

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE
PUNTOS DE RECARGA PARA VEHICULOS
ELECTRICOS EN LA UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA**

**(Feasibility of the implementation of charging
points for electric vehicles at the University of
Cantabria)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Miriam Rodríguez Vega

Junio - 2025

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE GRÁFICAS.....	8
ACRÓNIMOS	9
RESUMEN	10
SUMMARY	11
ADECUACIÓN DEL TFG AL ODS.....	12
1 MOTIVACIÓN	14
2 INTRODUCCIÓN.....	15
2.1 CAMBIO CLIMÁTICO	15
2.2 COCHES ELÉCTRICOS.....	17
2.3 ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	18
2.3.1 Energía solar a lo largo de los años	18
2.3.2 Funcionamiento de las placas solares	20
2.4 APARCAMIENTOS DE LA UC	21
3 OBJETIVOS.....	24
4 MARCO LEGISLATIVO	25
5 SOLUCIONES TECNOLÓGICAS.....	30
5.1 TIPOS DE MARQUESINAS.....	30
5.1.1 Marquesinas PVS-R.....	31
5.1.2 Marquesina PVS	33
5.1.3 Marquesina PVM.....	36
5.1.4 Marquesina PVT.....	37
5.2 ELEMENTOS PARA CARGA.....	41
5.2.1 Paneles solares.....	42
5.2.2 Módulo de protección	43
5.2.3 Controlador de carga.....	44
5.2.4 Baterías	45
5.2.5 Inversores.....	46
5.2.6 Cableado al vehículo.....	47
6 APLICACIÓN A LA UC.....	49
6.1 UBICACIÓN DE LAS PLAZAS DE CARGA.....	49

6.1.1	Hipótesis A	50
6.1.2	Hipótesis B	54
6.1.3	Hipótesis C	70
6.2	POTENCIA NECESARIA PARA ALIMENTAR LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	71
7	PROPUESTA ECONÓMICA	77
8	CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	80
9	BIBLIOGRAFÍA.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la temperatura media anual en España 1971-2018 (Fuente: Fundación Matrix [2]).....	15
Figura 2. Acciones para combatir el cambio climático (Fuente: Selectra [3])	16
Figura 3 .Gráfica de evolución de automóviles eléctricos en España entre 2014 y 2022 (Fuente: Wikipedia [6])	18
Figura 4. Previsión Europa energía solar 2023-2027(Fuente: PV magazine [10]) ..	20
Figura 5. Funcionamiento de una celda solar fotovoltaica (Fuente: Mi Kitsolar [12])	21
Figura 6. Campus de las llamas Santander (Fuente: Google Earth).....	22
Figura 7. Facultad Técnica Superior de Náutica UC (Fuente: Google Earth).....	22
Figura 8. Facultad de Medicina y Enfermería UC (Fuente: Google Earth)	22
Figura 9. Campus Torrelavega UC (Fuente: Google Earth)	23
Figura 10. Esquema 1b: instalación colectiva troncal (Fuente: ITC-BT 52).....	27
Figura 11. Marquesina con tejado inclinado y dos apoyos (Fuente: Aplitech [18]) ..	31
Figura 12. Vista lateral marquesina PVS- R (Fuente: Aplitech [15])	32
Figura 13. Estructura PVS2-R para dos coches (Fuente: Aplitech [19]).....	33
Figura 14. Marquesina PVS2 (Fuente: Aplitech [20])	34
Figura 15. Vista lateral PVS4 (Fuente: Aplitech [20])	34
Figura 16. Estructura PVS para dos coches (Fuente: Aplitech [20])	35
Figura 17. Vista lateral PVM1 (Fuente: Aplitech [21]).....	36
Figura 18. Vista lateral PVM2 (Fuente: Aplitech [21]).....	37
Figura 19. Estructura PVM para dos coches (Fuente: Aplitech [21]).....	37
Figura 20. Vista lateral marquesina PVT0 (Fuente: Aplitech [22])	38
Figura 21. Vista lateral marquesina PVT1 (Fuente: Aplitech [22])	39
Figura 22. Vista lateral marquesina PVT2 (Fuente: Aplitech [22])	39
Figura 23. Vistas laterales marquesinas PVT6 (Fuente: Aplitech [22]).....	40
Figura 24. Estructura PVT para dos coches (Fuente: Aplitech [22]).....	41
Figura 25. Conexiones en función del lugar y del tipo de carga (Fuente: Xataca [35])	49
Figura 26. Pines de la conexión del coche eléctrico (Fuente: EcoFactor [36])	49
Figura 27. Áreas de aparcamiento en el centro del campus (Fuente: GoogleMaps)	51

Figura 28. Imagen descriptiva de las plazas con marquesina y cargador (Fuente: Chatgpt)	51
Figura 29. Panorámica del aparcamiento opción A.1 (Fuente: elaboración propia) .	53
Figura 30. Panorámica aparcamiento opción A.2 (Fuente: elaboración propia)	53
Figura 31. Plazas aparcamiento de la Facultad de Educación (Fuente: GoogleMaps)	55
Figura 32. Puntos que analizar en el aparcamiento de la Facultad de Educación (Fuente: GoogleMaps)	55
Figura 33. Descripción del trabajo de campo (Fuente: elaboración propia)	56
Figura 34. Punto 1 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)	58
Figura 35. Punto 1 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)	58
Figura 36. Punto 1 Facultad de Educación NE (Fuente: elaboración propia)	59
Figura 37. Punto 1 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)	59
Figura 38. Punto 2 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)	62
Figura 39. Punto 2 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)	62
Figura 40. Punto 2 Facultad de Educación NE (Fuente: elaboración propia)	63
Figura 41. Punto 3 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)	63
Figura 42. Punto 3 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)	65
Figura 43. Punto 3 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)	66
Figura 44. Punto 3 Educación NE (Fuente: elaboración propia)	66
Figura 45. Punto 3 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)	67
Figura 46. Marquesinas aparcamiento Educación (Fuente: Chatgpt)	68
Figura 47. Horas de luz en Santander en 2025 (Fuente: Weather Park [41])	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aparcamientos de los edificios de la UC (Fuente: Datos UC).....	24
Tabla 2. Características marquesina PVS-R (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)	33
Tabla 3. Características Marquesinas PVS (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)	35
Tabla 4. Características Marquesina PVT (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)	41
Tabla 5. Número de plazas por zona de aparcamiento hipótesis A (Fuente: elaboración propia).....	52
Tabla 6. Número de plazas por aparcamiento hipótesis B (Fuente: elaboración propia).....	54
Tabla 7. Datos ángulos punto 1 (Fuente: elaboración propia)	57
Tabla 8. Datos ángulos punto 2 (Fuente: elaboración propia)	61
Tabla 9. Datos ángulos punto 3 (Fuente: elaboración propia)	65
Tabla 10. Número de plazas por marquesina hipótesis B (Fuente: elaboración propia).....	68
Tabla 11. Plazas por zona de aparcamiento en la UC (Fuente: elaboración propia)	71
Tabla 12. Horas de luz en Santander por meses (Fuente: Weather Park [41])	73
Tabla 13. Días de apertura de la UC por meses (Fuente: elaboración propia).....	73
Tabla 14. Comparativas horas de consumo/horas de luz (Fuente: elaboración propia)	74
Tabla 15. Energía anual consumida por todos los cargadores (Fuente: elaboración propia).....	76
Tabla 16. Precio de las marquesinas en cada aparcamiento de la UC (Fuente: elaboración propia).....	78

ÍNDICE GRÁFICAS

Gráfica 1. Energías renovables en España 2024 (Fuente: Red Eléctrica [9])	19
Gráfica 2. Punto 1 Facultad de Educación (Fuente: elaboración propia)	60
Gráfica 3. Punto 2 Facultad de Educación (Fuente: elaboración propia)	64
Gráfica 4. Punto 3 Facultad de Educación (Fuente: elaboración propia)	67
Gráfica 5. Comparativas horas de consumo y horas de luz (Fuente: elaboración propia).....	75

ACRÓNIMOS

- UC - Universidad de Cantabria
- TFG – Trabajo de Fin de Grado
- PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System
- PVS, PVM, PVT – Tipos de marquesinas fotovoltaicas (nombres comerciales o similares)
- SPL – Sistema de Protección en Línea
- ITC-BT – Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- RD – Real Decreto
- ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible
- AGNU – Asamblea General de las Naciones Unidas

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en el estudio de viabilidad para la implementación de puntos de recarga para vehículos eléctricos alimentados mediante energía solar en la Universidad de Cantabria.

Durante el trabajo se comienza analizando el contexto actual desde el punto de vista del cambio climático, las limitaciones de las energías fósiles y el papel que juegan las energías renovables en la transición hacia un futuro verde. Posteriormente, se analiza la evolución y situación actual de los vehículos eléctricos en España y en Cantabria, así como las oportunidades que ofrece la energía solar fotovoltaica como fuente limpia, ilimitada y en constante crecimiento.

A continuación, se estudian los diferentes aparcamientos disponibles en el campus universitario, y se evalúa el cumplimiento del marco legislativo vigente que regula la obligatoriedad de instalar puntos de recarga en instalaciones públicas. Además, se analizan diversas soluciones tecnológicas disponibles en el mercado, tanto en términos de marquesinas fotovoltaicas como de componentes eléctricos necesarios para la captación, transformación y distribución de la energía hasta el vehículo.

El estudio se completa con el desarrollo de diferentes propuestas de implantación, evaluando aspectos técnicos, espaciales, normativos y energéticos. Finalmente, se plantea una estimación general de costes que servirá para poner más realidad al proyecto como punto de partida para futuras fases de diseño y ejecución. Este trabajo pretende servir como base para un proyecto real de movilidad sostenible en el entorno universitario, y como ejemplo de integración entre tecnología, energía limpia y compromiso ambiental.

SUMMARY

This Bachelor's Thesis focuses on the feasibility study for the implementation of electric vehicle charging stations powered by solar energy at the University of Cantabria.

The project begins with an analysis of the current context from the perspective of climate change, the limitations of fossil fuels, and the role of renewable energy in the transition toward a green future. It then examines the evolution and current state of electric vehicles in Spain and in the region of Cantabria, as well as the opportunities offered by photovoltaic solar energy as a clean, unlimited, and continuously growing power source.

Next, the study explores the various parking areas available on the university campus and assesses compliance with the current legislative framework that mandates the installation of charging stations in public facilities. Additionally, several technological solutions available on the market are analyzed, including both photovoltaic canopies and the electrical components necessary for the collection, transformation, and distribution of energy to vehicles.

The study concludes with the development of various implementation proposals, evaluating technical, spatial, regulatory, and energy-related aspects. Finally, a general cost estimate is presented to ground the project and serve as a starting point for future design and execution phases. This work aims to serve as a foundation for a real sustainable mobility project within the university environment and as an example of integration between technology, clean energy, and environmental commitment.

ADECUACIÓN DEL TFG AL ODS

En el año 2015, la AGNU aprobó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, este proyecto tenía como objetivo crear un plan de acción global que tiene como metas principales erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar el progreso óptimo de la sociedad. Esta agenda se forma alrededor de 17 objetivos y 169 metas, que abordan diferentes temas que son relevantes para acometer los objetivos anteriores.

En este contexto, los proyectos académicos y de investigación, como los TFG, deben alinearse con este proyecto, integrando criterios de sostenibilidad en su planteamiento, desarrollo y aplicación. A continuación, se van a exponer los objetivos y metas que se van a tocar en este trabajo y que se encuentran relacionados con este proyecto medioambiental.

ODS 7. Energía asequible y no contaminante.

El proyecto se basa en el uso de energía solar fotovoltaica como fuente primaria para recargar vehículos eléctricos, promoviendo fuentes de energía renovables y sostenibles.

ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.

En este trabajo se fomenta el uso de movilidad sostenible mediante la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en un entorno universitario, lo cual puede ser una práctica beneficiosa para el medioambiente.

ODS 12. Producción y consumo responsable.

Este trabajo apuesta por un sistema de transporte menos contaminante y por el uso responsable de recursos energéticos. Hablando también del ciclo de vida de los vehículos eléctricos, especialmente de sus baterías.

ODS 13. Acción por el clima.

El trabajo nace con el objetivo ambiental de combatir el cambio climático reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de vehículo eléctrico alimentado con energía solar.

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura

En el trabajo se ha expuesto un claro ejemplo de una infraestructura innovadora, la marquesina con placas solares en su cubierta para la carga de vehículos eléctricos.

En resumen, este TFG se alinea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible. A través de una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos se contribuye al cambio hacia un futuro más limpio y sostenible [1].

1 MOTIVACIÓN

Cuando comencé el grado de Ingeniería Industrial no era consciente de la relevancia que tienen las energías renovables. A lo largo de los años había escuchado hablar sobre las energías no renovables, generando esto en mí una inquietud constante por saber qué ocurriría cuando estas energías se agoten.

Este interés me llevó a orientar mi formación hacia este ámbito durante mi etapa universitaria, llevándome a elegir en el último curso asignaturas opcionales relacionadas con la sostenibilidad y las energías limpias. Para dar por concluidos mis estudios de grado he decidido realizar este estudio de viabilidad, que no solo me va a acercar a la realidad de las aplicaciones renovables, sino también profundizar en los distintos elementos que intervienen en el proceso de forma detallada.

El objetivo de este trabajo es explorar cómo es posible cargar vehículos eléctricos mediante sistemas basados en placas solares y acercarnos a la realidad de realizar un proyecto. La idea de implantar este proyecto en la Universidad no solo es una solución tecnológica atractiva, sino que también refleja el camino hacia un futuro más respetuoso con el medio ambiente, más eficiente energéticamente y menos dependiente de fuentes contaminantes.

Con este trabajo quiero aportar mi granito de arena al desarrollo de soluciones sostenibles, y continuar aprendiendo sobre un campo que, sin duda, será clave en las próximas décadas.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es la alteración de la temperatura de la Tierra a lo largo de los años. Este cambio puede originarse por alteraciones físicas debidas a fenómenos meteorológicos como precipitaciones, vientos, volcanes... Pero el principal motivo de este aumento se debe a la acción humana, especialmente a la emisión de gases de efecto invernadero derivados del uso de combustibles fósiles [2].

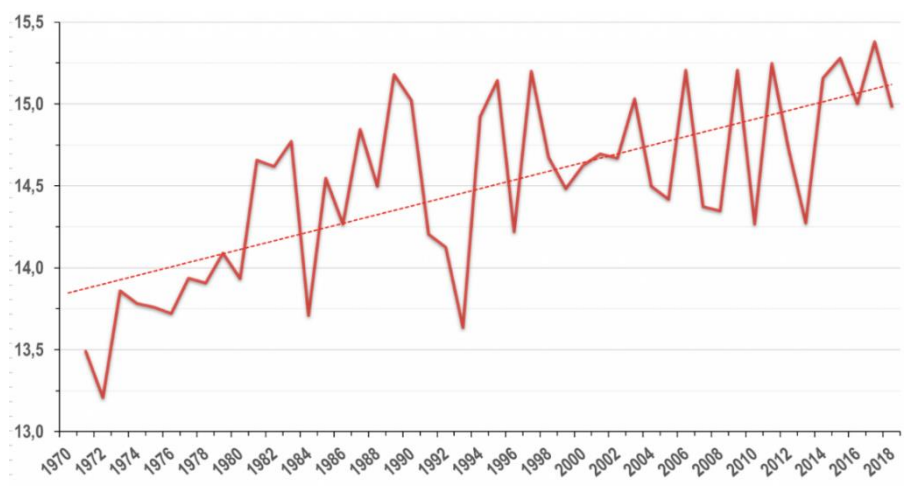


Figura 1. Evolución de la temperatura media anual en España 1971-2018 (Fuente: Fundación Matrix [3])

Estas acciones provocan el deshielo de los polos y los glaciares, lo que conlleva un aumento notable del nivel del mar y la aparición de fenómenos meteorológicos extremos como pueden ser los huracanes, las sequías o las tormentas. Todas estas consecuencias pueden ser peligrosas para la vida en la Tierra, por lo que debemos en gran medida reducir su impacto. Si esto no ocurre, podría haber consecuencias irreparables que harían que la vida en el planeta Tierra fuera imposible por sus altas temperaturas y climas adversos.

Las alteraciones físicas son incontrolables, pero en cambio todas las acciones provocadas por los humanos pueden ser reducidas o eliminadas haciendo uso de tecnologías o actuando de forma responsable.



Figura 2. Acciones para combatir el cambio climático (Fuente: Selectra [4])

Gracias al avance de la tecnología, se han implementado métodos para sustituir acciones que son perjudiciales para el medio ambiente. Un claro ejemplo son las energías sostenibles, que reducen el uso de fuentes no renovables y la contaminación asociada a su extracción y transformación. En su lugar se han desarrollado tecnologías verdes como la energía eólica, mareomotriz, solar, hidroeléctrica... Éstas captan la energía de fuentes renovables y su transformación en energías útiles no implica agentes contaminantes para el planeta.

Otro de los aspectos clave en los que se están desarrollando soluciones tecnológicas y estrategias sostenibles, es el transporte. Éste es uno de los principales culpables del cambio climático debido a la elevada emisión de gases de efecto invernadero que son perjudiciales para la capa de ozono. Si la capa de ozono se deteriora la Tierra estará más expuesta a las radiaciones solares y esto hará que las temperaturas aumenten, provocando consecuencias negativas para la salud humana y los ecosistemas.

Para evitar o disminuir la emisión de gases de efecto invernadero se han promovido medidas como el transporte público, el fomento de la movilidad verde o la transición hacia vehículos eléctricos. El desarrollo de estos vehículos se ha acelerado en los últimos años, pero todavía queda mucho por investigar. Aunque estos no emiten gases contaminantes durante su funcionamiento, su proceso de fabricación requiere

minerales como litio, níquel, cobalto y cobre, cuya extracción daña el ecosistema. Por ello, es crucial considerar todo su ciclo de vida para evaluar su verdadero impacto. Aunque se están investigando formas de solucionarlo, la fabricación y la desintegración de sus baterías sigue siendo un desafío sin resolver [5].

En conclusión, aunque se están tomando medidas importantes para evitar que sigan aumentando los daños causados por los humanos a la Tierra, todavía queda un largo camino por investigar y poder frenar el problema tan importante que es el cambio climático.

2.2 COCHES ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos representan una de las tecnologías más estudiadas en la actualidad, ya que es una de las alternativas con más futuro para frenar el cambio climático. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, aún queda mucho por trabajar.

Aunque es un tema de la actualidad, la historia del coche eléctrico se remonta a la época de 1880. De hecho, los primeros coches fueron eléctricos, pero la aparición de los coches de combustión interna y el bajo coste del combustible propició el declive de los coches eléctricos.

Debido a la subida del precio del combustible en la década de los setenta se volvió a investigar, sin embargo, su precio seguía siendo elevado, siendo más viable la compra de vehículos de gasolina.

Finalmente, a comienzos del siglo XXI los gobiernos comenzaron a dar ayudas para incentivar su uso. Gracias a estos incentivos la compra de coches eléctricos ha aumentado notablemente en los últimos años. Hoy en día los coches eléctricos son notablemente más silenciosos que los de combustión interna y son más respetuosos con el medio ambiente. Pero, sobre todo, lo que más preocupa a la población es que el precio del petróleo sigue aumentando y su obtención es limitada, por lo que en un futuro no muy lejano el uso de vehículos eléctricos va a ser estrictamente necesario.

En España durante los últimos 10 años ha aumentado notablemente la venta de coches eléctricos. En 2014 se matricularon apenas 1036 coches eléctricos, en cambio durante el último año esta cifra fue de 54.421 unidades que es un 7% de las ventas de coches en España. Además de coches también durante los últimos años se han matriculado en España 10.000 furgonetas, 800 camiones y 700 autobuses [6].

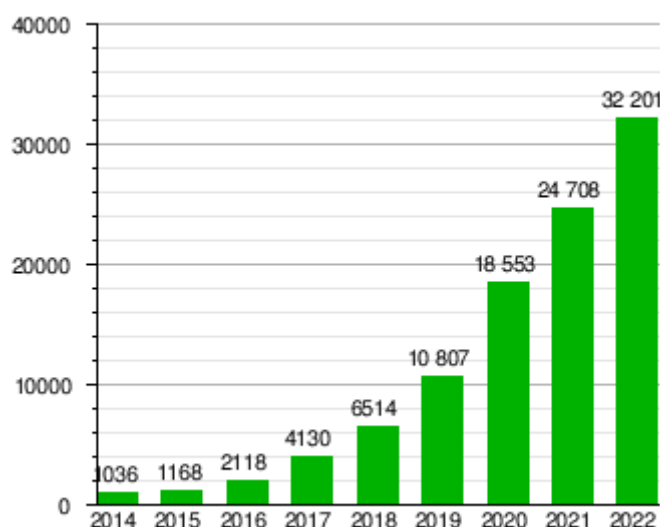


Figura 3 .Gráfica de evolución de automóviles eléctricos en España entre 2014 y 2022 (Fuente: Wikipedia [7])

Aunque el crecimiento es muy positivo, todavía estamos muy alejados de lo que es necesario para que el impacto en el cambio climático sea notable.

Si nos centramos en Cantabria, durante los últimos años la movilidad eléctrica ha aumentado en esta comunidad. En 2024 se matricularon en la región 830 vehículos eléctricos lo que supone un crecimiento de 25,38% frente el año anterior. Sin embargo, las infraestructuras para la carga de coches eléctricos en Cantabria aún son escasas, lo que representa una desventaja a la hora de plantearse comprar un coche eléctrico [8].

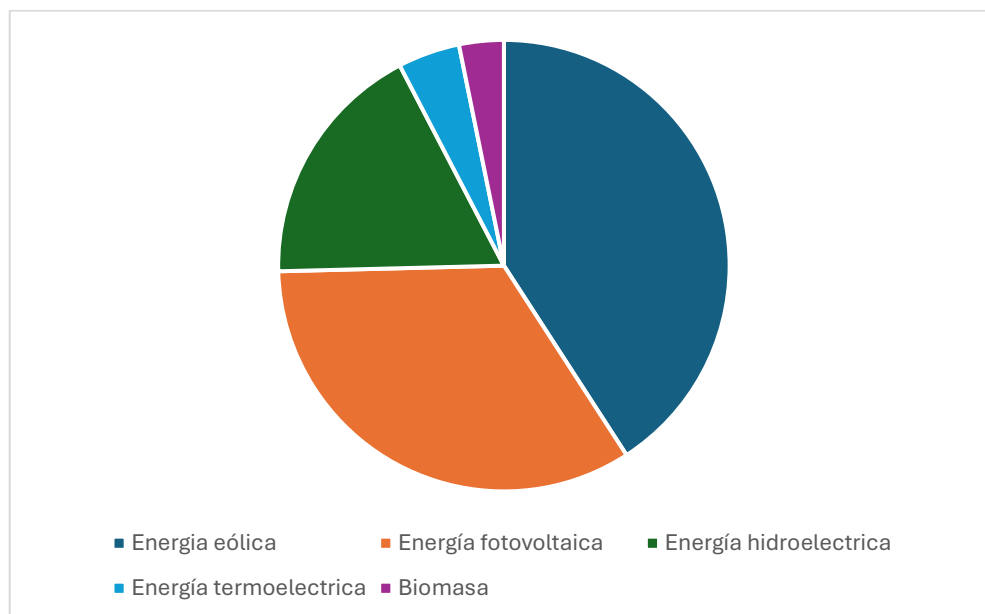
2.3 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

2.3.1 Energía solar a lo largo de los años

Otra de las tecnologías que pueden frenar el cambio climático son las energías renovables. Éstas obtienen energía de fuentes naturales evitando utilizar agentes contaminantes. El principio de las energías renovables se remonta a la prehistoria cuando se utilizaba el fuego para obtener luz y calor. Hay muchos otros ejemplos a lo largo de la historia en los que se utilizaban energías renovables, como los molinos de viento que utilizaban la fuerza del viento para moler el trigo o los molinos de agua [9].

Las energías renovables como las conocemos hoy en día se desarrollaron notablemente durante la década de los setenta cuando se generalizó la preocupación por la limitada disponibilidad de las energías no renovables, esto impulsó la búsqueda de alternativas que las sustituyeran.

En el caso de España, la energía eólica es la principal energía renovable, seguida por la energía solar. Sin embargo, el crecimiento de la energía solar es mayor que la eólica debido a la abundancia de horas de sol y las reducciones de costo de la tecnología. En la actualidad, la energía solar representa alrededor del 10-12% de la generación de electricidad en España.



Gráfica 1. Energías renovables en España 2024 (Fuente: Red Eléctrica [10])

Edmond Becquerel, un físico francés, en el año 1839 descubrió la energía fotovoltaica. Este físico, probó que ciertos materiales producían corriente eléctrica estaban expuestos a la luz. Posteriormente, Albert Einstein estudió el efecto fotoeléctrico en 1905 dando las claves para que en 1954 se pudiera crear la primera celda solar de silicio.

No fue hasta el año 1990, con el aumento del interés de las energías renovables, cuando se desarrolló notablemente la producción de placas solares, convirtiéndose hoy en día en una tecnología clave para un futuro energético sostenible. Durante el último año ha aumentado un 28% la instalación de placas fotovoltaicas en España, que es la mayor cifra en los registros.

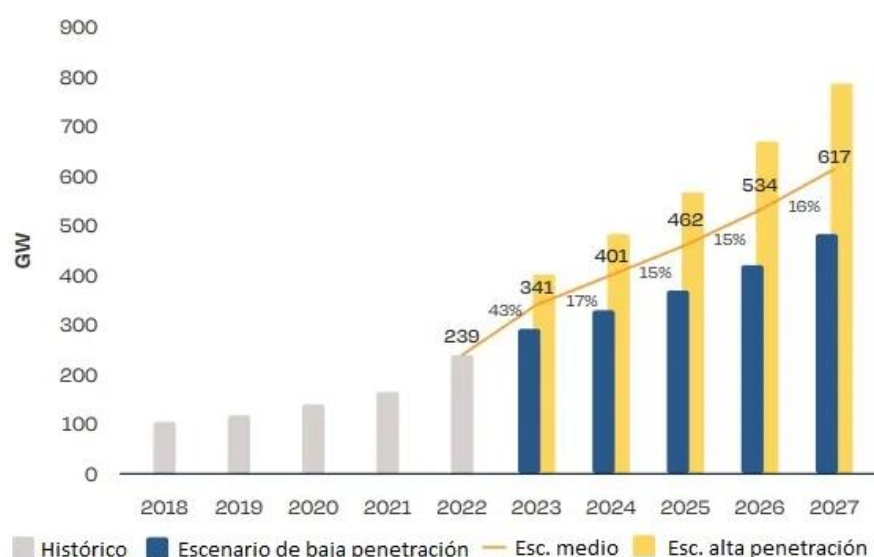


Figura 4. Previsión Europa energía solar 2023-2027(Fuente: PV magazine [11])

2.3.2 Funcionamiento de las placas solares

Las placas solares pueden ser de tres tipos: fotovoltaicas, térmicas e híbridas.

Las placas fotovoltaicas son aquellas que convierten la energía solar en electricidad, las placas térmicas convierten la energía solar en calor y las placas híbridas combinan ambos tipos y consiguiendo tanto energía eléctrica como térmica.

Las placas solares fotovoltaicas están formadas por células fotovoltaicas que son capaces de transformar la luz solar en electricidad. Están hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio que absorben la luz solar. Una vez que han absorbido la energía

de los fotones, los electrones de los átomos de silicio en las células solares adquieren la suficiente energía para liberarse de sus átomos dejando un hueco y un electrón libre. El campo eléctrico de las células solares empuja a los electrones liberados hacia el lado negativo de la célula y los huecos hacia el lado positivo. Los electrones fluyen a través del circuito externo desde el lado negativo al positivo generando corriente continua [12].

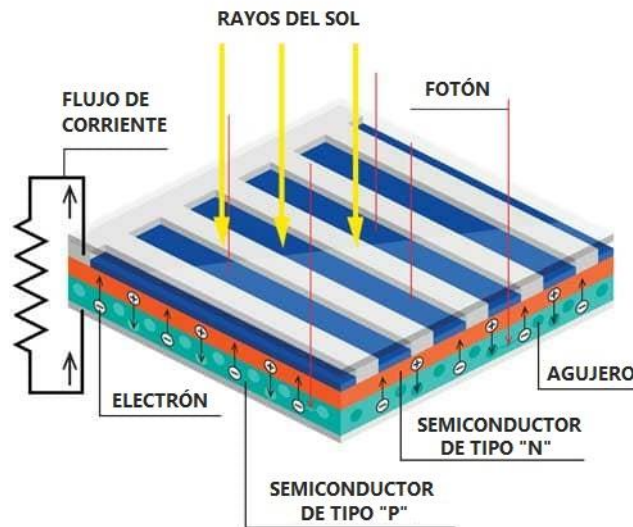


Figura 5. Funcionamiento de una celda solar fotovoltaica (Fuente: Mi Kitsolar [13])

2.4 APARCAMIENTOS DE LA UC

La universidad de Cantabria se encuentra en Santander y está compuesta por 15 centros que están distribuidos en 3 campus: Santander, Torrelavega y Comillas [14].

El campus de Santander (Las Llamas) cuenta con 8 facultades:

- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones
- Facultad de Ciencias
- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
- Facultad de Derecho
- Facultad de Educación

- Facultad de Filosofía y letras
- Unidad Docente de Ingeniería Ambiental



Figura 6. Campus de las Llamas Santander (Fuente: Google Earth)

Facultades distribuidas por Santander:

- Escuela Técnica Superior de Náutica
- Facultad de Medicina
- Facultad de Enfermería
- Escuela Universitaria de Turismo Altamira (centro adscrito)



Figura 8. Facultad de Medicina y Enfermería UC (Fuente: Google Earth)

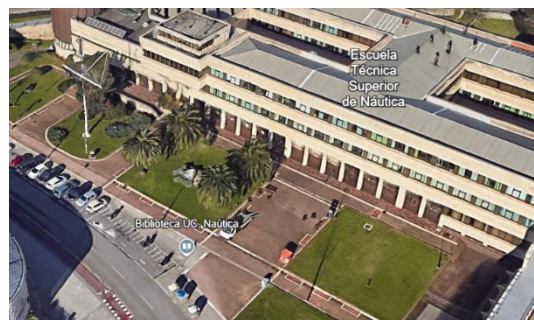


Figura 7. Facultad Técnica Superior de Náutica UC (Fuente: Google Earth)

Campus de Torrelavega:

- Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía
- Escuela Universitaria de Fisioterapia Gimbernat-Cantabria (centro adscrito)

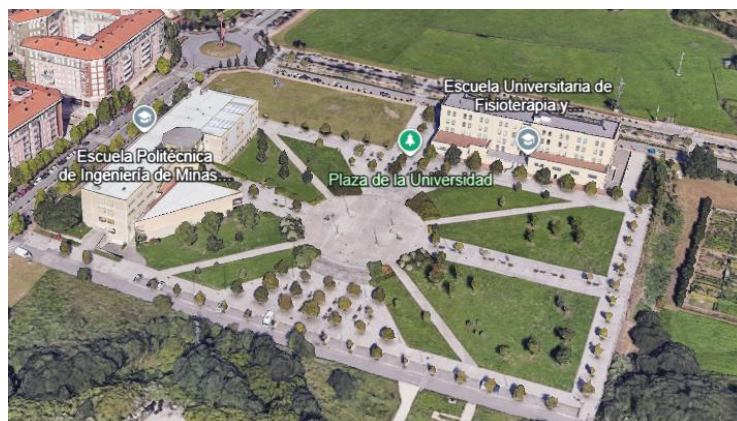


Figura 9. Campus Torrelavega UC (Fuente: Google Earth)

Campus de Comillas:

- Centro de estudios del español (centro adscrito)

En el estudio que se va a realizar, se analizará el campus de las llamas de la Universidad de Cantabria.

Cada una de las facultades tiene su propio aparcamiento y los edificios de administración también disponen de su propio aparcamiento. A continuación se muestra la distribución de plazas de cada centro.

APARCAMIENTOS DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA						
EDIFICIOS	LIBRES	CON BARRERA	RESERV.	DISCAPAC.	CARGA DESC.	TOTAL
<i>F.Ciencias</i>	93	39		5		137
<i>Caminos</i>	99	46		1	1	147
<i>Ing.Telecomun.</i>				2		2
<i>Politécnico</i>		113		3	2	118
<i>Derecho-Econ</i>	354	103		4		461
<i>Interfacultativo</i>	88	23		3	1	115
<i>Filología</i>	19					19
<i>Instituto de Física</i>	12			1		13
<i>Polideportivo</i>	10					10
<i>Pabellón del gobierno</i>		52	12	1	1	66
<i>Detrás pabellón de gobierno</i>	98			1		99

<i>Lateral entre pabellón Gov. e interfacultativo</i>	33				1	34
<i>Detrás polideportivo</i>	182					182
<i>Total</i>	1039	584	31	27	9	1403

Tabla 1. Aparcamientos de los edificios de la UC (Fuente: Datos UC)

Aunque muchos alumnos y profesores acuden a la universidad en transporte público, el coche sigue siendo el transporte principal para llegar a la universidad. Los aparcamientos deben adaptarse a las necesidades de todos los usuarios, al igual que son necesarios aparcamientos para personas con movilidad reducida, son necesarios aparcamientos para todo tipo de vehículos, también para coches eléctricos. La universidad de Cantabria todavía no cuenta con aparcamientos de este tipo. Según el Real Decreto-ley 1053/2014 [15] se establece que todos los edificios no residenciales existentes con más de 20 plazas deben instalar una plaza para la carga de los coches eléctricos por cada 40 coches.

3 OBJETIVOS

El principal objetivo de este proyecto es estudiar la viabilidad de instalar puntos de recarga para vehículos eléctricos en los aparcamientos de la UC, utilizando energía solar como fuente primaria. Para lograr este objetivo se deben estudiar diferentes aspectos como evaluar las necesidades de recarga, estudio de infraestructuras y diseño, análisis de la capacidad energética y eficiencia en la recarga.

En primer lugar, al evaluar las necesidades de recarga, se hará un recuento de las plazas de los aparcamientos de las facultades y se estimará el número de puntos de carga necesarios teniendo en cuenta el RD 1053/2014 que estipula el número de puntos de cargas necesarios para cada aparcamiento.

Además, se estudiará la infraestructura y el diseño para que sea un sistema eficiente de paneles solares instalados en marquesinas que cubran los aparcamientos, optimizando la captación de energía solar para abastecer a los puntos de recarga.

Por otro lado, haremos un análisis de la energía necesaria para cubrir la demanda de los cargadores de coches eléctricos.

Por último, otro de los objetivos es determinar si es necesario la instalación de cargadores rápidos o si los cargadores convencionales son suficientes, basándose en el tiempo medio de estancia de los vehículos en los aparcamientos y en la demanda de recarga de los usuarios.

En definitiva, este trabajo busca proponer una infraestructura de recarga eficiente y sostenible que se adapte a las necesidades energéticas y de movilidad de la comunidad universitaria.

4 MARCO LEGISLATIVO

Para este estudio se aplicarán varias leyes que vamos a describir a continuación.

Real decreto 1053/2014: es el decreto que se encarga de promover la movilidad sostenible y reducir las emisiones contaminantes, obligando a todos los aparcamientos públicos a tener un número determinado de cargadores para coches eléctricos. Podemos destacar los siguientes puntos de dicho decreto:

- En aparcamientos públicos y privados con más de 20 plazas, deberá instalarse un punto de carga por cada 40 plazas de estacionamiento.
- Se modifica el reglamento electrotécnico de baja tensión introduciendo una nueva Instrucción Técnica Complementaria, que establece los requisitos técnicos para la instalación de puntos de recarga en aparcamientos públicos y privados.
- Los edificios de nueva construcción deberán proveerse de la canalización necesaria para facilitar una futura instalación de puntos de carga.
- El decreto clasifica los tipos de recarga según el tipo de vehículo y el tiempo de recarga, lo que hará que las instalaciones se adapten a las necesidades con el nivel de potencia más adecuado.

Dentro del real decreto 1053/2014 nos centraremos en ITC BT-52 que se detallará más adelante [16].

Real Decreto-ley 29/2021: es el decreto que incluye medidas orientadas a mitigar el impacto de los altos precios de la energía en la economía, a fomentar la transición energética y a facilitar el despliegue de las energías renovables y alternativas. Dentro del decreto-ley podemos destacar lo siguiente:

- Facilidades para la implantación de energías renovables en instalaciones de pequeña escala. Esto se basa en agilizar los trámites y reducir sus costos, así como asesorar y ayudar a los interesados en la instalación.
- Existencia de un respaldo energético para los clientes, ya sea con centrales de respaldo o mediante el almacenamiento de energía para asegurar el suministro.
- Ayudas económicas para los particulares y empresas para la instalación de energías renovables.
- Ayudas para la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos, para así acelerar su implantación, incentivando el movimiento sostenible [17].

ITC-BT 52: Se trata de la guía técnica de infraestructuras para la recarga de coches eléctricos. Esta guía proporciona las indicaciones detalladas para la ejecución, diseño y legalización de las instalaciones eléctricas destinadas a la recarga de los vehículos eléctricos en espacios públicos y privados.

En el caso de nuevas instalaciones, como la instalación que se va a estudiar, se debe seguir alguno de los esquemas de conexión que se describen en la guía. Antes de llevar a cabo la ejecución, será imprescindible que el instalador o, en su defecto, el proyectista, elabore la correspondiente documentación técnica de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-04. En dicha documentación deberá especificarse claramente el esquema de conexión previsto para la instalación.

Los tipos de esquemas contemplados en el documento son los siguientes:

1. **Esquema colectivo o troncal**, con un contador principal situado en el origen de la instalación.

2. **Esquema individual**, en el que un único contador da servicio tanto a la vivienda como a la estación de recarga.
3. **Esquema individual con contador exclusivo**, en el que cada estación de recarga cuenta con su propio contador.
4. **Esquema con circuito adicional específico** para alimentar una o más estaciones de recarga de vehículos eléctricos.

Dentro de cada una de las opciones encontramos varios modelos de esquemas. Para el caso estudiado el modelo más adecuado es 1c, ya que este esquema es ideal para gestionar varios puntos desde un único control, además de ser compatible con la energía fotovoltaica. Por otro lado, es un sistema escalable, es decir, ampliable en un futuro. A diferencia del resto, este esquema es capaz de medir la energía suministrada para poder aplicar una cuota. En el caso de los esquemas 2 y 3 no pueden ser aplicados ya que son esquemas destinados a viviendas o contratos individuales. En cuanto al esquema 4, es más económico y sencillo, pero no integra un contador secundario para cobrar por el servicio, y esta opción puede ser necesaria para el servicio que se va a proponer en la universidad.

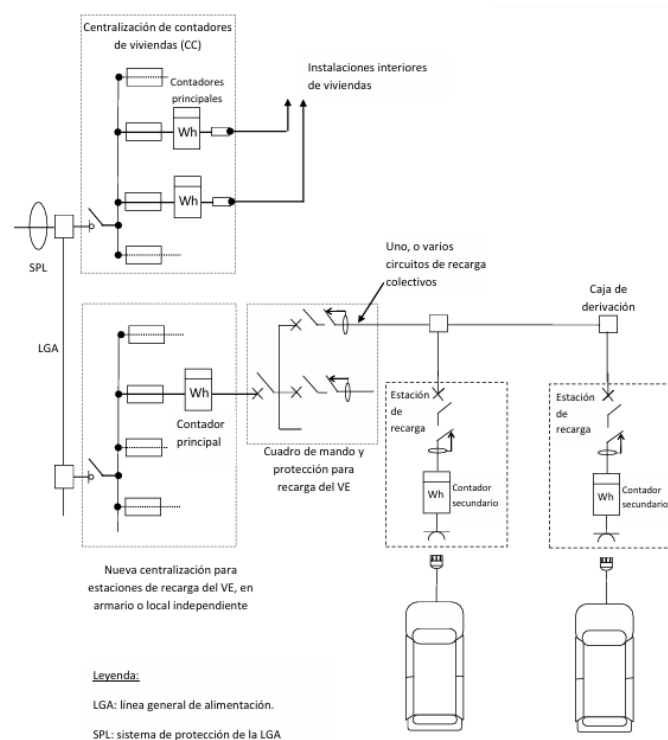


Figura 10. Esquema 1b: instalación colectiva troncal (Fuente: ITC-BT 52)

Aunque la guía se centra más en el suministro de energía desde la red convencional, los esquemas que detalla esta guía permiten el suministro mediante una fuente externa, como puede ser la energía solar.

Por otro lado, la guía establece los requisitos mínimos para poder poner en funcionamiento el sistema de manera legal:

- Debe estar diseñado por un técnico competente.
- Se deben cumplir las normas establecidas en el Reglamento de baja tensión, como las siguientes:
 - ITC-BT 40,17,18: Se establecen las normas básicas para instalaciones en zonas públicas en relación con la seguridad requerida.
 - ITC-BT 52: Se establecen las normas básicas para integrar la generación fotovoltaica en la red.
 - ITC-BT 56: Se define cómo deben ser las estaciones de carga, protecciones, tipos de enchufes, etc.
 - ITC-BT 28: Esta guía establece los tipos y secciones de los cables que se deben utilizar según la carga.

Dentro de la guía analizada, también se establece la potencia necesaria para recargar los vehículos eléctricos en función de la instalación eléctrica elegida.

- **Potencia para un esquema colectivo:** cómo se ha visto anteriormente, este sería el tipo de esquema elegido para el proyecto que se va a analizar.
 - Si hay sistema de protección en línea (SPL) se aplica un factor de simultaneidad de 0,3 sobre la potencia necesaria.

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + 0,3 \cdot P_5$$

- Si no hay SPL, se usa un factor de 1.

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

P_1 : carga correspondiente a las viviendas.

P2: carga correspondiente a los servicios generales.

P3: carga correspondiente a locales comerciales y oficinas.

P4: carga correspondiente a los garajes (sin contar las cargas de los vehículos).

P5: carga prevista para la recarga de los vehículos eléctricos.

Para el caso concreto que abarca el proyecto se pueden aplicar las siguientes fórmulas para calcular la potencia mínima necesaria en función de las plazas para vehículos eléctricos.

Para edificios residenciales: $P_{5\min} = 3,68kW \cdot N \cdot 1$

Para edificios de uso no residencial: $P_{5\min} = 3,68kW \cdot \frac{N}{40}$

N: Número de plazas de garaje consideradas.

La potencia típica de un punto de recarga es de 3,68 kW. El factor de simultaneidad es 1, ya que todos los puntos podrán funcionar a la vez.

- **Potencia para un esquema individual**
 - Se considera un factor de simultaneidad de 1.
- **Potencia para un esquema con circuito adicional específico**
 - Se considera un factor de simultaneidad de 1.

Para el proyecto analizado nos basaremos en la primera opción dónde se utilizará la potencia 5 que es la correspondiente para la carga de coches eléctricos. Aunque este apartado se podría aplicar al proyecto, todo lo descrito no es aplicable para la conexión de las estaciones de recarga a una energía externa. Durante el proyecto analizaremos cual es la mejor opción si alimentar las cargas mediante energía solar o utilizar la energía de la red de distribución.

Por último, esta guía establece los requisitos generales de la instalación para garantizar la seguridad, funcionalidad y eficiencia.

Alimentación:

- Determina cómo se debe alimentar la estación de recarga (desde la red o desde una fuente externa como la fotovoltaica). También detalla la importancia de que los inversores o baterías deban ser acordes a la potencia necesaria.

Sistemas de conexión del neutro:

- Se define cómo conectar el neutro dependiendo del tipo de red. Si se usa un sistema aislado con inversor, se debe emular correctamente el neutro.

Canalizaciones:

- Se establece dónde deben instalarse los cables, cuáles son las protecciones mecánicas adecuadas, los diámetros exigidos y los materiales apropiados.

Punto de conexión

- Define las características del punto de recarga, como pueden ser el tipo de toma o conector, la protección física o el sistema de carga [18].

5 SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

5.1 TIPOS DE MARQUESINAS

La marquesina que debe alojar los vehículos es un importante factor a la hora de la eficacia de captación de energía solar. Su diseño debe ser versátil para alojar todo tipo de vehículos, para ello tendremos que determinar unas medidas estándar. Primero se va a analizar un modelo que se pueda adaptar a lo que interesa en el proyecto. Durante el estudio de todas las estructuras que existen en el mercado, me centrado en aquellas que cuentan con dos apoyos y su tejado es inclinado. Las estructuras con dos apoyos y tejado inclinado son la mejor opción por su alta eficiencia. La inclinación del tejado está diseñada para captar la máxima radiación durante todo el año, esto se puede regular según la zona en la que se vaya a instalar, para que su captación sea máxima. Además, su inclinación también favorece al deslizamiento natural del agua y la suciedad, favoreciendo que los paneles se mantengan limpios y operativos y así facilitar el mantenimiento. El uso de dos apoyos reduce significativamente los costes de los materiales de cimentación, además de ser

menos robustas. Este tipo de estructura también favorece el estacionamiento de los vehículos en la estructura, la maniobra será más sencilla gracias a la disposición de los dos apoyos.



Figura 11. Marquesina con tejado inclinado y dos apoyos (Fuente: Aplitech [19])

Hay muchos modelos de estructuras de marquesinas, en este trabajo se ha elegido la marca Aplitech por su amplia gama de modelos de marquesinas, su experiencia en el sector y la calidad de sus productos. Además esta empresa cumple con la normativa de accesibilidad y seguridad, y garantiza durabilidad pero podría servir cualquier modelo similar al que ofrece esta empresa [19]. Esta empresa ofrece 4 modelos de marquesinas: PVS, PVS-R, PVM y PVT. A continuación, se van a presentar los modelos de marquesinas.

5.1.1 Marquesinas PVS-R

La marquesina fotovoltaica PVS-R de Aplitech Energy es una estructura modular y robusta diseñada para integrar soluciones de recarga de vehículos eléctricos. Fabricada en acero galvanizado con imprimación y pintura, ofrece alta durabilidad y resistencia a la oxidación, además de permitir la personalización según las preferencias del usuario.

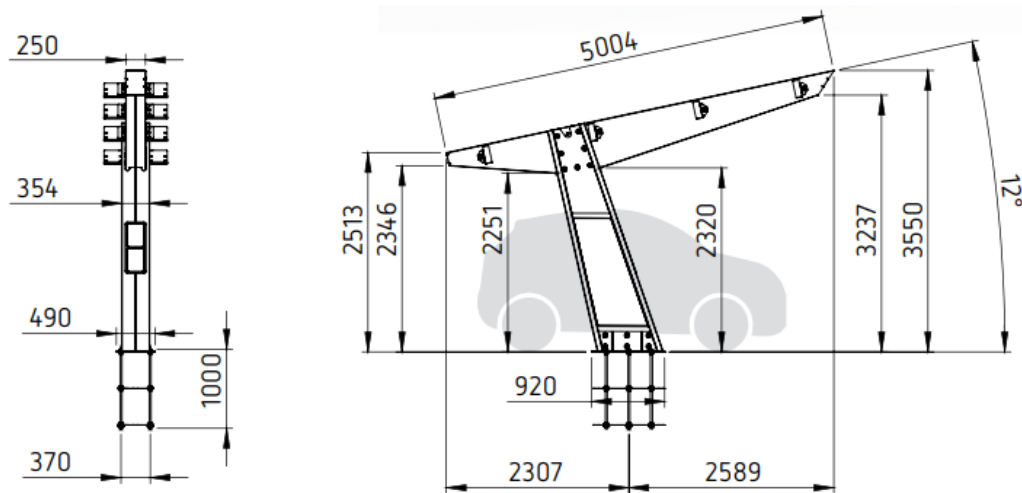


Figura 12. Vista lateral marquesina PVS- R (Fuente: Aplitech [15])

En este tipo de marquesina la recarga se encuentra integrada en el interior del pie de la estructura, dentro se encuentran los equipos de protección y de potencia.

En la parte superior de la marquesina se encuentran los perfiles de aluminio anodizado diseñados para adaptarse a las dimensiones de los módulos fotovoltaicos, asegurando una instalación eficiente y segura. La estructura puede personalizarse con diferentes colores y el número de coches que puede alojar en su interior para adaptarse a diversos entornos. Dependiendo de los coches que necesitemos alojar en su interior, el área de la cubierta variará. A continuación, sacaremos el área y la potencia que podría generar dependiendo de las plazas.

$$\text{Area cubierta} = 5 \cdot \text{Longitud}$$

Para el siguiente cálculo supondremos un módulo de medidas 1,65x1m y que producirá una media de 300W por módulo.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Área}}{\text{Area módulo}}$$

$$\text{Potencia producida} = \text{Número de módulos} \cdot \text{Potencia por módulo}$$

Plaza	Longitud (m)	Area (m2)	Módulos	Potencia (kW)
2	5	25	15	4,5
3	8	40	24	7,2
4	10	50	30	9
5	13	65	39	11,7
6	15	75	45	13,5
8	20	100	60	18
10	25	125	75	22,5

Tabla 2. Características marquesina PVS-R (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)

En resumen, este tipo de marquesinas es una solución integral que combina generación de energía fotovoltaica y recarga de vehículos eléctricos en una estructura resistente y personalizable.



Figura 13. Estructura PVS2-R para dos coches (Fuente: Aplitech [20])

5.1.2 Marquesina PVS

La marquesina PVS se trata de una estructura modular y versátil diseñada para la generación de energía solar en estacionamientos, se trata de la estructura más completa de la gama PVS. Fabricada en acero galvanizado con imprimación y pintura, garantiza una alta durabilidad y resistencia a la corrosión. A diferencia de la anterior marquesina, tiene la integración opcional en el interior de los pilares. A continuación, vamos a exponer los dos tipos de marquesinas que hay de este tipo

- PVS2: Diseñada para una única fila de vehículos en batería. Al igual que la marquesina PVS, las dimensiones pueden variar en función del número de vehículos que queremos alojar. La cantidad de coches que se pueden aparcar puede variar entre 2 y 10, y su anchura será de 5m. Por lo tanto, este modelo será igual que el anterior, exceptuando la colocación del punto de carga.

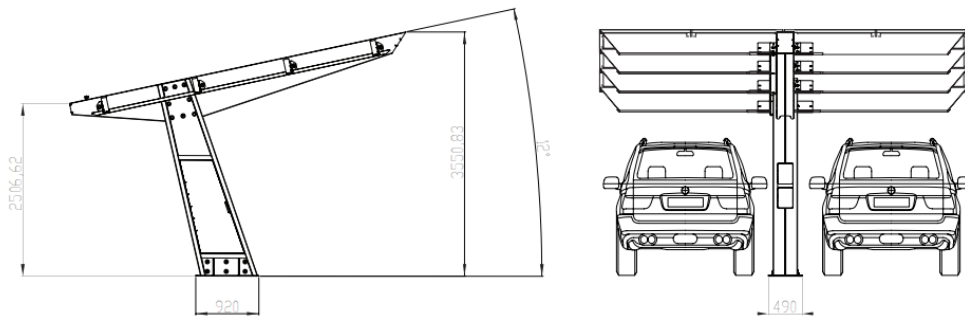


Figura 14. Marquesina PVS2 (Fuente: Aplitech [21])

La potencia que puede producir dependiendo del área de la cubierta, será la misma que el modelo anterior.

- PVS4: Adecuada para cuando tengamos una doble fila de aparcamientos en batería.

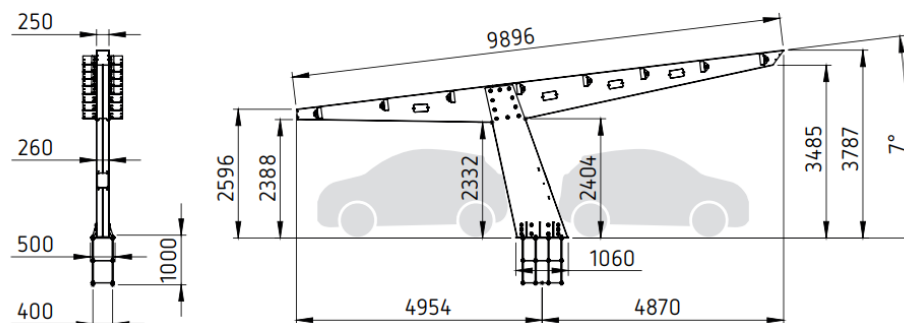


Figura 15. Vista lateral PVS4 (Fuente: Aplitech [21])

En la parte superior de la marquesina se encuentran los perfiles de aluminio anodizado diseñados para adaptarse a las dimensiones de los módulos fotovoltaicos, asegurando una instalación eficiente y segura. La estructura

puede personalizarse con diferentes colores y el número de coches. Al igual que en las anteriores marquesinas, estas también pueden ampliarse para más vehículos.

Plaza	Longitud (m)	Area (m2)	Módulos	Potencia(kW)
2	5	49,45	29	8,7
3	8	79,12	47	14,1
4	10	98,9	59	17,7
5	13	128,57	77	23,1
6	15	148,35	89	26,7
8	20	197,8	119	35,7
10	25	237,25	143	42,9

Tabla 3. Características Marquesinas PVS (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)

En resumen, esta estructura es muy similar a la anterior, pero difiere en que la ubicación de que los elementos de transformación de energía pueden estar o no ubicado en el pilar de la estructura, en el caso de estar ubicados en el interior, no dispondrán de una puerta para acceder a estos elementos. También difiere en la anterior en que tiene la posibilidad de cubrir dos filas de coches en la misma marquesina.



Figura 16. Estructura PVS para dos coches (Fuente: Aplitech [21])

5.1.3 Marquesina PVM

La marquesina fotovoltaica PVM es una estructura modular diseñada para la generación de energía solar y la protección de los vehículos. Fabricada en acero galvanizado, ofrece una alta durabilidad y resistencia a la corrosión. La característica que diferencia a esta estructura de las dos anteriores es, que esta no tiene la carga incorporada en el interior de los pilares, por lo que se tendrán que incorporar cargadores exteriores. Este modelo también dispone de dos medidas de marquesinas.

PVM2: espacio preparado para albergar una fila de vehículos en batería, dependiendo del cliente, estas estructuras pueden albergar entre 2 y 10 vehículos.

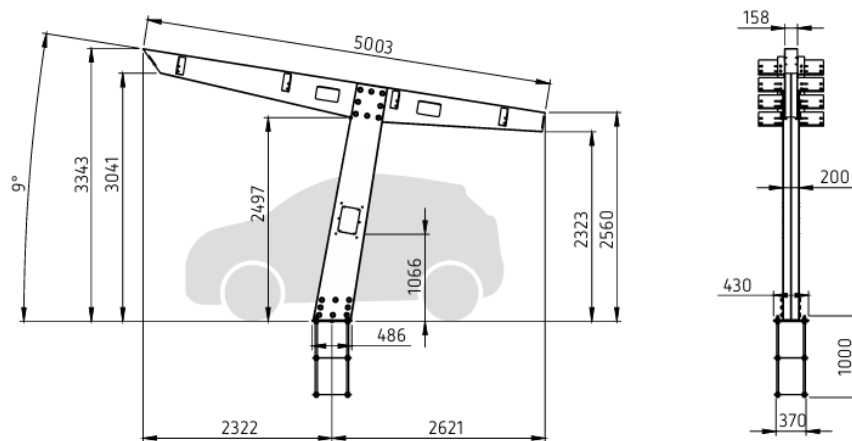


Figura 17. Vista lateral PVM1 (Fuente: Aplitech [22])

PVM4: marquesina preparada para alojar dos filas de vehículos en batería.

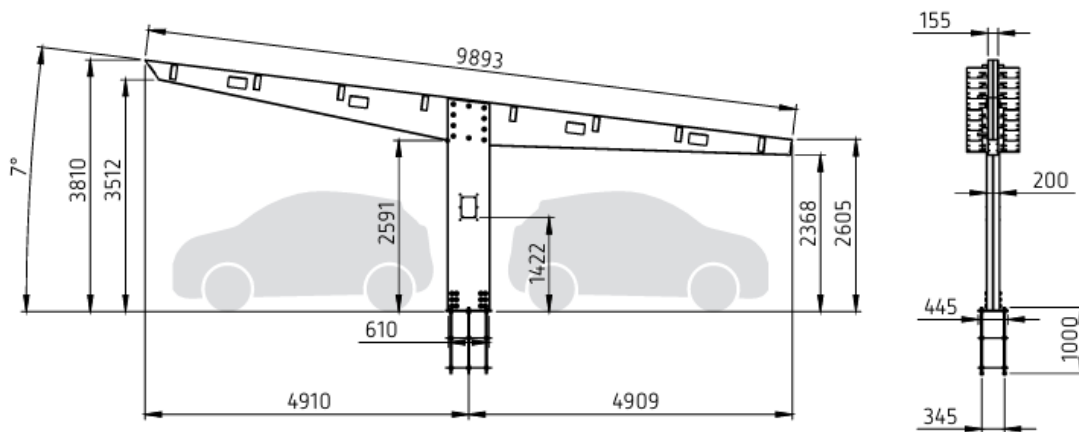


Figura 18. Vista lateral PVM2 (Fuente: Aplitech [22])

Al igual que los anteriores modelos, la cubierta tiene los perfiles son de aluminio anodizado. Las medidas de esta marquesina es el mismo que las anteriores por lo que la potencia que puede producir será la misma.

En resumen, la marquesina PVM es una solución económica y versátil. Esta estructura ofrece versatilidad a la hora de colocar el punto de carga, esto abarata el presupuesto en este modelo.



Figura 19. Estructura PVM para dos coches (Fuente: Aplitech [22])

5.1.4 Marquesina PVT

La marquesina fotovoltaica PVT es el último modelo de esta marca, al igual que las anteriores está hecha de acero galvanizado. Este modelo tiene mayor versatilidad que las otras ya que tiene mayor gama de modelos, que se pueden adaptar mejor a

las características deseadas. Como ocurre en las de tipo PVM, no trae la carga incorporada en los pilares, por lo que será necesario incorporar el cargador en el exterior del pilar. Esta opción es la más ligera de la gama, lo que abarata su coste. Se disponen de 4 modelos con diferentes medidas, por lo que el área para la instalación de paneles variara en cada uno.

PVT0: espacio preparado para albergar motocicletas en su interior. Las motocicletas se pueden colocar en batería para aprovechar mejor el espacio.

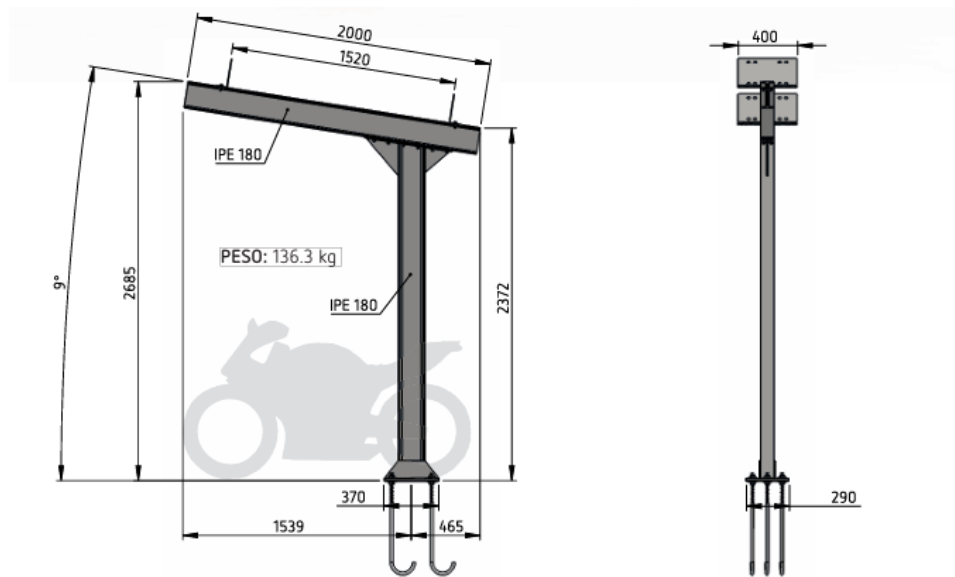


Figura 20. Vista lateral marquesina PVT0 (Fuente: Aplitech [23])

PVT1: marquesina preparada para alojar una fila de vehículos en línea.

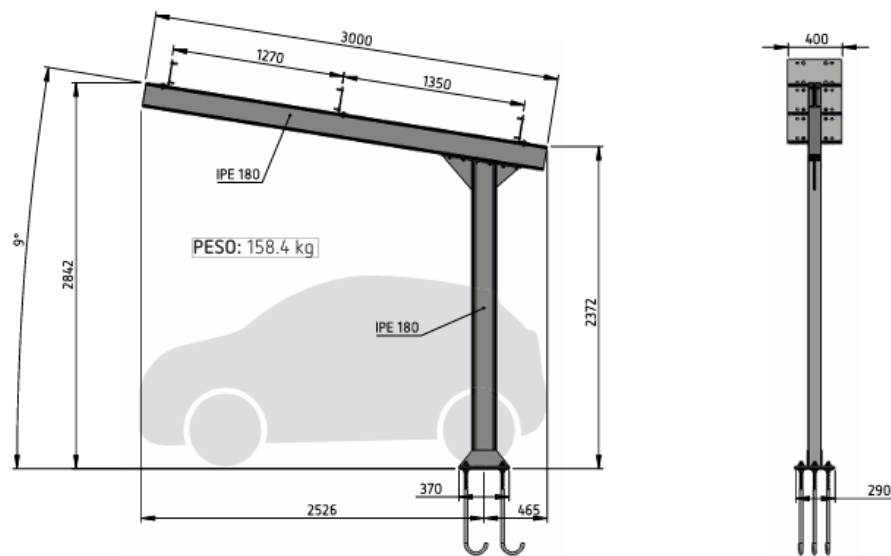


Figura 21. Vista lateral marquesina PVT1 (Fuente: Aplitech [23])

PVT2: marquesina preparada para alojar una fila de vehículos en batería.

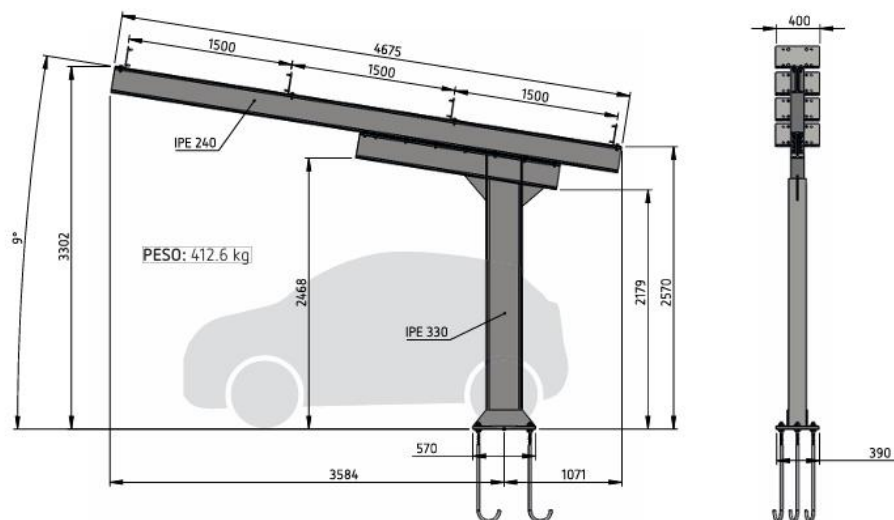


Figura 22. Vista lateral marquesina PVT2 (Fuente: Aplitech [23])

En este modelo también tenemos una versión inversa, en la que las medidas son iguales, lo que cambiará es la orientación de la inclinación de la cubierta.

PVT6: Esta marquesina es la más grande de este tipo, aumentando la cantidad de vehículos que se van a poder aparcar es su interior. En esta marquesina se podrán alojar dos filas de vehículos en batería.

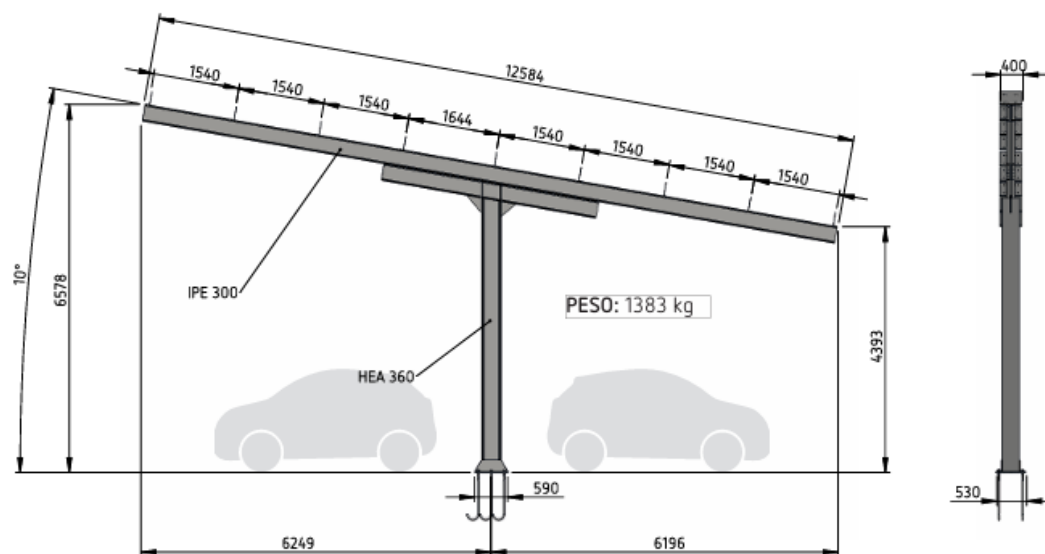


Figura 23. Vistas laterales marquesinas PVT6 (Fuente: Aplitech [23])

Teniendo en cuenta las medidas de cada tipo de marquesina visto anteriormente, se va a calcular el área de instalación de marquesinas en la cubierta, utilizando las consideraciones anteriores.

Plaza	Longitud (m)	Área (m2)	Módulos	Potencia(kW)
PVT0				
4	8	16	9	2,7
8	16	32	19	5,7
12	24	48	29	8,7
PVT1				
1	5	15	9	2,7
2	10	30	18	5,4
3	15	45	27	8,1
4	20	60	36	10,8
PVT2				
2	5	25	15	4,5
3	8	40	24	7,2

4	10	50	30	9
5	13	65	39	11,7
PVT6				
4	5	62,9	38	11,4
6	8	100,64	60	18
8	10	125,8	76	22,8
10	13	163,54	99	29,7

Tabla 4. Características Marquesina PVT (Fuente: elaboración propia con datos de Aplitech)

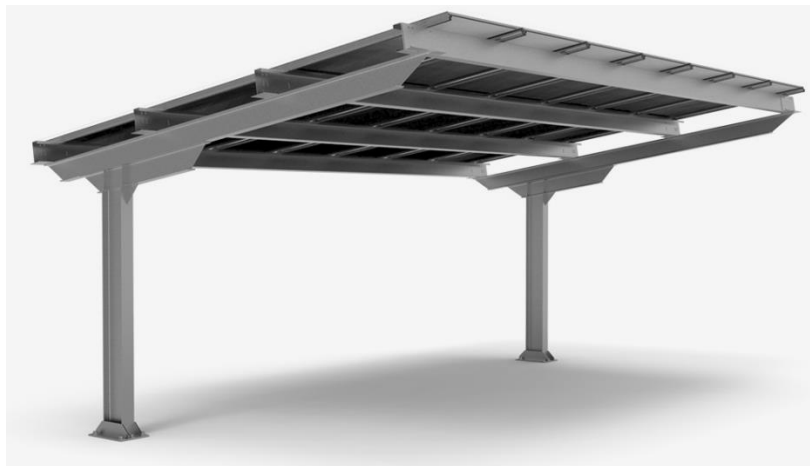


Figura 24. Estructura PVT para dos coches (Fuente: Aplitech [22])

Una vez desglosados todos los modelos que nos propone la empresa Aplitech, el modelo que puede resultar más interesante para el proyecto es la marquesina PVT o similar, ya que es una marquesina ligera lo que abarata el presupuesto a invertir. también es muy versátil, dispone de varios modelos que se pueden adaptar mejor a las necesidades del proyecto.

5.2 ELEMENTOS PARA CARGA

En el caso estudiado, en los siguientes apartados veremos qué elementos son necesarios para llevar la energía hasta el vehículo.

5.2.1 Paneles solares

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, que se encarga de convertir la luz solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. La absorción de la luz se realiza mediante materiales semiconductores que captan los fotones y liberan los electrones, generando corriente [24].

Los paneles solares, se conforman de células fotovoltaicas, que se encargan de capturar la energía solar y la transforman en corriente continua. En general, los vehículos se alimentan con corriente alterna, por lo que necesitaremos un inversor para su transformación.

En el caso estudiado, en los siguientes apartados veremos qué elementos son necesarios para llevar la energía hasta el vehículo.

Tipos de paneles según sus células fotovoltaicas

Dentro de las placas solares podemos encontrar tres tipos de placas solares, según sus materiales [25]:

- **Placas solares monocristalinas:** Están fabricadas con silicio de alta pureza, lo que hace que tengan una alta eficiencia, ofreciendo mayor capacidad de conversión, sobre el 15% y el 20%, estando por encima de los otros tipos. Como características principales se puede destacar su larga vida útil, su tamaño compacto y gran potencia.
Si las placas se van a utilizar para alimentar vehículos eléctricos, este tipo podría ser adecuado ya que permite generar más electricidad en menos espacio.
- **Placas solares policristalinas:** Estas están compuestas por diferentes tipos de cristales que provienen de la fundición de lingotes de silicio. Su eficiencia es ligeramente inferior que las anteriores (15%). También una de las características principales es que son de mayor tamaño que las anteriores.
Estas placas son más utilizadas para climas templados y se debe disponer de mucho espacio para su colocación, por lo que no son la mejor opción para el proyecto.

- Placas solares amorfas o de capa fina: este tipo están compuestas por silicio amorfo o telururo de cadmio, su principal característica es la flexibilidad, ligereza y su bajo coste, pero la eficiencia es de entre 7% a 10%. Estas también requieren gran espacio y tienen una vida más corta.

Esta opción se podría ajustar a las necesidades del proyecto, ya que se dispone de espacio y la eficiencia no es necesario que sea elevada ya que no se requiere una carga rápida. Este tipo es el más utilizado en grandes espacios y en lugares públicos [26].

5.2.2 Módulo de protección

Lo primero que nos vamos a encontrar al salir del panel es con el controlador de carga, del que se hablará más adelante, pero este controlador debe tener una serie de elementos de protección que se encuentran en el módulo de protección. El módulo se va a encargar de proteger al resto de elementos de sobrecargas, descargas, sobre tensiones... Estos elementos de protección no solo estarán situados antes del controlador de carga, si no también antes y después del inversor, con el objetivo de evitar cualquier problema en cualquier punto del proceso, no solo de corriente continua, sino también de corriente alterna.

Dentro de este módulo de corriente continua podemos encontrar las siguientes protecciones:

- Fusibles CC: Protegen contra cortocircuitos, se colocarán antes del controlador de carga y estos serán elegidos según la potencia del sistema.
- Interruptor-seccionador: Este elemento es obligatorio en cualquier dispositivo, ya que permite el corte manual ya sea para mantenimiento o para evitar algún fallo.
- Protección contra sobretensiones: protección frente a picos de tensión, debidas a inclemencias meteorológicas o algún fallo eléctrico, evitando que dañen el sistema.[27]
- Contactor de carga: se encarga de cortar la alimentación al vehículo de manera automática, ya sea cuando el vehículo este totalmente cargado o cuando se quiere que el vehículo únicamente se cargue en determinadas horas. Aunque

este elemento se puede poner tanto en la parte de continua como en la parte de alterna [28].

Para proteger el sistema en la parte de corriente alterna (después del inversor) utilizaremos los siguientes elementos:

- Interruptor magnetotérmico: protege frente a sobrecargas y corto circuitos, se encarga de proteger el sistema.
- Interruptor diferencial: Es igual que el interruptor magnetotérmico, pero este en vez de proteger al sistema, protege a las personas frente a fallos.
- Protección contra sobretensiones: igual que el de corriente continua.

5.2.3 Controlador de carga

El controlador de carga es un dispositivo electrónico que se encarga de regular y proteger las baterías del sistema solar fotovoltaico en el proceso de carga y descarga. Su principal objetivo es evitar que les llegue a las baterías sobrecargas o descargas que puedan dañarlas o reducir su vida útil [29].

Hay dos tipos de reguladores de carga que controlan las instalaciones fotovoltaicas: PWM y MPPT.

- Regulador PWM: es la opción más barata, además de la más sencilla. Su objetivo es interrumpir el paso de corriente cuando la batería esté cargada completamente. El corte de corriente evitaría una sobrecarga. En este tipo de controlador, la tensión nominal del panel solar debe coincidir con la de la batería, esto provoca que no se aproveche toda potencia que ha genera el panel, por lo que la eficiencia en este tipo de regulador es crítica.
- Regulador MPPT: En este regulador la tensión del panel solar no hace falta que sea igual que la batería, por lo que el panel solar puede trabajar a su máxima potencia y aprovecharlo. Este tipo de regulador es más caro pero sus características pueden ser determinantes en su eficiencia. En el caso de los cargadores para vehículos eléctricos, este modelo es el más adecuado, ya que se adapta mejor a las exigencias energéticas y son más adecuadas para instalaciones de mayor tamaño.

En el proyecto que estamos llevando a cabo no se instalarán baterías ya que las baterías no son económicas y el uso que se dará a los cargadores será durante las horas de luz, por lo que no es necesario su instalación, por lo tanto, el uso de un controlador de carga no es necesario [30].

5.2.4 Baterías

Las baterías se encargan de acumular la energía que ha sido generada por los paneles solares, de esta manera se asegura que el suministro de corriente eléctrica sea continuo. Dentro de las baterías hay distintos tipos de baterías.

- Baterías de plomo-ácido: Son un tipo de baterías que son generalmente utilizadas en la industrial y la automoción. Estas baterías tienen una capacidad baja ya que la densidad energética es baja. Este modelo de baterías es la más utilizada ya que son las más económicas del mercado, pero su gran desventaja es su corta vida [31].
- Baterías de iones de litio: estas baterías son más recientes que las anteriores. Destacan por su vida útil y su versatilidad. A diferencia de las anteriores, este tipo de baterías corren el riesgo de sufrir sobrecalentamiento y provocar un incendio por fuga térmica.
- Baterías de níquel-cadmio: este tipo de batería tiene como características principales la descarga profunda durante más tiempo, mayor vida útil y mayor densidad. Este tipo de baterías son conocidas por su funcionamiento a altas temperaturas. Aunque como desventajas, estas baterías son tóxicas, y por ello en muchos países están prohibidas. Estas baterías están muy presentes en el ámbito doméstico [32].
- Baterías de flujo: Este tipo de baterías son utilizadas para almacenar energías durante bastantes horas. Son reciclables y versátiles, además tienen una larga vida. El funcionamiento de estas baterías depende de reacciones químicas, donde la energía se produce mediante electrolitos que contienen líquidos. Este tipo de baterías se utilizan generalmente para espacios y aplicaciones más grandes, debido a su alto coste y al ser poco práctico para un uso doméstico.[33]

En la instalación estudiada, no es necesario la instalación de baterías para el almacenaje de energía. Uno de los motivos principales por los que no es necesario, es que el uso de estas plazas será diurno, durante el horario de la universidad, que coincidirá con la mayor radiación solar, utilizando directamente la energía captada sin tener que almacenarla, otro de los motivos, es el alto coste de las baterías y su difícil mantenimiento. Además, como se dispone de conexión a la red eléctrica, aunque no haya suficiente energía para cargar los vehículos, se podrá utilizar dicha red como respaldo en esos momentos.

5.2.5 Inversores

El inversor es el elemento que se encarga de convertir la corriente continua producida por los paneles solares en corriente alterna, y con ella alimentar los vehículos y la red eléctrica. La mayoría de los coches eléctricos consumen corriente alterna, aunque después internamente tienen un inversor que se encargará de transformar a corriente continua, aunque esto dependerá si se realiza una carga rápida o lenta, como veremos a continuación.

Existen dos tipos de inversores según su tiempo de carga, su instalación dependerá del tipo de carga que se quiera implementar.

- Inversores de carga lenta: (AC) este tipo de cargador es el más común, se encarga de transformar la corriente continua que proviene de los paneles a corriente alterna que se suministrará al vehículo. Estos inversores permiten alimentar cargadores monofásicos o trifásicos con potencias moderadas, de 3 a 8kw, que tardan entre 6 y 12 horas en conseguir una carga completa. Estos inversores se suelen utilizar en hogares, universidades o lugares de estancias prolongadas.
- Inversor de carga rápida: (CC) para este tipo de carga, se realizará una conversión directa al vehículo, eluden el inversor del coche, lo que permite cargar el vehículo más rápido. Los tiempos para conseguir la carga completa son de 30 minutos a una hora. Permitirán alimentar a cargadores con potencias de 50kW a 150kW. Estos tipos de cargadores se utilizan para estaciones de carga [34].

El objetivo de la instalación propuesta es alimentar vehículos eléctricos de los usuarios de la universidad. En la universidad tanto los alumnos como los docentes, dejan su vehículo durante horas estacionado en una plaza, por ello los cargadores más apropiados para los usuarios, serían los cargadores de carga lenta, ya que no se necesita una carga rápida de los vehículos, lo cual permite un dimensionamiento más eficiente del sistema y el uso de inversores convencionales de red.

Sin embargo, se propone la instalación de dos puntos de carga rápida, destinados al uso exclusivo de vehículos de mantenimiento de la universidad o vehículos de la universidad, que pueden necesitar una carga más rápida para momentos puntales.

Esta configuración equilibra eficiencia energética, coste y funcionalidad, ajustándose así a las necesidades reales de los usuarios.

5.2.6 Cableado al vehículo

La corriente que se genera en el módulo hay que transportarla hasta el vehículo a través de un cable adecuado. Este cable debe de ser flexible para llevarlo hasta el vehículo, y resistente para soportar inclemencias meteorológicas (lluvia, calor o rayos UV) y posibles golpes. Además, el cable podrá transportar corriente continua o corriente alterna, eso dependerá del tipo de cargador que se ha elegido. Si queremos que el cargador sea de carga rápida, la corriente a transferir al vehículo será corriente continua, en cambio, si es de carga lenta, la corriente transportada será alterna. El tipo de corriente afectará a la tipología del cable utilizado.

Corriente Alterna (Carga lenta)

La conexión al coche de un cable de corriente alterna estará compuesta por 7 pines, que lo formarán las 3 fases (L1, L2 y L3), el neutro (N), conector piloto (PP), toma a tierra, conector proximidad (CP). Este tipo de conexión se llama conector Mennekes o tipo 2. Este modelo de conector es el utilizado en Europa y Australia para la carga lenta de vehículos eléctricos, en cambio, en países como Estados Unidos se utiliza una conexión de tipo 1.

La composición del cable general de carga lenta son los siguientes:

- Cable neutro: se encarga que la corriente alterna vuelva desde el coche hasta la red. Es un conductor activo, no de protección.
- Cable a tierra: se encarga de la seguridad del sistema y de las personas. De normal no circula corriente por él, pero en el caso de que haya un fallo, la corriente se desviará por este cable llevando la corriente a una pica de tierra.
- Cable piloto: se encarga de mantener conectados al punto de recarga y el coche. Se encarga de transmitir al sistema en el caso de que hubiera un problema, que este corte el suministro.
- Cable de proximidad: tiene el pin más corto que los anteriores, por lo que es el último que se conecta al introducir el cargador en el coche y el primero que se desconectará. Este cable se encarga de informar que tipo de cable se está utilizando y al presionar el botón de liberación del conductor, se encarga de informar al sistema la desconexión del vehículo, haciendo que el sistema detenga la carga.
- Cables de fases (L1,L2,L3): cables conductores que se encargan de llevar la corriente alterna desde la instalación hasta el vehículo. Al dividirse en 3 fases, la corriente se divide de forma equilibrada, haciendo así que llegue más potencia que con un cable monofásico.

Corriente continua (Carga rápida)

La conexión para un cable de carga rápida se realizará a través de un conector CCS2, que combina los pines del cargador de carga lenta más dos pines adicionales para la corriente continua. Esta conexión alimenta directamente a la batería del vehículo, sin necesidad de convertir la corriente.

La composición del cable general de carga rápida son los siguientes:

- Cables anteriores para la conexión a los pines de alterna
- DC+ y DC-: Estos cables se encargan de transportar la corriente continua al vehículo. Al no tener que transformar la corriente a alterna como el caso anterior, la carga del vehículo será más rápida [35].



Figura 25. Conexiones en función del lugar y del tipo de carga (Fuente: Xataka [36])



Figura 26. Pines de la conexión del coche eléctrico (Fuente: EcoFactor [37])

6 APLICACIÓN A LA UC

6.1 UBICACIÓN DE LAS PLAZAS DE CARGA

Una vez seleccionado el modelo de marquesina, se procede a analizar la ubicación de las plazas para la recarga. Es importante calcular el número de plazas que son

necesarias en el campus de Santander para dar cumplimiento al real decreto que se ha mencionado anteriormente.

Al sumar todas las plazas de los edificios del campus de las Llamas, tendremos un total de 1.403 plazas. Tal como establece el RD 1053/2014, las instalaciones con más de 20 plazas deberán tener al menos un cargador cada 40 plazas.

$$Plazas\ totales = 1403 ; Cargadores = \frac{1403\ plazas}{40} = 35,1 \approx 36\ plazas$$

Como se puede observar, son necesarias un total de 36 plazas en el campus de las Llamas. Es necesario determinar si las marquesinas con puntos de recarga se ubicarán en un único aparcamiento o si, por el contrario, estarán distribuidas por todos los aparcamientos del campus. Para ello, se debe analizar cuantos cargadores serían necesarios en cada una de las alternativas y comparar su viabilidad tanto económica como energética. No obstante, también se debe tener en cuenta la comodidad de la comunidad universitaria, ya que concentrar todos los cargadores en un aparcamiento tiene como consecuencia que todos los usuarios que quieran utilizarlos deberán dejar su vehículo en ese punto, que puede encontrarse alejado de su lugar de trabajo o estudio. Si se opta por la opción de establecer todas las plazas en un mismo aparcamiento, el edificio más céntrico del campus es la Facultad de Educación, por lo que la opción más centrada sería situar estas 36 plazas en el aparcamiento existente entre esta facultad y el Pabellón del gobierno

A continuación, vamos a evaluar varias opciones posibles.

6.1.1 Hipótesis A

En esta opción se va a estudiar que todas las cargas del campus estén ubicadas en el mismo aparcamiento. Como se ha comentado anteriormente, analizaremos el aparcamiento que se encuentra entre la facultad de Educación y el pabellón del gobierno.

Para establecer dichas plazas, tendremos que reorganizar las ya existentes en este espacio. Este aparcamiento está dividido en siete zonas.

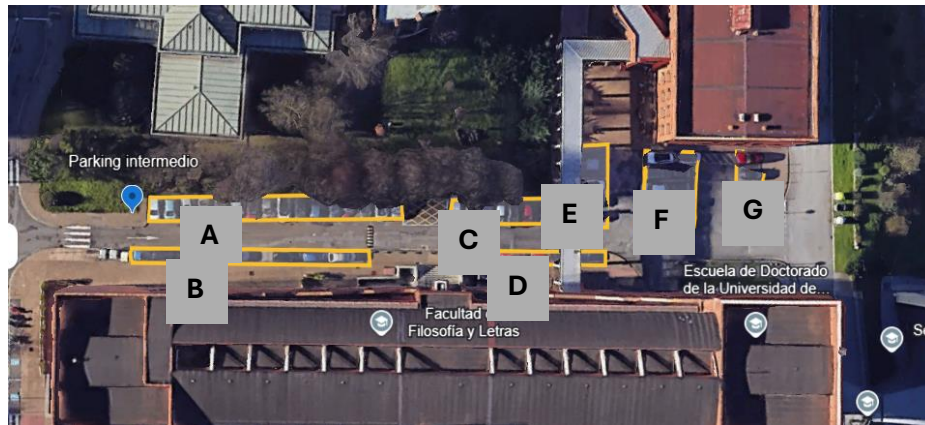


Figura 27. Áreas de aparcamiento en el centro del campus (Fuente: GoogleMaps)

Ahora es necesario calcular las medidas estándar que va a tener una plaza para la carga de vehículos eléctricos, teniendo en cuenta dejar un espacio para la torre de carga.

- Ancho: Generalmente, entre 2,5 metros y 2,7 metros. Esto es ligeramente más ancho que una plaza estándar para facilitar el acceso al conector de carga. Para evitar problemas a la hora de instalar las marquesinas, tomaremos un ancho de 3 metros.
- Largo: Suelen tener alrededor de 5 metros, como las plazas convencionales.
- Altura libre: En aparcamientos cubiertos, al menos 2,2 metros de altura.[38]



Figura 28. Imagen descriptiva de las plazas con marquesina y cargador (Fuente: Chatgpt)

Teniendo en cuenta las medidas anteriores y el modelo de marquesina que se ha decidido anteriormente, calcularemos si en esa ubicación pueden entrar las 36 plazas que son necesarias.

Para ello se analizará la largura y la anchura de las plazas de este aparcamiento.

Área de aparcamiento	Ancho	Largo	Nº de plazas
A	39,67	4	13
B	2,11	36,56	6
C	16,84	4,38	5
D	2,08	18,47	3
E	13,51	4,86	4
F	12,21	9,26	8
G	9,93	4,64	4
Total de plazas: 43 plazas			

Tabla 5. Número de plazas por zona de aparcamiento hipótesis A (Fuente: elaboración propia)

En el caso de las plazas de la zona A y C la instalación del punto de carga sería complicada, ya que el ancho es 4 metros y se necesitarían mínimo 5. Para llegar a la anchura necesaria se tendría que utilizar parte de la acera. En el resto de las zonas no hay problema para ubicar las marquesinas.

Una vez analizada la longitud de las plazas, vamos a valorar cuál sería la eficiencia de utilizar dicha ubicación para la instalación de estaciones de carga. Lo más importante es calcular las horas sol en cada una de las zonas de este aparcamiento [39].

- Horas de sol en invierno: 2 horas
- Horas de sol en primavera: 4 horas
- Horas de sol en verano: 4 horas
- Horas de sol en otoño: 3 horas

Después de haber analizado las horas de sol en cada una de las estaciones, se puede observar que esta opción no es viable debido a las pocas horas de luz que hay en esta ubicación, aunque la ubicación es la que está más centrada en el campus, no es viable esta opción. En esta zona tenemos edificios alrededor que hacen que no llegue la luz en este punto.

En la parte oeste del aparcamiento hay una serie de árboles altos que imposibilitan la llegada de luz. En la parte este, colinda con la facultad de Educación que no deja pasar la luz hasta que el sol no esté en su zenit.



Figura 29. Panorámica del aparcamiento hipótesis A.1 (Fuente: elaboración propia)



Figura 30. Panorámica aparcamiento hipótesis A.2 (Fuente: elaboración propia)

Se puede buscar otra opción que esté menos centrada, aunque sigan estando todas las plazas agrupadas en el mismo sitio. Se pueden establecer dichas plazas en el aparcamiento de la facultad de Educación, a continuación, se analizará dicha opción.

6.1.2 Hipótesis B

En esta opción se va a estudiar que las cargas estén ubicadas en el mismo aparcamiento, pero no tan centradas como las anteriores. De esta forma, las horas de sol aumentarán y será más viable energéticamente hablando. Uno de los aparcamientos más soleados del campus es el aparcamiento que se encuentra delante de la facultad de Educación. A continuación, se van a evaluar las plazas de esta nueva ubicación.

<i>Área de aparcamiento</i>	Ancho	Largo	Nº de plazas
<i>A</i>	36,41	4,84	12
<i>B</i>	31,32	9,03	20
<i>C</i>	31,32	9,03	20
<i>D</i>	21,59	4,18	7
<i>E</i>	17,54	4,86	5
<i>F</i>	9,69	4,52	3
<i>G</i>	6,03	4,64	2
<i>Total de plazas: 69 plazas</i>			

Tabla 6. Número de plazas por aparcamiento hipótesis B (Fuente: elaboración propia)

Como podemos observar, en este aparcamiento cuenta con más plazas que las necesarias, por lo tanto, se deberán elegir aquellas plazas con mayor incidencia de la luz solar.

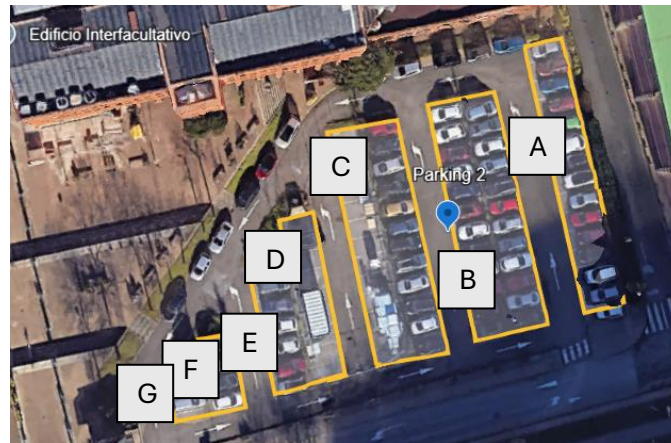


Figura 31. Plazas aparcamiento de la Facultad de Educación (Fuente: GoogleMaps)

Para cumplir con la normativa, e implementar las 36 plazas necesarias se pueden utilizar las plazas de las zonas A y B ya que, con dos estructuras de marquesinas podríamos cubrir las 36 plazas. Pero, si se mira desde el punto de vista de la eficiencia, no en todas las plazas del aparcamiento el sol incidirá de la misma manera, al estar rodeado por edificios.

Se van a estudiar varios puntos del aparcamiento para escoger aquel que recibe más radiación a lo largo del año. Para ello se realizará un trabajo de campo donde se analizarán varios puntos del aparcamiento y cuál es el ángulo de los edificios respecto a ese punto. De esta forma sabremos la cantidad de radiación solar que recibe a lo largo del año.



Figura 32. Puntos que analizar en el aparcamiento de la Facultad de Educación (Fuente: GoogleMaps)

Se van a analizar 3 puntos del aparcamiento, intentando cubrir las posibles zonas para ubicar las marquesinas. La metodología a aplicar consistirá en visualizar la altura máxima de los edificios con un elemento cilíndrico simulando un catalejo (cuanto menor diámetro tenga, mejor, ya que mayor será la precisión), una vez que se ha visualizado el punto más alto, mediremos con un clinómetro el ángulo que se forma entre el elemento cilíndrico y la horizontal.

Para tomar el primer dato, nos situaremos mirando hacia el sur (que corresponde a 0° en pvgis) e iremos haciendo el mismo procedimiento girando 10° a la derecha consiguiendo 18 ángulos que definirán la altura de los edificios. Este ángulo le compararemos con el ángulo con el que incide el sol en ese punto, si el ángulo del edificio se encuentra entre los puntos del día en el que va el sol más bajo y el día en el que el sol va más alto, querrá decir que en algún momento del año dará el sol en ese punto.

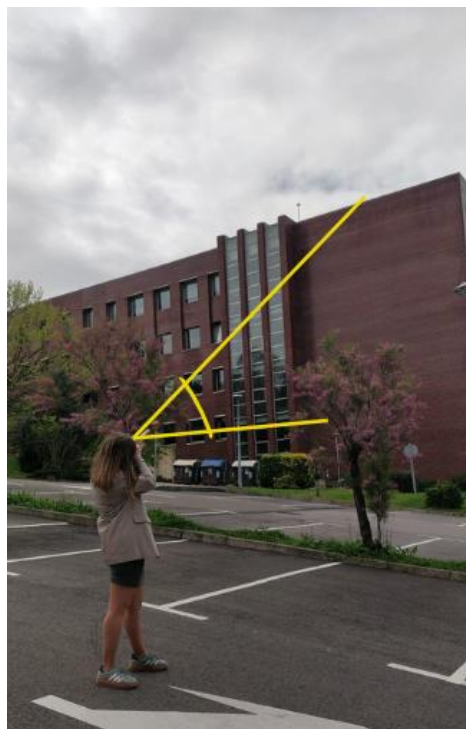


Figura 33. Descripción del trabajo de campo (Fuente: elaboración propia)

PUNTO 1. Como punto de partida, se estudiará el primer punto que estará ubicado a la derecha del aparcamiento, en la zona más alta. Su ubicación exacta es $43^\circ 28' 25''$ N

3°48'13"W y una altitud de 30m respecto al nivel del mar. Al realizar el trabajo de campo explicado anteriormente, obtenemos los siguientes datos:

Grados	Grados altura	Grados	Grados altura	Grados	Grados altura
0° (sur)	30°	130°	52°	260°	25°
10°	27°	140°	42°	270 (este)	23°
20°	25°	150°	27°	280°	17°
30°	26°	160°	31°	290°	22°
40°	23°	170°	30°	300°	15°
50°	31°	180° (norte)	31°	310°	27°
60°	24°	190°	30°	320°	28°
70°	20°	200°	31°	330°	28°
80°	21°	210°	31°	340°	31°
90° (oeste)	20°	220°	32°	350°	30°
100°	44°	230°	31°		
110°	47°	240°	29°		
120°	50°	250°	27°		

Tabla 7. Datos ángulos punto 1 (Fuente: elaboración propia)

Grados: grados desde el punto de partida (sur).

Grados altura: grados entre el elemento cilíndrico y la horizontal en el punto de máxima altura del edificio o de un elemento que pueda interferir en la radiación.



Figura 34. Punto 1 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)



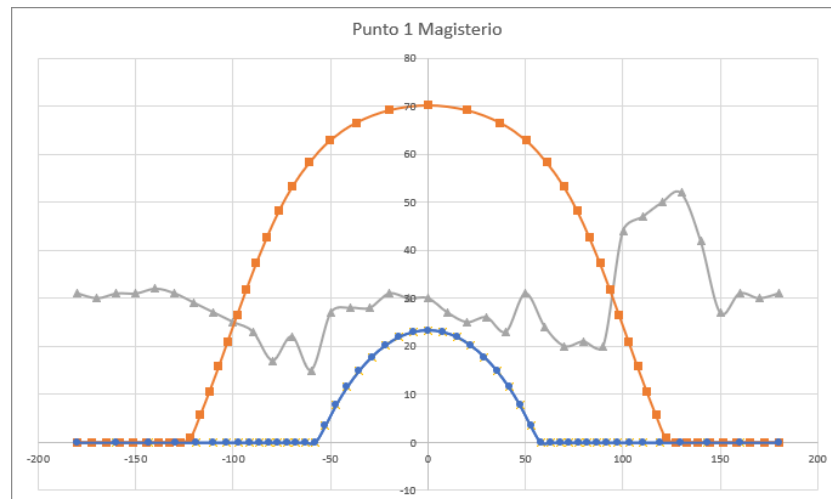
Figura 35. Punto 1 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)



Figura 36. Punto 1 Facultad de Educación NE (Fuente: elaboración propia)



Figura 37. Punto 1 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)



En la gráfica, los puntos grises corresponden al ángulo formado por los edificios en cada dirección, los puntos naranjas corresponden al ángulo que forma el sol en el mejor día de verano (cuando el sol está más alto) y los puntos azules corresponden al ángulo que forma el sol en el peor día de verano (cuando el sol está más bajo). Los puntos naranjas y azules se han sacado con PVGIS[40], en un punto genérico del aparcamiento de Educación. Como se puede observar los puntos grises se encuentran entre los puntos naranjas y azules, esto quiere decir que durante invierno los edificios taparán prácticamente todo el día el sol, mientras que, en verano, el sol incidirá todo el día el sol. Teniendo en cuenta que durante el verano la universidad permanecerá cerrada, no se consumiría la energía captada por lo que no sería un punto eficiente. Esta energía que no va a ser utilizada para la carga de vehículos se podría dirigir al autoconsumo de los edificios del campus.

Aunque no se encuentren por debajo de los puntos azules, cuanto más cerca se encuentren los puntos grises de los puntos azules, durante menos tiempo los edificios interferirán en la proyección solar. En el punto 1, los puntos grises se encuentran cerca, por lo que en la mayoría del año los edificios no interferirán en la proyección solar. A continuación, se van a analizar el resto de los puntos propuestos.

PUNTO 2. El segundo punto se encuentra más al este, lo que podría evitar la sombra producida por el edificio de Educación. Las coordenadas de dicho punto son 43°28'14"N 3°48'13"W y una altitud de 40m respecto al nivel del mar.

Grados	Grados altura	Grados	Grados altura	Grados	Grados altura
0° (sur)	30°	130°	29°	260°	3°
10°	30°	140°	27°	270 (este)	7°
20°	53°	150°	28°	280°	6°
30°	26°	160°	23°	290°	10°
40°	32°	170°	7°	300°	24°
50°	18°	180° (norte)	8°	310°	30°
60°	24°	190°	9°	320°	22°
70°	20°	200°	10°	330°	25°
80°	10°	210°	10°	340°	30°
90° (oeste)	23°	220°	9°	350°	33°
100°	21°	230°	8°		
110°	17°	240°	7°		
120°	25°	250°	6°		

Tabla 8. Datos ángulos punto 2 (Fuente: elaboración propia)

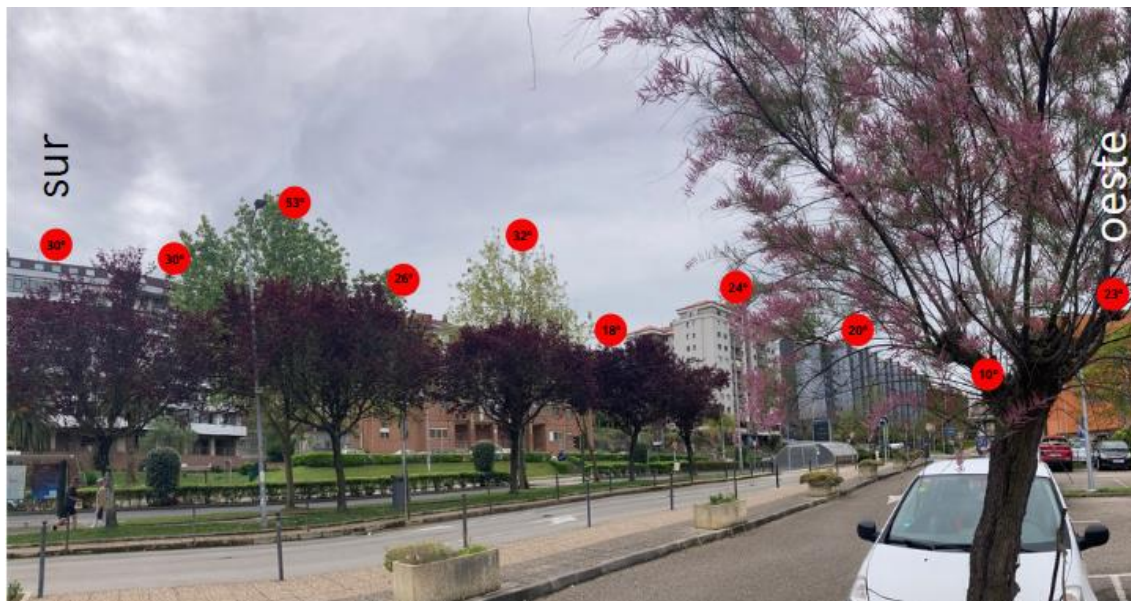


Figura 38. Punto 2 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)

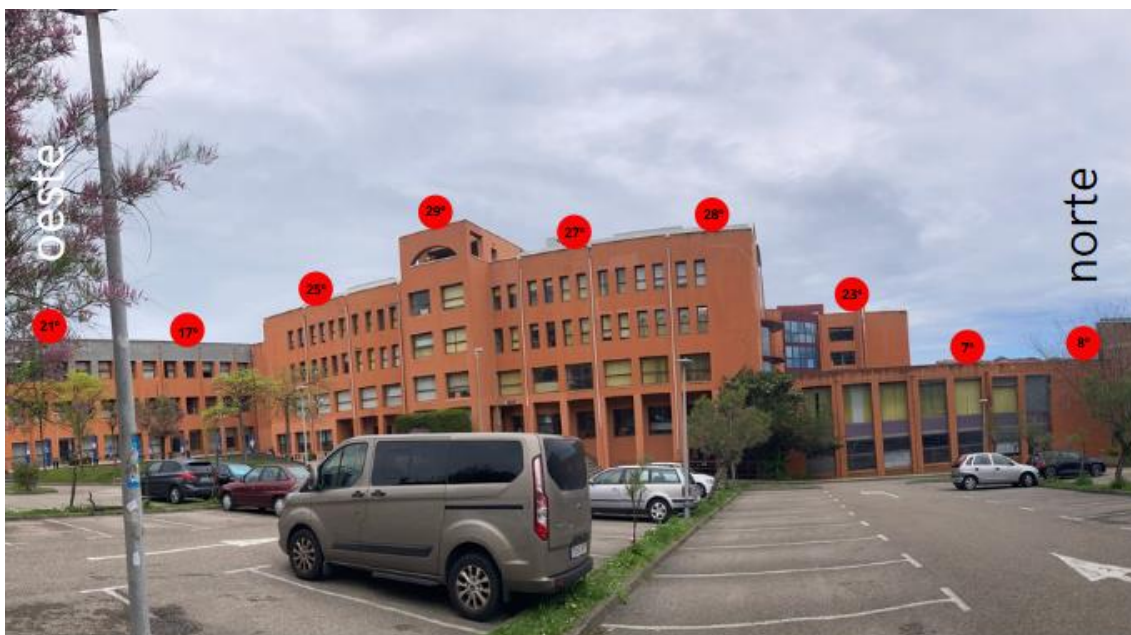


Figura 39. Punto 2 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)



Figura 40. Punto 2 Facultad de Educación NE (Fuente: elaboración propia)

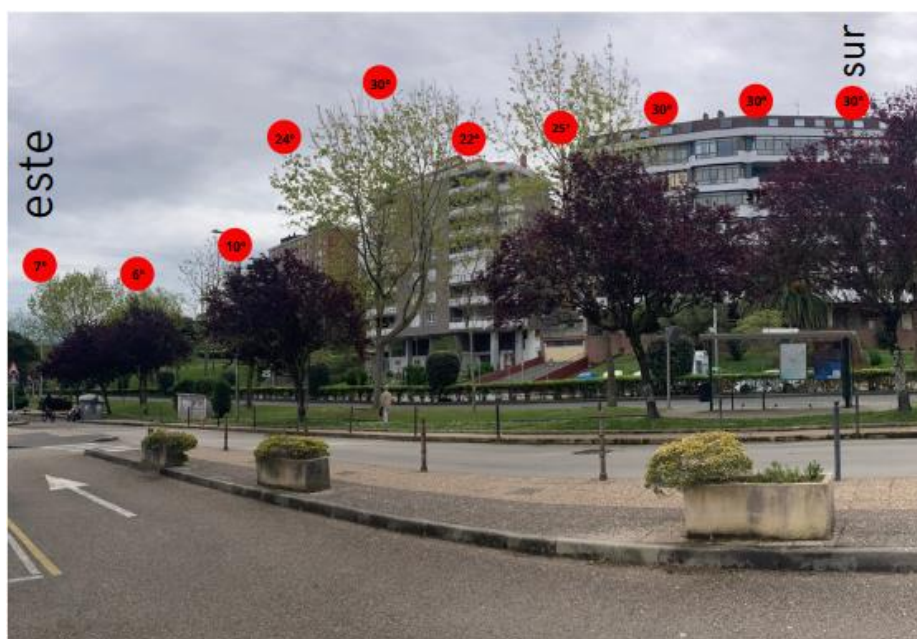
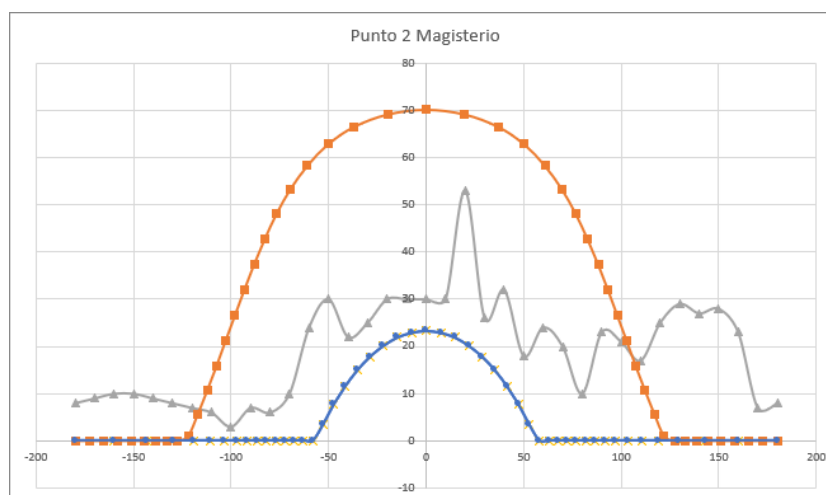


Figura 41. Punto 3 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)



Gráfica 3. Punto 2 Facultad de Educación (Fuente: elaboración propia)

En la anterior gráfica observamos que los puntos grises están entre los puntos naranjas y azules, pero estos puntos se encuentran algo más alejados de los puntos azules, lo que quiere decir que en este punto dará sombra durante más parte del año que en el punto 1. Los picos que se encuentran más alejados se deben a los árboles que se encuentran al lado de este punto, si queremos utilizar este punto habría que rebajar la altura de la copa de estos árboles.

PUNTO 3. Por último, se va a analizar el punto 3 que está ubicado más al norte del aparcamiento, más cercano del edificio de Educación. Las coordenadas del segundo punto son 43°28'15"N 3°48'14"W y una altitud de 37m respecto al nivel del mar.

Grados	Grados altura	Grados	Grados altura	Grados	Grados altura
0° (sur)	24°	130°	24°	260°	6°
10°	23°	140°	26°	270° (este)	10°
20°	15°	150°	28°	280°	12°
30°	23°	160°	40°	290°	14°
40°	30°	170°	27°	300°	18°

50°	20°	180° (norte)	27°	310°	20°
60°	17°	190°	25°	320°	28°
70°	36°	200°	4°	330°	26°
80°	34°	210°	3°	340°	25°
90° (oeste)	32°	220°	10°	350°	24°
100°	21°	230°	9°		
110°	20°	240°	8°		
120°	19°	250°	7°		

Tabla 9. Datos ángulos punto 3 (Fuente: elaboración propia)

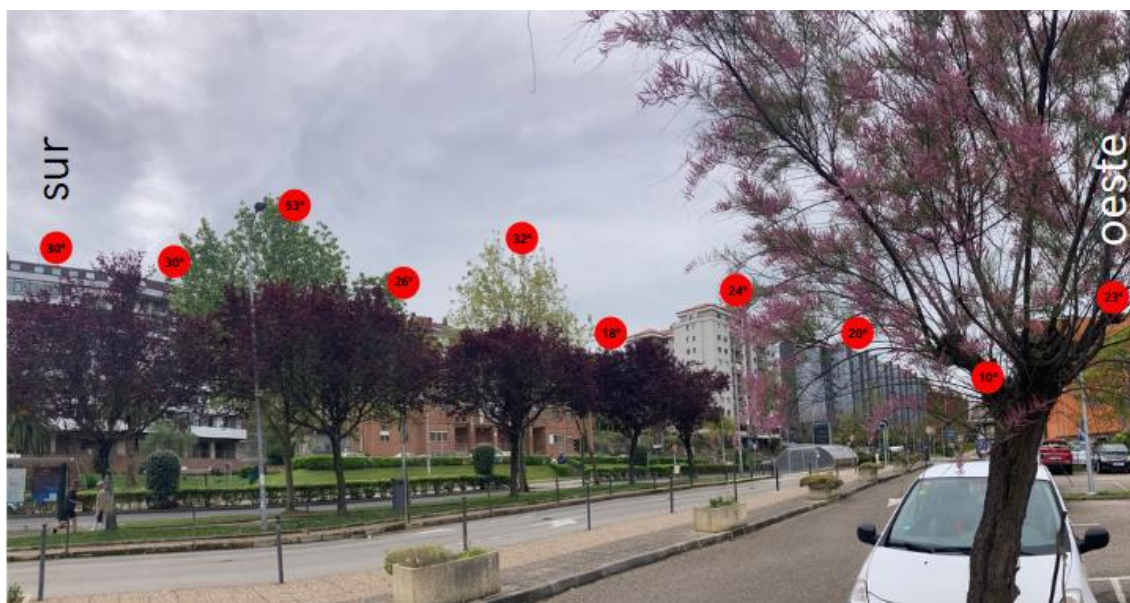


Figura 42. Punto 3 Facultad de Educación SO (Fuente: elaboración propia)



Figura 43. Punto 3 Facultad de Educación NO (Fuente: elaboración propia)

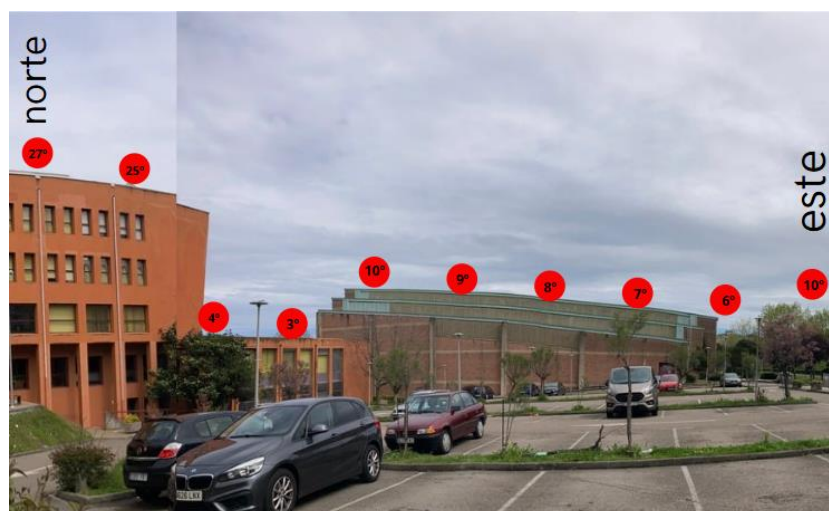
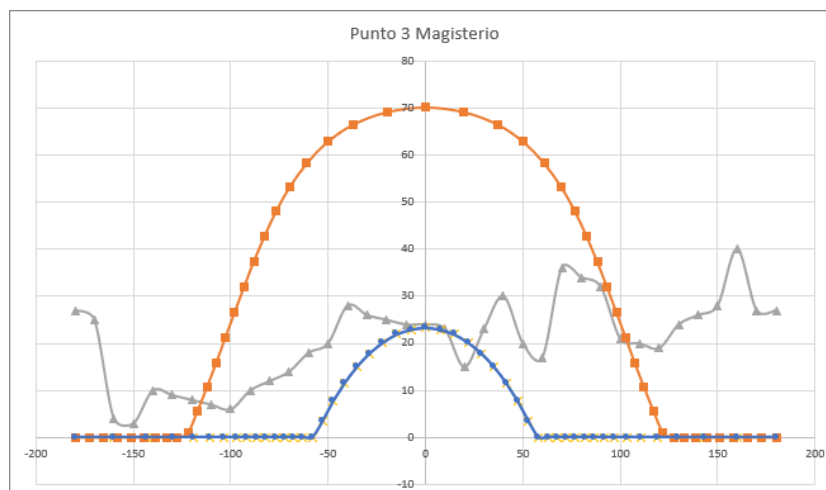


Figura 44. Punto 3 Educación NE (Fuente: elaboración propia)



Figura 45. Punto 3 Facultad de Educación SE (Fuente: elaboración propia)



Gráfica 4. Punto 3 Facultad de Educación (Fuente: elaboración propia)

A diferencia de los otros puntos, en este se puede observar que hay puntos que se encuentran por debajo de los azules, lo que quiere decir que por ejemplo cuando el sol esté a 20° SO en ningún momento del año va a haber sombra. También en esta área podemos observar que los puntos azules están más cercanos por lo que va a haber más horas de sol durante el año.

Una vez analizados los tres puntos llegamos a la conclusión de que la mejor zona para instalar las marquesinas es cerca del punto C, ya que, como vemos en la gráfica,

la captación del sol será máxima. Las marquesinas se deberán ubicar en esta zona, que la que más horas de sol tendrá durante el año.

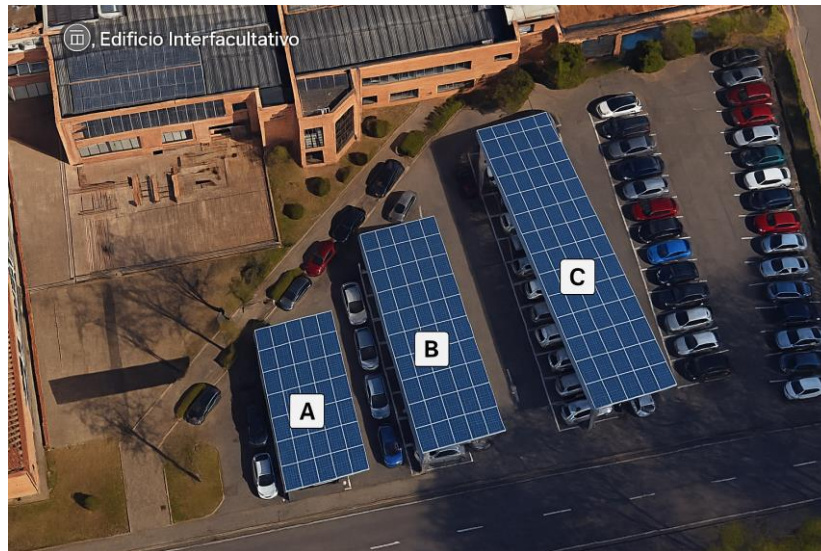


Figura 46. Marquesinas aparcamiento Educación (Fuente: Chatgpt)

Tras determinar que es la mejor zona para colocar las placas solares, se han distribuido las plazas que están más oeste del aparcamiento ya que son las plazas que recibirán más horas de luz.

	Ancho	Largo	Nº plazas
Zona A	5.5m	10.37m	3 plazas
	4.98m	6.14m	2 plazas
Zona B	5.26m	18.31m	6 plazas
	4.99m	22.15m	7 plazas
Zona C	4.8	31.63m	10 plazas
	4.72	31.63	10 plazas
TOTAL PLAZAS			38 plazas

Tabla 10. Número de plazas por marquesina hipótesis B (Fuente: elaboración propia)

Haciendo esta distribución se podrán cubrir las plazas necesarias según la ley. Se conseguirá ubicar todas las plazas para vehículos eléctricos en el aparcamiento de Educación, que es uno los aparcamientos que están más centrados en el campus. Se ha decidido instalar las marquesinas en la zona oeste del aparcamiento para que la sombra de los edificios no intervenga de manera directa en la captación de energía solar.

En esta ubicación también hay que tener en cuenta como puede afectar que la ubicación de las plazas esté en un único aparcamiento de una facultad. Esta ubicación puede provocar un descontento en los alumnos de la facultad de Educación, ya que de las 88 plazas que disponen actualmente si se implantan 36 para la recarga de vehículos eléctricos y teniendo en cuenta que las plazas para coches eléctricos son de mayores dimensiones que las plazas ordinarias, habrá un total de 38 plazas para vehículos de combustión, por lo que las plazas para coches no eléctricos se reducirían a más de la mitad. Esto provocará que los usuarios de la facultad de Educación tengan que optar por aparcar su vehículo más lejos de la facultad.

Sin embargo, existe una alternativa con la que evitaría totalmente las sombras provocadas por los edificios, que sería la instalación de los paneles en la cubierta del edificio de Educación. Esta opción permitiría una mejor captación solar, aunque implicaría ocupar un espacio que, en el futuro podría destinarse a la instalación de paneles fotovoltaicos para el autoabastecimiento del centro.

En conclusión, esta ubicación es más viable que la opción A ya que la captación va a ser notablemente mayor que en la anterior ubicación, ya se ubiquen las placas solares en las marquesinas o en el tejado de la facultad. Pero al igual que la opción A, puede generar disconformidad en los usuarios de la facultad, debido a la falta de plazas para vehículos que no son eléctricos. Dentro de esta opción es más viable colocar las placas solares en el tejado de la escuela ya que la radiación no se va a ver interceptada por ningún edificio, pero se desearía la opción de poner instalar en un futuro placas para el autoabastecimiento del edificio.

6.1.3 Hipótesis C

En esta opción vamos a analizar la posibilidad de distribuir las plazas necesarias por todo el campus. La organización de las plazas debería ser acorde los alumnos que hay en cada facultad, pero hay facultades en las que hay pocas plazas de aparcamiento, por lo que las plazas serían prácticamente cubiertas por plazas de recarga para coches eléctricos, lo que podría causar descontento para los usuarios que no tienen coche eléctrico, ya que tendrían menos plazas para poder aparcar su vehículo. Por lo tanto, las plazas irán acorde de las plazas que hay en cada facultad.

Para sacar el número de plazas para vehículos eléctricos haremos el mismo cálculo que hicimos para todo el campus, aplicando el DR 1053/2014. En el caso de los aparcamientos por facultades, hay algunas que tienen menos de 20 plazas, según el Decreto Real, si el aparcamiento tiene menos de 20, no es obligatorio la instalación de plazas para la recarga de coches eléctricos. Cuando hay más de 20 plazas, se deberá colocar un cargador para coches eléctricos por cada 40 plazas. Sabiendo lo anterior, queda detallado en la siguiente tabla las plazas que harían falta en cada aparcamiento del campus.

<i>Aparcamientos Universidad de Cantabria (Campus de Santander)</i>		
<i>Ubicación</i>	Plazas totales	Plazas para vehículos eléctricos
<i>Facultad de Ciencias</i>	137	3.42≈4
<i>Caminos</i>	147	3.67≈4
<i>Ing. Telecomunicaciones</i>	2	-
<i>Derecho-Economía</i>	461	11.52≈12
<i>Interfacultativo</i>	115	2.87≈3
<i>Politécnico</i>	118	2.95≈3
<i>Filología</i>	19	-
<i>Instituto de Física</i>	13	-
<i>Polideportivo</i>	10	-
<i>Pabellón del gobierno</i>	66	1.65≈2

<i>Detrás del pabellón</i>	99	2.48≈3
<i>Lateral entre pabellón Gov. e interfacultativo</i>	34	1
<i>Detrás del polideportivo</i>	182	4.55≈5

Tabla 11. Plazas por zona de aparcamiento en la UC (Fuente: elaboración propia)

Como podemos ver no todos los aparcamientos necesitarán carga para vehículos eléctricos.

Además de las plazas establecidas anteriormente, se propone la instalación de dos cargadores de carga rápida destinados a servicios de la universidad, y sea para el mantenimiento de las instalaciones o para cargos de la dirección de la universidad, que necesiten un servicio más puntual y rápido. Estos cargadores se ubicarán al lado del pabellón del gobierno.

Después de haber analizado las tres hipótesis se ha llegado a la conclusión que la última es la mejor opción, ya que las plazas estarán distribuidas por todo el campus, lo que facilitará la movilidad y la comodidad de los usuarios tanto de vehículo eléctrico como de combustión.

6.2 POTENCIA NECESARIA PARA ALIMENTAR LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En este apartado se calculará la potencia que será necesaria para alimentar los vehículos eléctricos. Se hará una estimación de la potencia máxima. Para calcular la potencia total que se consumirá se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Número de vehículos: 36 plazas para vehículos eléctricos según el Decreto Real 1053/2014. Se supondrá que todas las plazas estarán ocupadas para calcular la potencia máxima.

Tipo de carga: para calcular la potencia máxima se considerará que los cargadores instalados son de carga lenta. Como se ha mencionado anteriormente se colocarán

dos cargadores extra para la carga de vehículos de la universidad, que para este estudio también se supondrá que están ocupados.

Tiempo que pasan los coches en la universidad: Haremos una estimación del tiempo medio que pasan los usuarios de la universidad. Vamos a considerar que están ocupadas durante el horario en el que se imparten clases. Durante otros horarios también hay usuarios en la universidad en las bibliotecas, despachos y salas de estudio, pero se puede compensar con las plazas que se queden libres durante el horario de clases. El horario de clases es aproximadamente desde las 8h hasta las 20h, 12 horas en el que se considerará que todas las plazas estarán ocupadas.

Horas de luz: En Santander dependiendo del día del año las horas de luz varían desde 8 horas y 57min el 21 de diciembre hasta 15 horas y 25 minutos el 21 de junio [41].

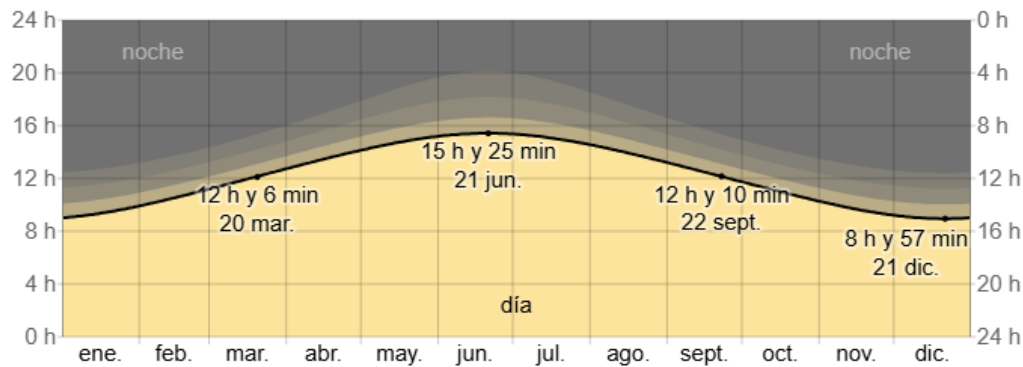


Figura 47. Horas de luz en Santander en 2025 (Fuente: Weather Park [42])

Meses	Horas de luz (horas)
<i>Enero</i>	9,4h
<i>Febrero</i>	10,6h
<i>Marzo</i>	12h
<i>Abril</i>	13,5h
<i>Mayo</i>	14,8h
<i>Junio</i>	15,4h
<i>Julio</i>	15h
<i>Agosto</i>	13,9h
<i>Septiembre</i>	12,4h

<i>Octubre</i>	11h
<i>Noviembre</i>	9,7h
<i>Diciembre</i>	9h

Tabla 12. Horas de luz en Santander por meses (Fuente: Weather Park [42])

Días que abre la universidad: Se necesita saber los días que abre la universidad para calcular la potencia por meses ya que habrá meses como los de verano que la afluencia será menor por que los alumnos no van a clase. Estos cargadores están diseñados para el uso exclusivo de los usuarios de la universidad. Por lo que la gente que no pertenezca a la universidad no podrá utilizarlo. El uso de los cargadores se controlará mediante la verificación de la tarjeta de estudiante.

Mes	Días de apertura de la Universidad
<i>Enero</i>	10 días
<i>Febrero</i>	20 días
<i>Marzo</i>	21 días
<i>Abril</i>	16 días
<i>Mayo</i>	22 días
<i>Junio</i>	5 días
<i>Julio</i>	14 días
<i>Agosto</i>	-
<i>Septiembre</i>	17 días
<i>Octubre</i>	23 días
<i>Noviembre</i>	21 días
<i>Diciembre</i>	11 días

Tabla 13. Días de apertura de la UC por meses (Fuente: elaboración propia)

Consumo medio de la carga completa de un coche eléctrico: Se estima la potencia media que consume un coche eléctrico para los dos tipos de cargas.

- Carga lenta: aproximadamente 3.6 kW
- Carga rápida: aproximadamente 100 kW

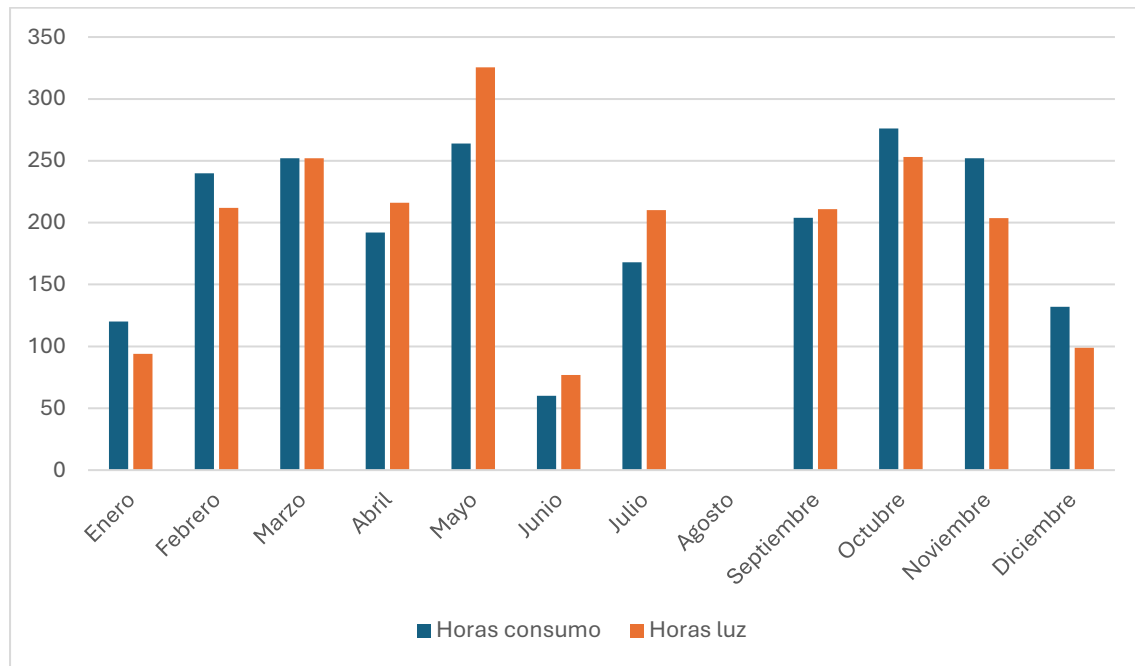
Ahora que ya se han expuesto las variables que influyen para el cálculo de la potencia máxima se va a sacar dicha potencia de cada uno de los meses. Primero se calculan las horas de consumo cada mes del año 2025.

$$\text{Horas luz al mes} = \text{Días de apertura} \cdot \text{Horas de luz al día}$$

$$\text{Horas de consumo al mes} = \text{Días de apertura} \cdot \text{Horas de apertura}$$

	Horas consumo	Horas luz
<i>Enero</i>	120h	94h
<i>Febrero</i>	240h	212h
<i>Marzo</i>	252h	252h
<i>Abril</i>	192h	216h
<i>Mayo</i>	264h	325.6h
<i>Junio</i>	60h	77h
<i>Julio</i>	168h	210h
<i>Agosto</i>	-	-
<i>Septiembre</i>	204h	210.8h
<i>Octubre</i>	276h	253h
<i>Noviembre</i>	252h	203.7h
<i>Diciembre</i>	132h	99h

Tabla 14. Comparativas horas de consumo/horas de luz (Fuente: elaboración propia)



Gráfica 5. Comparativas horas de consumo y horas de luz (Fuente: elaboración propia)

En el anterior gráfico podemos ver la comparación de las horas que tendrían consumo con las horas de luz durante un mes. Como podemos ver en la mayoría de los meses hay más consumo que horas de luz, exceptuando los meses de abril, mayo, junio, julio y septiembre, ya que durante esos meses los días son más largos y habrá más horas de luz. La diferencia de consumo se cubrirá mediante la conexión establecida entre la instalación y la red de la universidad. En donde la energía en exceso será utilizada por la universidad y la energía que falte para la carga de los vehículos, será aportada por la red.

A partir de los datos proporcionados anteriormente de la ocupación y el uso de los cargadores, se ha estimado la potencia total instalada para cubrir la demanda máxima de los cargadores para vehículos eléctricos.

La potencia de los cargadores se distribuye de la siguiente manera:

$$\text{Potencia consumida carga lenta} = 3,7kW \cdot 36 \text{ plazas} = 133,2 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia consumida carga lenta} = 100kW \cdot 2 \text{ plazas} = 200 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia total consumida} = 133,2 \text{ kW} + 200 \text{ kW} = 333,2 \text{ kW}$$

Multiplicando esta potencia por las horas de funcionamiento mensual (12 h/día en días lectivos), se obtiene la energía consumida mensualmente en cada periodo.

Mes	Consumo total (kWh)
<i>Enero</i>	39984
<i>Febrero</i>	79968
<i>Marzo</i>	83966,4
<i>Abril</i>	63974,4
<i>Mayo</i>	87964,8
<i>Junio</i>	19992
<i>Julio</i>	55977.6
<i>Agosto</i>	-
<i>Septiembre</i>	67972,8
<i>Octubre</i>	91963,2
<i>Noviembre</i>	83966,4
<i>Diciembre</i>	43982,4
TOTAL	719712

Tabla 15. Energía anual consumida por todos los cargadores (Fuente: elaboración propia)

Como conclusión de este apartado, la energía total anual necesaria para alimentar todos los cargadores, tanto de carga rápida como de cargar lenta durante un año, es de 719712 kWh. Esta cifra se ha obtenido considerando un uso de las plazas únicamente durante las horas de clases (de 8:00 a 20:00 horas), en los días lectivos y considerando que todas las plazas estuviesen ocupadas durante ese tiempo. También se ha realizado una comparación de la demanda energética mensual con las horas de luz disponibles en Cantabria, en donde se ha llegado a la conclusión que en los meses cercanos a verano y en verano, la radiación solar disponible supera a las horas de demanda eléctrica de los cargadores. Esto indica una mayor viabilidad de realizar el proyecto durante esos meses de verano.

7 PROPUESTA ECONÓMICA

Una vez que se han expuesto todas las variables del proyecto se va a hacer una estimación económica con el objetivo de poner más realismo al proyecto. Se presenta a continuación una estimación económica de cada uno de los elementos que son necesarios para llevar a cabo el proyecto.

En el apartado 6.1 se ha decidido que la opción más viable será aquella en la que se contará con 36 plazas distribuidas de manera proporcional a las plazas de cada zona de aparcamientos del campus de la Universidad de Santander. Por otra parte, la marquesina que se eligió como mejor opción fue la marquesina PVT por su ligereza, versatilidad y menor coste. Teniendo estos datos en cuenta, a continuación, se va a hacer un desglose económico.

Marquesinas

Las marquesinas se encontrarán distribuidas por todo el campus como hemos visto anteriormente, y se necesitarán marquesinas que sean acorde a las plazas necesarias.

El precio base de una marquesina sin instalación fotovoltaica para una plaza de las mismas características que la marquesina PVT ronda los 500€, incluyendo únicamente la estructura metálica. Este valor se ha estimado con precios ofrecidos por fabricantes como Aplitech o similares. Se utilizará este precio de base para calcular el precio total de todas las marquesinas del campus [43].

<i>Aparcamientos Universidad de Cantabria (Campus de Santander)</i>		
<i>Ubicación</i>	<i>Plazas por estructura</i>	<i>Precio estructura (€)</i>
<i>Facultad de Ciencias</i>	4	2000
<i>Caminos</i>	4	2000
<i>Derecho-Economía</i>	12	6000
<i>Interfacultativo</i>	3	1500

<i>Politécnico</i>	3	1500
<i>Pabellón del gobierno</i>	2	1000
<i>Detrás del pabellón</i>	3	1500
<i>Lateral entre pabellón Gob. e interfacultativo</i>	1	500
<i>Detrás del polideportivo</i>	5	2500
TOTAL	37	18500

Tabla 16. Precio de las marquesinas en cada aparcamiento de la UC (Fuente: elaboración propia)

Como podemos ver el precio de las marquesinas sin incluir la instalación de carga y los paneles solares es de aproximadamente 18500€.

Paneles solares

Los paneles solares se ha decidido que la mejor opción son los paneles monocristalinos. también se ha supuesto que los módulos serán de 1,65x1m y la potencia que generarán será aproximadamente de 300W. El precio de un módulo de estas características ronda los 200€. Asíque partiendo de este precio, calcularemos el número de paneles necesarios y el precio total que costaría los paneles solares [44].

En el apartado 5.1 ya se calculó el número de módulos que se podían colocar encima de cada marquesina. Con este dato, se podrá calcular cuantos módulos se podrán colocar en todo el campus. Consideraremos que se utiliza el modelo PVT2, que es el modelo con dimensiones más bajas dentro de la gama PVT.

$$\text{Número de módulos} = 30 + 30 + 90 + 24 + 24 + 15 + 24 + 15 + 9 + 39 = 300$$

$$\text{Precio módulos} = 300 \text{ panel} \cdot \frac{200 \text{ €}}{\text{módulo}} = 60000 \text{ €}$$

Suponiendo que el área de la cubierta se llene de módulos, se tendrán un total de 300 módulos en el campus, lo que supondrá un total de 60000€.

Ahora que se sabe el número de paneles que se podrán colocar encima de las marquesinas, se podrá calcular la potencia total que podrían generar todos los paneles.

$$Potencia\ pico = 300\ paneles \cdot 300 \frac{W}{panel} = 90\ kWp$$

Torre de carga

Las torres de carga estarán compuestas por los elementos mencionados anteriormente. Los elementos variarán dependiendo de si la carga es lenta o rápida. En el proyecto que nos ocupa como se mencionó anteriormente, no se pondrán baterías lo que abarata el precio de la torre.

$$Precio\ torre = Precio\ inversor + Precio\ elementos\ protección + Precio\ cableado$$

$$Precio\ torre = 1000\ € + 300\ € + 700\ € = 2000\ €$$

Para una torre de carga lenta el precio oscilaría sobre los 2000€. En cambio, para la torre de carga rápida el precio aumentaría notablemente.

$$Precio\ torre = Precio\ inversor + Precio\ elementos\ protección + Precio\ cableado$$

$$Precio\ torre = 3000\ € + 5000\ € + 15000\ € = 23000\ €$$

Como se puede observar el precio de una torre de carga rápida, es muy elevado frente a una torre de carga lenta.

Ahora se calculará la inversión total por las torres de carga del campus. Se tendrá en cuenta que los cargadores tienen dos tomas.

$$Precio\ torres = Precio\ torres\ carga\ rápida \cdot N + Precio\ torres\ carga\ lenta \cdot N$$

$$Precio\ torres = 23000 \cdot 1 + 2000 \cdot (2 + 2 + 6 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 3) = 65000\ €$$

Ahora que se tiene el precio de todos los elementos del sistema, tenemos un presupuesto aproximado del precio material para la realización del proyecto. Aunque para tener una idea completa del presupuesto real habría que sumar un precio de mano de obra y mantenimiento al precio material. Por lo que se va a estimar un presupuesto de 60000 € de mano de obra, materiales y permisos para realizar el proyecto.

$$Precio\ material = 18500 + 60000 + 65000 + 60000 = 203500\ €$$

Se estima que el precio del proyecto podría oscilar los 200000€. Aunque esto es un presupuesto aproximado ya que depende de la calidad de los equipos, condiciones del terreno, transporte de materiales, precio de mano de obra, etc.

Además, como se ha comentado anteriormente, los paneles solares estarán conectados a la red de la universidad correspondiente pudiendo dotar a la universidad de la energía sobrante de los paneles solares. Por otro lado, en el caso de que la energía captada por los paneles no fuera suficiente, la universidad podría aportar energía proveniente de la red para la carga de los vehículos. Todo esto supondría la instalación de una conexión subterránea a la UC, lo que incrementaría el coste de la instalación.

8 CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de este trabajo se ha demostrado la viabilidad técnica y energética de implantar una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en la Universidad de Cantabria, alimentada mediante energía solar fotovoltaica. Se ha partido de un enfoque integral que ha contemplado desde el análisis del contexto energético y legislativo actual, hasta el diseño específico de las marquesinas, la selección de componentes tecnológicos y el emplazamiento de dichas plazas.

El estudio ha identificado que, para cumplir con la normativa vigente nombrada durante el trabajo (RD 1053/2014), serían necesarias 36 plazas con carga lenta para vehículos eléctricos en el campus de las Llamas en Santander. Además, se instalarán dos puntos de carga adicionales para los servicios de la universidad, siendo estos últimos de carga rápida. Se han estudiado diferentes opciones para que el emplazamiento de las plazas satisfaga a los usuarios y sea eficiente. Tras el estudio, se ha determinado que la mejor opción de las expuestas es aquella en la que las plazas se distribuyen por todo el campus de forma proporcional a las plazas. Las plazas estarán cubiertas por una marquesina de tipo PVT de la empresa Aplitech o similar, por su versatilidad para adaptarse a las necesidades del campus, su bajo coste y el poco peso estructural que tienen.

Por otro lado, se han expuesto los elementos que componen este sistema eligiendo aquel tipo que se adaptan mejor a las necesidades. Las placas solares de la instalación se ha supuesto que sean de 1,65x1m y que tengan una potencia pico de 300W. Estos módulos serán de capa fina, que es un tipo de placa que, aunque no tiene mucha eficiencia, es versátil y económica.

Se ha decidido que la instalación funcione sin baterías, ya que aumentan mucho el coste del proyecto. En el caso de que la energía obtenida por las placas exceda a la utilizada por los vehículos, esta energía se utilizará para la alimentación de los edificios de la UC, en cambio, si los cargadores requieren de más energía que la producida, utilizarán la de la red convencional.

Desde el punto de vista energético, en el trabajo se ha calculado que la energía pico necesaria para alimentar los cargadores será de 719712 kWh, considerando las 36 plazas de carga lenta y las dos de carga rápida. En cuanto a la producción, los 300 módulos fotovoltaicos previstos, suman una potencia de 90 kWp. Aunque esta potencia no cubre completamente el consumo. El consumo se ha calculado para todas las plazas ocupadas y con un uso en todas las horas lectivas, lo cual superaría con creces el uso real. Como ya se ha comentado, si la energía generada por los paneles no fuera suficiente, se podría utilizar la de la red de la universidad.

En conjunto, se concluye que el sistema es técnicamente viable, energéticamente eficiente y económicamente razonable, además de cumplir con la normativa y contribuir activamente a los objetivos de sostenibilidad ambiental y movilidad verde de la universidad.

Desde el punto de vista personal, con este proyecto he aprendido que la ingeniería no solo trata de resolver problemas técnicos, sino de plantear soluciones que generen un impacto positivo real.

Además, este trabajo me ha hecho ser más consciente de la urgencia de adoptar soluciones sostenibles en todos los ámbitos de nuestra vida, especialmente en el transporte, que es uno de los sectores más contaminantes.

Por último, este proyecto ha sido también una etapa de crecimiento personal. Me ha enseñado a organizar un trabajo complejo, a buscar soluciones cuando surgían

obstáculos y a defender con criterio técnico y ético una propuesta de futuro. Con él cierro una etapa académica con la satisfacción de haber aportado, aunque sea modestamente, una idea que puede contribuir a una sociedad más limpia, responsable y consciente del entorno.

9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Objetivos de Desarrollo Sostenible», Naciones Unidas. Accedido: 7 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- [2] «¿Qué es el cambio climático?», Acción por el Clima. Accedido: 12 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- [3] «España se calienta». Accedido: 11 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fundacionmatrix.es/espana-se-calienta/>
- [4] «10 acciones para combatir el cambio climático». Accedido: 11 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://selectra.es/energia/info/10-acciones-para-combatir-el-cambio-climatico>
- [5] «Impacto ambiental de las baterías para vehículos eléctricos», ¿Las baterías de los coches eléctricos son malas para el medio ambiente? Accedido: 12 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.greencars.com/es-us/greencars-101/impacto-ambiental-de-las-baterias-para-vehiculos-electricos>
- [6] «Las ventas de coches eléctricos en España crecieron un 73,4% en 2023», Coche eléctrico. Accedido: 12 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autobild.es/noticias/ventas-coches-electricos-espana-crecieron-734-2023-1353631>
- [7] «Gráfica de evolución de Automóviles eléctricos en España entre 2014 y 2022», Automóviles eléctricos matriculados en España. Accedido: 27 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B3viles_el%C3%A9ctricos_en_Espa%C3%B1a

-
- [8] «Matriculaciones de vehículos eléctricos». Accedido: 6 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: Matriculaciones de vehículos eléctricos.
- [9] «El Inicio de la Energía Renovable», LA HISTORIA DE LA ENERGÍA RENOVABLE: ¿CUÁNTO HEMOS AVANZADO? Accedido: 12 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.crownbattery.com/es/blog/la-historia-de-la-energ%C3%ADa-renovable-cu%C3%A1nto-hemos-avanzado>
- [10] «Informes del sistema eléctrico español 2024». Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2025/03/la-produccion-renovable-crece-en-Espana-un-10-3-por-ciento-2024-alcanza-mayores-registros>
- [11] «Previsión solar Europa 2023-2027», Estos son los diez gráficos que muestran el boom que la energía solar está experimentando en todo el mundo. Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/estos-son-los-diez-graficos-que-muestran-20230614>
- [12] «La ciencia de las placas solares, en profundidad», ¿Cómo funcionan las placas solares? Accedido: 16 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/como-funcionan-placas-solares/>
- [13] «Funcionamiento de una celda solar fotovoltaica». Accedido: 9 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mikitsolar.es/blog/principio-de-funcionamiento-del-autoconsumo-n214>
- [14] «Universidad de Cantabria». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_de_Cantabria
- [15] «Real Decreto 1053/2014», BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO Miércoles 31 de diciembre de 2014.
- [16] «Realdecreto 1053/2014», Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/12/1053>
- [17] «Real Decreto-ley 29/2021», Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-21096>
- [18] «ITC-BT 52», BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO Miércoles 31 de diciembre de 2014.
-

-
- [19] «Aplitech», Marquesinas fotovoltaicas. Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aplitech-energy.com/marquesinas-fotovoltaicas/>
- [20] «Aplitech PVS-R». Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.aplitech-energy.com/marquesinas-fotovoltaicas/marquesinas-pvs2_r/
- [21] «Aplitech PVS». Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aplitech-energy.com/marquesinas-fotovoltaicas/marquesinas-pvs/>
- [22] «Aplitech PVM». Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aplitech-energy.com/marquesinas-fotovoltaicas/marquesinas-pvm/>
- [23] «Aplitech PVT». Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aplitech-energy.com/marquesinas-fotovoltaicas/marquesinas-pvt/>
- [24] «Placas solares», Energía solar fotovoltaica. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica?utm_
- [25] «Tipos de placas solares según sus células fotovoltaicas», Tipos de placas solares según sus células fotovoltaicas. Accedido: 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/energia-solar/tipos-de-placas-solares>
- [26] «Tipos de placas solares», Características de los paneles solares fotovoltaicos. Accedido: 27 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/tipos-de-placas-solares/index.cshtml>
- [27] «Elementos de protección para instalaciones fotovoltaicas en corriente continua y alterna». Accedido: 30 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.apiem.org/elementos-de-proteccion-para-instalaciones-fotovoltaicas-en-corriente-continua-y-alterna/>
- [28] «Que es un contactor», Una guía detallada para saber qué es un contactor. Accedido: 4 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.beny.com/es/what-is-a-contactor/?utm_source
-

-
- [29] «Los controladores de carga en los sistemas solares fotovoltaicos», Los controladores de carga en los sistemas solares fotovoltaicos. Accedido: 1 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://solar-fotovoltaico.com/componentes/controladores/funcion-basica/>
- [30] «¿Qué es un regulador de carga?», Tipos de reguladores de carga. Accedido: 4 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- [31] «Batería de plomo ácido: qué es, ventajas y desventajas», Baterías de plomo-ácido ventajas y desventajas: Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.derichebourgespana.com/bateria-de-plomo-acido/>
- [32] «¿Qué tipos de baterías para placas solares existen?», BATERÍAS DE NÍQUEL-CADMIO. Accedido: 29 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.es/blog/autoconsumo/tipos-de-baterias-para-placas-solares>
- [33] «Sistemas de almacenamiento con baterías de flujo», Las ventajas de las baterías de flujo. Accedido: 17 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/almacenamiento/baterias-de-flujo>
- [34] «Principios de la tecnología de carga para electromovilidad», Carga AC y DC: ¿cuál es la diferencia? Accedido: 6 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.phoenixcontact.com/es-es/industrias/electromovilidad/principios-electromovilidad-tecnologia-carga?>
- [35] «Conectores para cargar el coche eléctrico», Como cargar un coche eléctrico. Accedido: 7 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.aldautomotor.es/cargar-coche-electrico/>
- [36] «La guerra de estándares en cargadores de coches eléctricos: todo lo que hay que saber», Xataka. Accedido: 15 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/vehiculos/guerra-estandares-cargadores-coches-electricos-todo-que-hay-que-saber-1>
- [37] «CCS2 Connector: Everything you need to know for electric car owners», EcoFactor. Accedido: 6 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ecofactortech.com/en/ccs2-connector/>
-

-
- [38] «Tipos y medidas de plazas de parking en España». Accedido: 14 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dequiros.es/tipos-medidas-de-plazas-de-aparcamiento-parking-espana/>
- [39] «Horas de sol», shademap. Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://shademap.app/@43.47063,-3.80569,16.94113z,1760350613574t,0b,0p,0m>
- [40] «Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)». Accedido: 15 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en
- [41] «Horas de luz natural y crepúsculo en Santander», El clima y el tiempo promedio en todo el año en Santander. Accedido: 10 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/37498/Clima-promedio-en-Santander-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [42] «El clima y el tiempo promedio en todo el año en Santander». Accedido: 10 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.weatherspark.com/y/37498/Clima-promedio-en-Santander-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#google_vignette
- [43] «Precio Marquesina». Accedido: 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Urbanizacion_interior_de_la_parcela/Aparcamientos/Cubiertas_fotovoltaiicas/UCF015_Marquesina_fotovoltaiica_para_cobertc7_0_1_0_1_0_0_1c3_0.html
- [44] «Paneles Monocristalinos». Accedido: 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://iterin.com/paneles-solares-victron-bluesolar-monocristalinos-2959.html#/3948-potencia-305w>
-