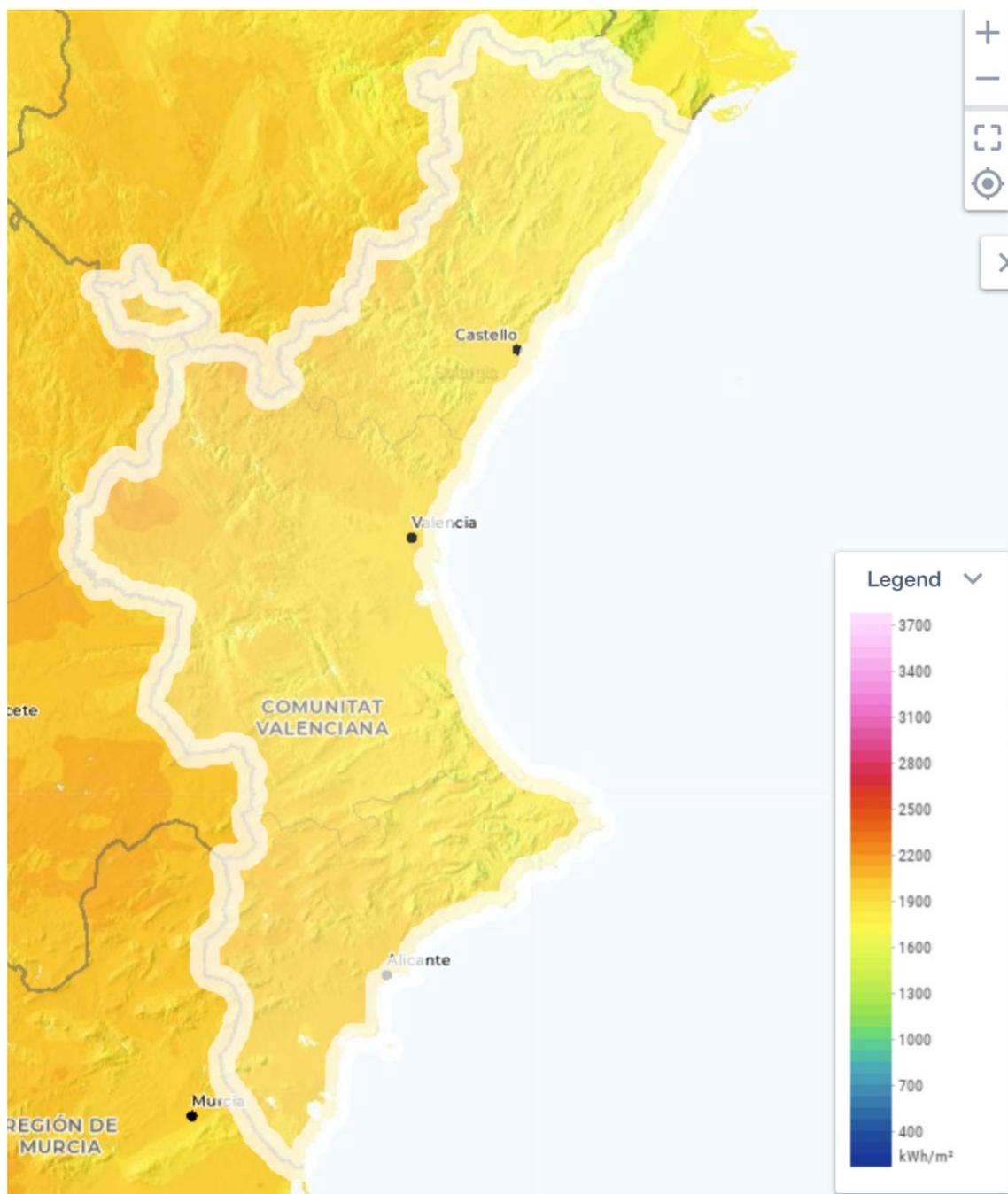


Ilustración 72: Radiación solar directa de la Comunidad Valenciana (kWh/m²). Fuente: Global Solar Atlas.

Anexo 3. Zonas de mayor potencial solar.

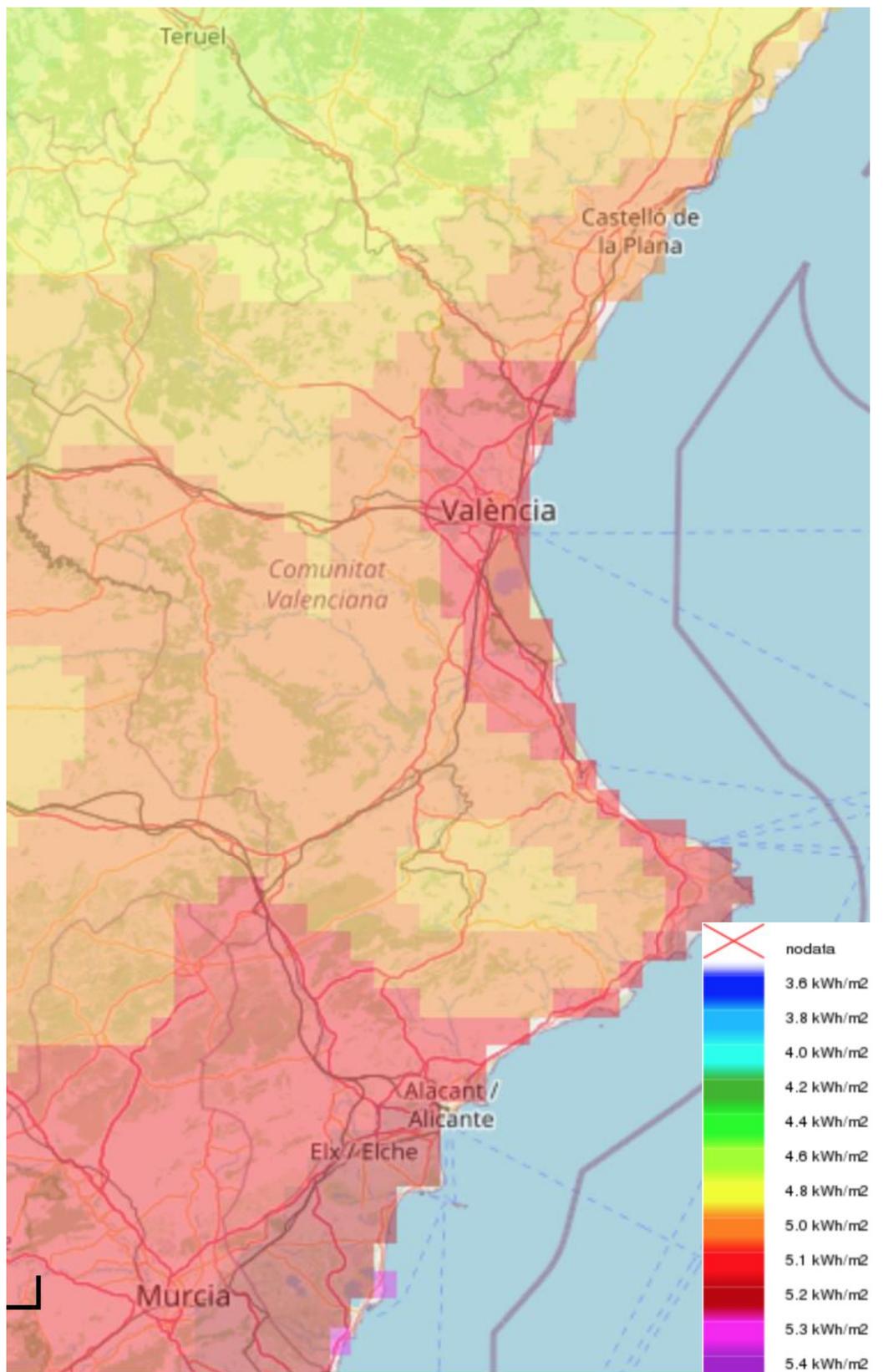
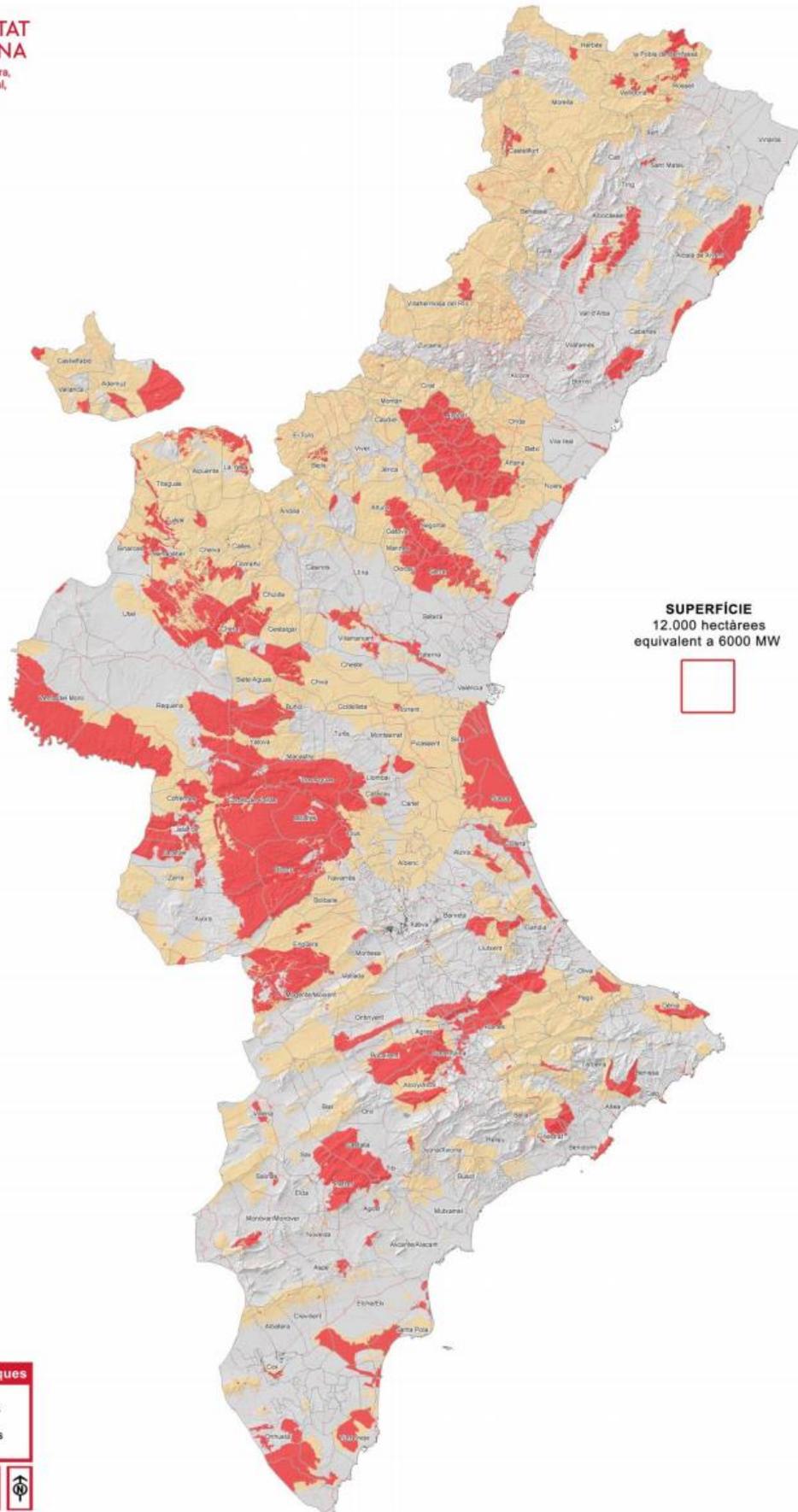


Ilustración 73: Zonas de mayor radiación en la Comunidad Valenciana. Fuente: ADRASE.

Anexo 4. Zonas donde se permite la instalación de energía fotovoltaica.



Anexo 5. Velocidad del viento a 100 metros del suelo.

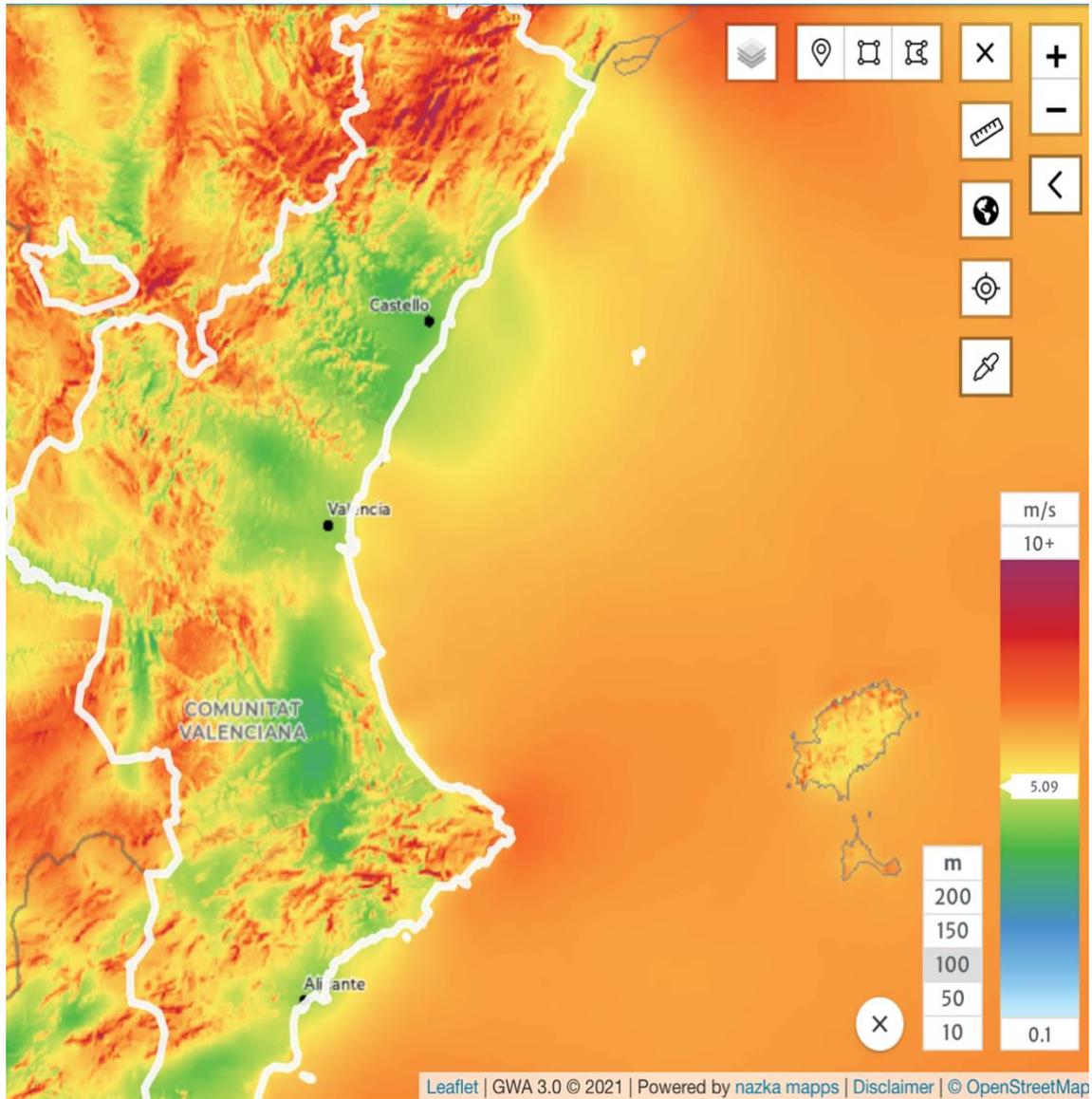
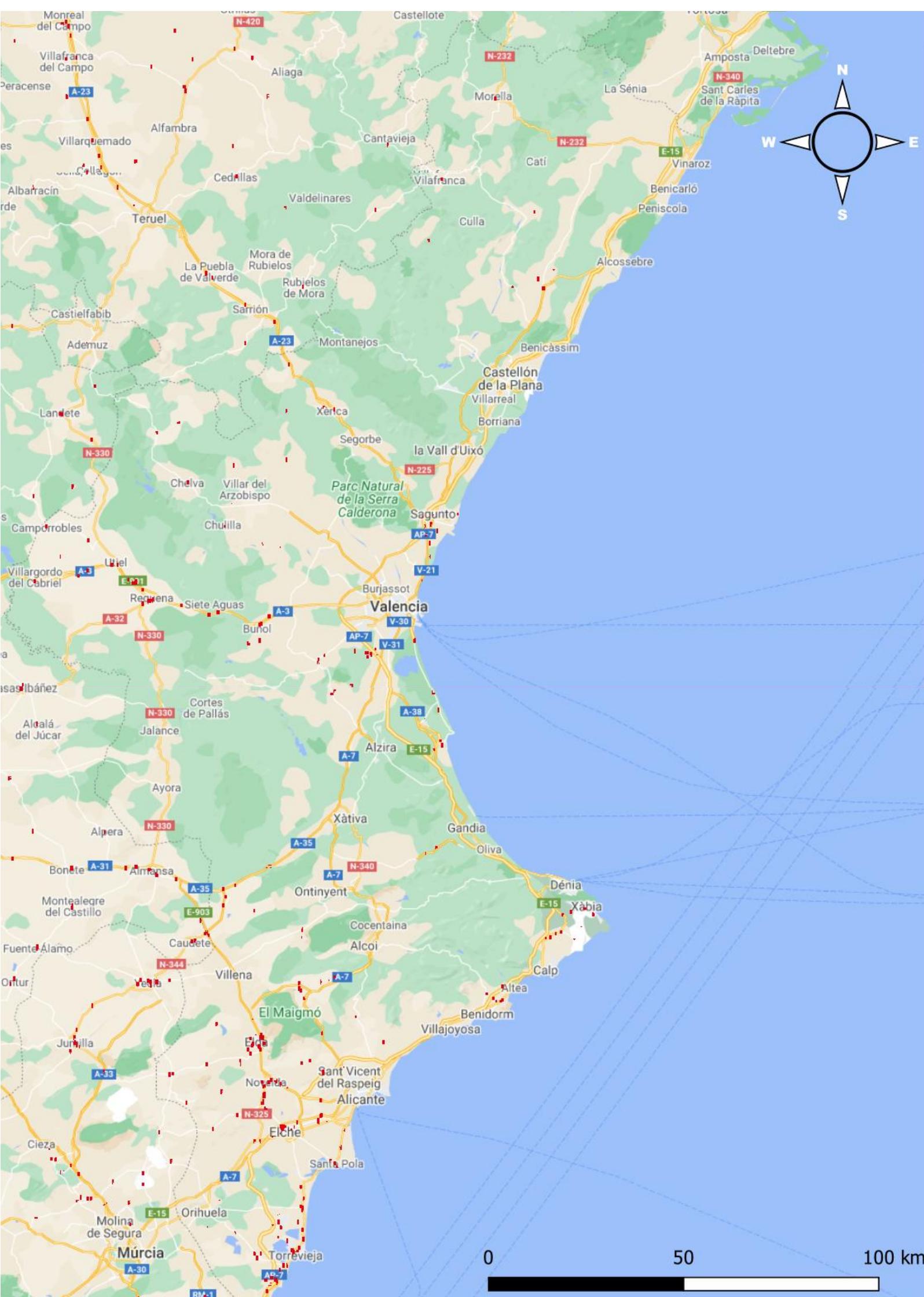
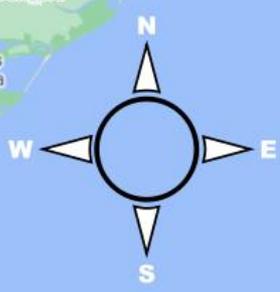
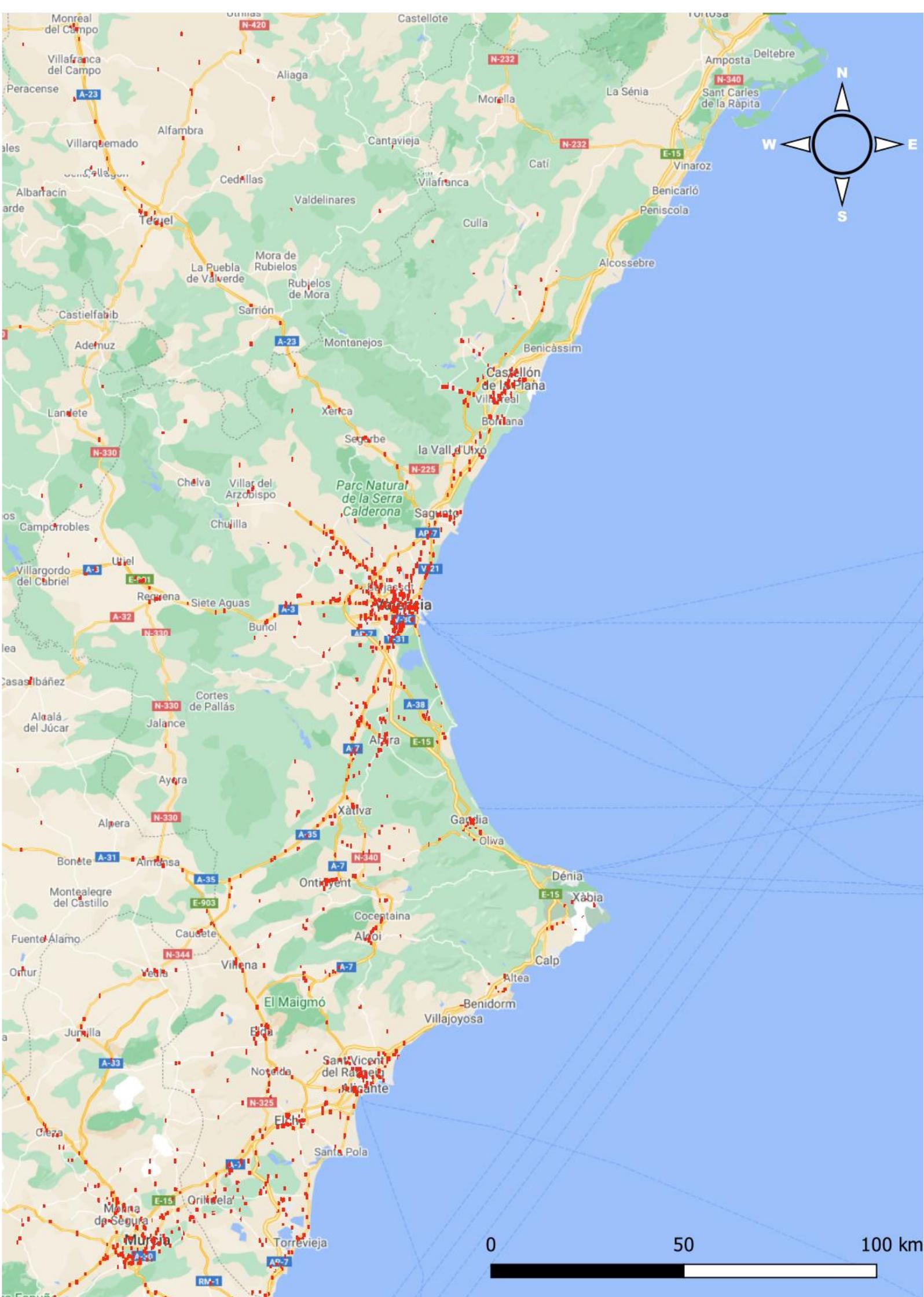


Ilustración 74: Velocidad del viento en la Comunidad Valenciana (m/s). Fuente: Global Wind Atlas.

Anexo 7. Mapa con las potenciales zonas para la instalación de electrolinerías autoabastecidas.



Anexo 8. Mapa con las potenciales zonas para la instalación de electrolineras autoabastecidas en zonas extraurbanas.



Anexo 9. Ficha técnica de Placa solar INE-MONO-9MA 550W.

INE-MONO-9MA

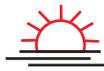
530-550

ENDURING HIGH
PERFORMANCE



LOW ELECTRICITY GENERATION COSTS

Higher yield per surface area, lower BOS costs, higher power classes, and an efficiency rate of up to 21.31%.



INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY

Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behaviour.



ENDURING HIGH PERFORMANCE

Long-term yield security with Anti LID Technology, Anti PID Technology¹, Hot-Spot Protect and Traceable Quality.



EXTREME WEATHER RATING

High-tech aluminium alloy frame, certified for high snow (5400Pa) and wind loads (2400Pa).



A RELIABLE INVESTMENT

Inclusive 12-year product warranty and 25-year linear performance warranty.



STATE OF THE ART MODULE TECHNOLOGY

INE combines cutting edge cell separation and innovative wiring with INE Technology.

THE IDEAL SOLUTION FOR:



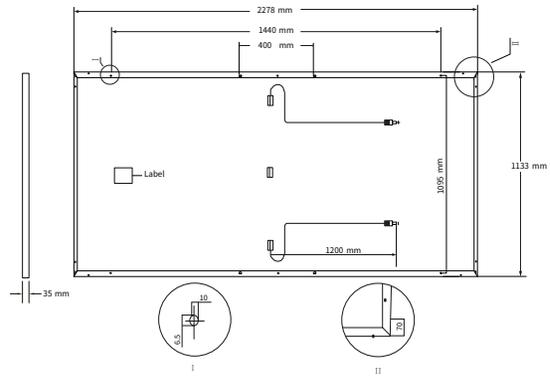
Rooftop arrays on commercial/industrial buildings



Ground-mounted solar power plants

MECHANICAL SPECIFICATION

Format	2278mm×1133mm×35mm
Weight	28kg
Front Cover	3.2mm Anti-reflective, AR Coated and Heat Tempered Solar Glass
Back Cover	Composite film
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy(Black Available)
Cell	6*24 Mono PERC 182*91mm solar half cells
Junction box	IP 68 rated
Cable	Photovoltaic Technology cable 4.0mm ²
Connector	MC4 Compatible



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ELECTRICAL DATA @NOCT		INE-530-9MA	INE-535-9MA	INE-540-9MA	INE-545-9MA	INE-550-9MA
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC ¹ (POWER TOLERANCE +5 W / -0 W)						
Power at MPP	$P_{MPP}(W)$	530	535	540	545	550
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	13.79	13.87	13.96	14.04	14.13
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	49.02	49.18	49.34	49.5	49.65
Current at MPP	$I_{MPP}(A)$	13.1	13.18	13.26	13.34	13.42
Voltage at MPP	$V_{MPP}(V)$	40.47	40.6	40.73	40.86	40.99
Efficiency	$\eta_m(\%)$	20.54	20.73	20.93	21.12	21.31

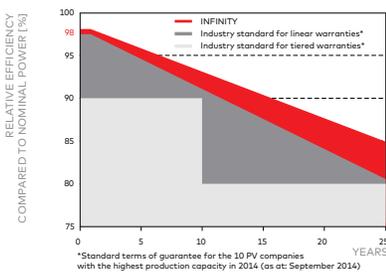
STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
Average efficiency reduction of 4.5% at 200W/m² according to EN 60904-1

MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NMOT

Power at MPP	$P_{MPP}(W)$	394	398	401	405	409
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	11.14	11.2	11.27	11.34	11.41
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	46.27	46.42	46.58	46.73	46.87
Current at MPP	$I_{MPP}(A)$	10.48	10.54	10.6	10.67	10.73
Voltage at MPP	$V_{MPP}(V)$	37.65	37.77	37.89	38.02	38.14

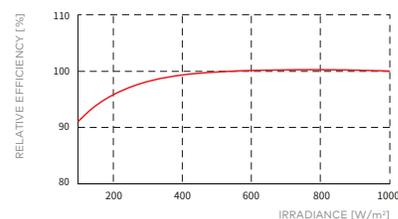
NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

KTECH PERFORMANCE WARRANTY



At least 98% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.54% degradation per year. At least 93.1% of nominal power up to 10 years. At least 85% of nominal power up to 25 years.

All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the INE sales organisation of your respective country.



Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25°C, 1000W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficient of I_{SC}	α [%/K]	+0.04	Temperature Coefficient of V_{OC}	β [%/K]	-0.27
Temperature Coefficient of P_{MPP}	γ [%/K]	-0.36	Nominal Module Operating Temperature	NMOT [°C]	43±3

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

Maximum System Voltage	V_{SYS} [V]	1500 (IEC)/1500 (UL)	PV module classification	Class II
Maximum Reverse Current	I_R [A]	20	Fire Rating based on ANSI/UL 1703	C/TYPE 2
Max. Design Load, Push/Pull	[Pa]	3600 /1600	Permitted Module Temperature on Continuous Duty	-40°C - +85°C
Max. Test Load, Push/Pull	[Pa]	5400 /2400		

Note: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

KTECH SOLAR CO.,LTD

ADD No.8-1, Yan Feng Road, Huishan, Wuxi, Jiangsu, China 214000 | EMAIL sales@ktechsolar.com

WEB www.ktechsolar.com

KTECHTMSOLAR

Anexo 10. Ficha técnica de Inversor HUAWEI FusionSolar SUN2000.

SUN2000-100KTL-M1 Smart String Inverter



10
MPP. Seguidor



98.8% (@ 480V)
Max. Eficiencia



Gestión de
nivel de cadena



Diagnóstico inteligente
de curvas I-V admitido



MBUS
Soportado



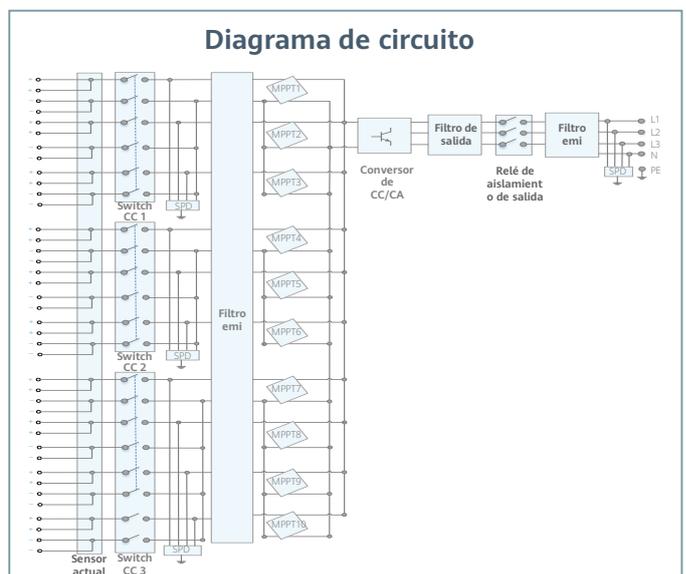
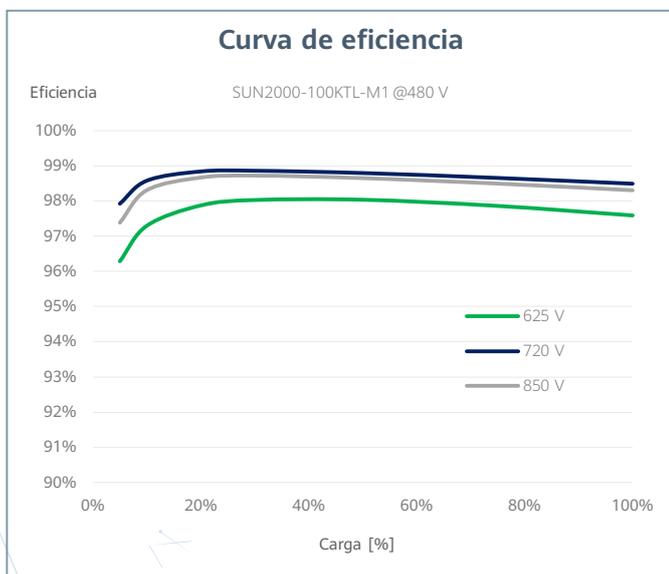
Diseño
Sin fusible



Protección contra rayos
Para DC y AC



IP66
Proteccion



Especificaciones técnicas	SUN2000-100KTL-M1
Eficiencia	
Máxima eficiencia	98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V
Eficiencia europea ponderada	98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V
Entrada	
Tensión máxima de entrada ¹	1,100 V
Corriente de entrada máxima por MPPT	26 A
Corriente de cortocircuito máxima	40 A
Tensión de arranque	200 V
Tensión de funcionamiento MPPT ²	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Cantidad de MPPTs	10
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2
Salida	
Potencia activa	100,000 W
Max. Potencia aparente de CA	110,000 VA
Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1)	110,000 W
Tensión nominal de salida	480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad nominal de salida	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. intensidad de salida	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo
Distorsión armónica total máxima	< 3%
Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Monitorización a nivel de string	Sí
Descargador de sobretensiones de CC	Type II
Descargador de sobretensiones de CA	Type II
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí
Monitorización de corriente residual	Sí
Comunicación	
Display	Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485	Sí
USB	Sí
Monitorización de BUS (MBUS)	Sí (transformador de aislamiento requerido)
Datos generales	
Dimensiones (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Peso (incluida ménsula de montaje)	90 kg
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C
Enfriamiento	Enfriamiento de aire inteligente
Max. Altitud de operación	4,000 m
Humedad de operación relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Staubli MC4
Conector CA	Terminal PG impermeable + conector OT/DT
Grado de protección	IP66
Topología	Sin transformador
Consumo de energía durante la noche	< 3.5 W

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Estándares de conexión a red eléctrica VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

* 1 El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

* 2 Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

Anexo 11. Información de Inversor Sofar 70000TL y 60000TL – SOFAR.



SOFAR 50k~70kTL

50000/ 60000/ 70000



Three-Phase

Three-MPPT



Super large 4-inch LCD



Fuse free design



Outdoor IP65 protection level



Built-in DRM port and logic



Sound and light alarm function



Max. efficiency up to 98.6%



DC SPD Class 2, over/under voltage, over current, over temperature, island and other multiple protections

Datasheet	SOFAR 50000TL	SOFAR 60000TL	SOFAR 70000TL-HV
Input (DC)			
Recommended Max. PV input power	66500Wp	79800Wp	93100Wp
Max DC power for single MPPT	22000W	22000W	26000W
	16000W	22000W	26000W
	16000W	22000W	26000W
Number of MPP trackers		3	
Number for DC inputs	4/3/3	4/4/4	4/4/4
Max. input voltage		1000V	
Start-up voltage		350V	
Rated input voltage	600V	600V	700V
MPPT operating voltage range		250V-950V	
Full power MPPT voltage range	530V-800V	530V-800V	660V-800V
Max. input MPPT current	40A/30A/30A	40A/40A/40A	40A/40A/40A
Max. input current per string		12A	
Maximum DC input short circuit current per MPPT	48A/36A/36A	48A	48A
Output (AC)			
Rated power	50000W	60000W	70000W
Max. AC power	50000VA	60000VA	75000VA
Max. Output current	80A	90A	90A
Nominal grid voltage	3/N/PE, 220/380Vac, 230/400Vac, 240/415Vac		3/N/PE or 3/PE, 277/480Vac
Grid voltage range	310Vac-480Vac (According to local standard)		422Vac-528Vac (According to local standard)
Nominal frequency		50/60Hz	
Grid Frequency range	45Hz-55Hz/54Hz-66Hz (According to local standard)		
Active power adjustable range		0~100%	
THDi		<3%	
Power factor		>0.99 (adjustable +/-0.8)	
Performance			
Max efficiency	98.5%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	98.3%	98.4%	98.4%
Self-consumption at night		<1W	
MPPT efficiency		>99.9%	
Protection			
DC reverse polarity protection		Yes	
DC switch		Yes	
Protection class/ overvoltage category		I/III	
Input/ output SPD(III)		PV: type II standard, AC: type II optional	
Safety protection		Anti islanding, RCMU, Ground fault monitoring	
ARPC		Anti reverse power controller (optional)	
Communication			
Power management unit		According to certification and request	
Standard communication mode		RS485, Wifi/Ethernet/GPRS(optional), SD card, Multi-function relay	
Operation data storage		25 years	
General Data			
Ambient temperature range		-25°C~+60°C	
Topology		Transformer-less	
Degree of protection		IP65	
Allowable relative humidity range		0~100%	
Max. operating altitude		4000m	
Noise		≤60dB	
Weight	68kg	70kg	70kg
Cooling		Fan	
Dimension		713*737*297mm	
Display		LCD display	
Warranty		5 years/ 7 years/ 10 years	
Standard			
EMC	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12		
Safety standards	IEC62109-1/2, IEC62116, IEC61727, IEC-61683, IEC60068(1,2,14,30)		
Grid standards	AS/NZS 4777, VDE V 0124-100, V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, BDEW, CEI 0-21/CEI 0-16, UNE 206 007-1, EN50549, G59, EN50530, NB/T32004		

