



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**Comunidad energética en estación de autobuses y
su viabilidad económica**

Autor: Jaime Bohigues Flores

Director: Andrés Fernández Ramos

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título *Comunidad energética en estación de autobuses y su viabilidad económica* en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Jaime Bohigues Flores

Fecha: 22/ 07/ 2023



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Andrés Fernández Ramos

Fecha: 23/ 07/ 2023



Agradecimientos

Agradecimientos al director de mi Trabajo Fin de Grado, Andrés Fernández Ramos, por su dedicación, orientación y apoyo a lo largo de este proceso. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el éxito de mi proyecto.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la empresa AmaraNZero por su valiosa colaboración en mi trabajo de fin de grado. Su generosa contribución de software e información ha enriquecido significativamente mi investigación y ha permitido alcanzar resultados de calidad.

COMUNIDAD ENERGÉTICA EN ESTACIÓN DE AUTOBUSES Y SU VIABILIDAD ECONÓMICA

Autor: Bohigues Flores, Jaime

Director: Fernández Ramos, Andrés

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se pretende realizar una propuesta de instalación fotovoltaica de autoconsumo en una estación de autobuses de Valencia. En el proyecto se analizará la rentabilidad económica teniendo en cuenta diferentes configuraciones, variando las tecnologías utilizadas y soluciones energéticas para obtener la instalación óptima.

Palabras clave: autoconsumo, módulo fotovoltaico, rentabilidad, consumo energético, radiación solar, modelo energético, sostenibilidad.

1. Introducción y contexto energético

España es un país que históricamente no ha tenido mucha capacidad de generación energética y siempre ha sido muy dependiente de las importaciones energéticas de otros países. Estas exportaciones representaban hasta un 75% de la energía total de país. En estos momentos tanto España como Europa se encuentran en un proceso de descarbonización para fomentar las energías renovables y dejar de depender energéticamente de otros países.

Para ello se han creado diferentes planes de acciones tanto a nivel europeo como a nivel nacional. En Europa se concretó en el Acuerdo de París en 2015, en el cual se marcaron como objetivo alcanzar la neutralidad climática para el año 2050. A nivel nacional se ha desarrollado existen varios planes en marcha para fomentar la transición hacia las energías renovables, pero destaca principalmente el [1]Plan Nacional Integrado de la Energía y Clima (PNIEC). Este plan define los objetivos energéticos hasta el año 2030. Establece la meta de que el 42% de la energía utilizada en la economía sea de fuentes renovables, además de lograr una penetración del 74% de energías renovables en el sector eléctrico

[2]El aumento del precio de la electricidad está impulsando el mercado fotovoltaico europeo y global. Europa instaló 33 GW de energía fotovoltaica en techos en 2022, un

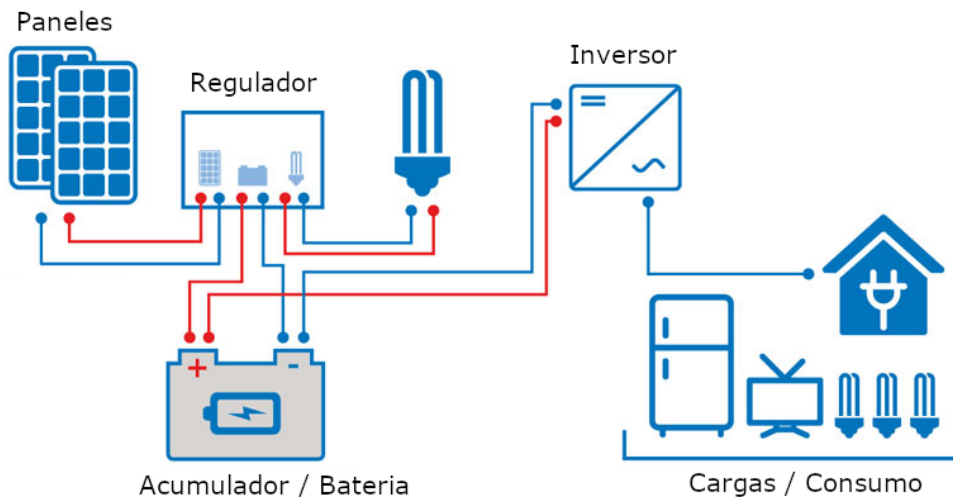
aumento del 80% con respecto a 2021. Hasta 2026, se prevé que España y Alemania lideren este mercado europeo. Debido a los precios volátiles de la energía, que fomentan el autoconsumo en hogares y negocios, España experimentó un crecimiento del 75% en 2022, mientras que Alemania tiene como objetivo instalar 215 GW en techos para 2030.

2. Análisis de la instalación

La instalación propuesta se encuentra en la ciudad de Valencia situada en una estación de autobuses. El edificio objeto de estudio es la Estación de Autobuses de Valencia que se sitúa en la Calle Menéndez Pidal, 13, 46009, Valencia. (39°28'52" N, 0°23'17" W).

Una vez determinado el lugar en el cual se va a realizar la instalación y se deben analizar los consumos de la estación de autobuses. Para ello se realiza una estimación ante la imposibilidad legal de acceder a los datos propios de la instalación. Para realizar una estimación más precisa se diferencian los consumos tanto de los fines de semana y días laborables como de las dos estaciones genéricas del año que son invierno y verano. Además de ello se realizan los perfiles de consumos con los datos obtenidos para una mejor representación de la información.

También es necesario realizar un análisis de la radiación solar en el lugar en el que se va a realizar la instalación. Para ello se obtienen los datos de los últimos 10 años de irradiación solar aportados por el PVGIS. Como se hizo con el consumo también se segmenta el año según la estacionalidad dividiendo el año en invierno y verano. Es fundamental la representación de los datos obtenidos en gráficas, en el caso de la irradiación se realizan diferentes ilustraciones, que ayudan a la obtener conclusiones posteriores, como un perfil de radiación solar o la comparativa de radiación por estacionalidad. Por último, se realiza un cruce de datos entre la radiación y el consumo para comparar los picos de consumos y radiación y sacar conclusiones sobre cómo se distribuyen los consumos a lo largo del día comparando con la radiación que está directamente relacionada por tanto con la generación energética



Esquema instalación fotovoltaica.

Fuente: HelioEsfera

3. Modelo energético

Para analizar correctamente la viabilidad de la instalación es necesario crear un modelo energético que permita realizar un estudio integral de la instalación. Este modelo consta de tres variables de entrada principales: el precio de la energía a futuros, el consumo y la radiación que han sido analizados anteriormente. El coeficiente de apuntamiento es un número que refleja la relación entre el precio de venta de la energía eléctrica y el precio medio del mercado diario. Para estudiar qué precios tiene la instalación, se estima un coeficiente de apuntamiento a lo largo de su vida útil. Se utilizan datos del [3]OMIE para estimar los precios futuros de la energía hasta 2033, y a partir de ahí se asume un precio constante hasta 2040. Una vez se introducen todos los parámetros dentro del modelo se obtienen todos los flujos de caja que nos permiten analizar la rentabilidad y viabilidad de la instalación. Para encontrar la instalación óptima se introducen en el modelo los parámetros necesarios de diferentes casos y tecnologías para obtener así todos los flujos de caja. Una vez se obtienen todos estos datos se hace el estudio de rentabilidad teniendo en cuenta lo siguiente: la inversión inicial, la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN), el PayBack y el precio por Kwp instalado (€/Kwp). Una vez se tiene todos estos parámetros se pasa a la selección de la instalación final.

4. Instalación final

Después de realizar un análisis de rentabilidad de todas las opciones, se determinó que la instalación de 349,8 Kwp con venta de excedentes y paneles bifaciales era la mejor y más viable. Los paneles bifaciales y la venta de excedentes de energía son componentes cruciales para aumentar la rentabilidad del proyecto.

Potencia	349,8 Kwp
Inversión	-216.235,35 €
TIR	9,41%
VAN	62.845,67 €
PayBack	9
€/Kwp	618,17 €/Kwp

Datos análisis de rentabilidad.

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

- Destaca la importancia y potencial que tiene la energía fotovoltaica en España y en Europa
- El mercado energético se está orientado hacia fuentes más limpias y sostenibles en España y Europa.
- La instalación óptima seleccionada consta de una capacidad de 349,8 Kwp, incluyendo la venta de excedentes de energía y la implementación de paneles bifaciales.
- La instalación fotovoltaica fortalece su impacto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático.
- Con un rendimiento específico de 1.792,22 Kwh/Kwp, la instalación supera el promedio de instalaciones fotovoltaicas en España, según el análisis.
- Se ha realizado una evaluación de la rentabilidad y la viabilidad económica del proyecto teniendo en cuenta factores financieros, técnicos y normativos.
- Para aumentar aún más la eficiencia y el rendimiento de la instalación, se proponen mejoras futuras, como el uso de optimizadores en los paneles solares y los sistemas de seguimiento solar.

- La instalación fotovoltaica fomenta la diversificación de la matriz energética y el desarrollo de tecnologías limpias y renovables, lo que impulsa la transición hacia un futuro energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

6. Referencias

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030,» 2021.
- [2] S&P Global. Comodity Insights, «PV Installations Tracker: Fourth Quarter 2022,» 2022.
- [3] OMIE, «OMIE,» [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price>.

ENERGY COMMUNITY IN BUS STATION AND ITS ECONOMIC VIABILITY

Author: Bohigues Flores, Jaime.

Supervisor: Fernández Ramos, Andrés.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project aims to develop a proposal for a self-consumption photovoltaic installation in a bus station in Valencia. The project will analyze the economic profitability taking into account different configurations, varying the technologies used and energy solutions to obtain the optimal solution.

Keywords: self-consumption, photovoltaic module, profitability, power consumption, solar radiation, energy model, sustainability

1. Introduction and energy context

Spain is a country that historically has not had much energy generation capacity and has always been highly dependent on energy imports from other countries. These exports represented up to 75% of the country's total energy. At present, both Spain and Europe are undergoing a decarbonization process to promote renewable energies and stop depending on other countries for energy.

To this end, different action plans have been created at both the European and national levels. In Europe, this was materialized in the Paris Agreement in 2015, which set the goal of achieving climate neutrality by 2050. At the national level, there are several plans in place to promote the transition to renewable energies, but the [1]National Integrated Energy and Climate Plan (PNIEC) stands out. This plan defines the energy objectives up to 2030. It sets the goal that 42% of the energy used in the economy should come from renewable sources, as well as achieving a 74% penetration of renewable energies in the electricity sector.

[2]Rising electricity prices are driving the European and global PV market. Europe installed 33 GW of rooftop PV in 2022, an 80% increase over 2021. Until 2026, Spain and Germany are expected to lead this European market. Due to volatile energy prices,

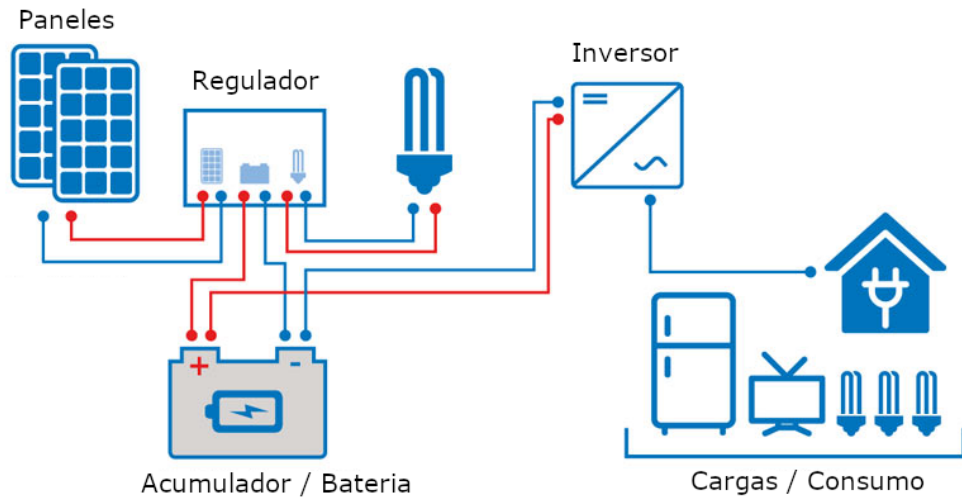
which encourage self-consumption in homes and businesses, Spain experienced 75% growth in 2022, while Germany aims to install 215 GW on rooftops by 2030.

2. Installation analysis

The proposed installation is in the city of Valencia in a bus station. The building under study is the Valencia Bus Station located at Calle Menéndez Pidal, 13, 46009, Valencia (39°28'52" N, 0°23'17" W).

Once the place where the installation is going to be conducted has been determined, the consumption of the bus station must be analyzed. For this purpose, an estimate is made, given the legal impossibility of accessing the installation's own data. To make a more accurate estimate, the consumption of both weekends and working days as well as the two generic seasons of the year (winter and summer) are differentiated. In addition, consumption profiles are made with the data obtained for a better representation of the information.

It is also necessary to perform an analysis of the solar radiation at the site where the installation is to be conducted. For this purpose, data from the last 10 years of solar irradiation provided by the PVGIS is obtained. As was done with consumption, the year is also segmented according to seasonality, dividing the year into winter and summer. It is essential to represent the data obtained in graphs, in the case of irradiation, different illustrations are made, which help to obtain later conclusions, such as a solar radiation profile or the comparative of radiation by seasonality. Finally, a cross-check of data between radiation and consumption is conducted to compare consumption and radiation peaks and to draw conclusions on how consumption is distributed throughout the day compared to radiation, which is directly related to energy generation.



Photovoltaic installation diagram.

Source: HelioEsfera

3. Energetical model

To properly analyze the feasibility of the installation, it is necessary to create an energy model that allows a comprehensive study of the installation. This model consists of three main input variables: the price of future energy, consumption, and radiation, which have been analyzed previously. The target coefficient is a number that reflects the relationship between the selling price of electricity and the average daily market price. To study the price of the facility, a targeting coefficient is estimated over its lifetime. [3]OMIE data are used to estimate future energy prices until 2033, and from then on, a constant price is assumed until 2040. Once all the parameters are introduced into the model, all the cash flows are obtained, which allow us to analyze the profitability and viability of the facility. To find the optimal installation, the necessary parameters of different cases and technologies are introduced into the model to obtain all the cash flows. Once all these data are obtained, the profitability study is conducted considering the following: the initial investment, the Internal Rate of Return (IRR), the Net Present Value (NPV), the PayBack and the price per Kwp installed (€/Kwp). Once all these parameters are available, the selection of the final installation is made.

4. Selected project

After conducting a profitability analysis of all options, it was determined that the 349.8 Kwp installation with surplus sales and bifacial panels was the best and most viable. The

bifacial panels and the sale of surplus energy are crucial components to increase the profitability of the project.

Power	349,8 Kwp
Investment	-216.235,35 €
IRR	9,41%
NPV	62.845,67 €
PayBack	9
€/Kwp	618,17 €/Kwp

Profitability analysis data.

Source: Own elaboration

5. Conclusions

- The importance and potential of photovoltaic energy in Spain and Europe.
- The energy market is moving towards cleaner and more sustainable sources in Spain and Europe.
- The selected optimal installation consists of a capacity of 349.8 Kwp, including the sale of surplus energy and the implementation of bifacial panels.
- The photovoltaic installation strengthens its positive impact on the environment by reducing greenhouse gas emissions and mitigating climate change.
- With a specific yield of 1,792.22 kWh/Kwp, the installation exceeds the average PV installation in Spain, according to the analysis.
- An assessment of the project's profitability and economic viability has been conducted considering financial, technical, and regulatory factors.
- To further increase the efficiency and performance of the installation, future improvements are proposed, such as the use of optimizers on the solar panels and solar tracking systems.
- The photovoltaic installation promotes the diversification of the energy matrix and the development of clean and renewable technologies, thus fostering the transition to a more sustainable and environmentally friendly energy future.

6. References

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030,» 2021.
- [2] S&P Global. Comodity Insights, «PV Installations Tracker: Fourth Quarter 2022,» 2022.
- [3] OMIE, «OMIE,» [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price>.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	6
Capítulo 2. Estado de la Cuestión	7
Capítulo 3. Motivación	8
Capítulo 4. Objetivos del Proyecto	9
Capítulo 5. Situación Energética en España.....	10
5.1 Situación energética actual y a futuro en España y Europa.....	10
5.2 Energías renovables y sus tipos.....	13
5.2.1 Energía solar.....	13
5.2.2 Energía eólica	14
5.2.3 Energía hidráulica.....	14
5.2.4 Energía geotérmica	14
5.2.5 Energía mareomotriz y undimotriz.....	15
5.2.6 Biomasa y biogás.....	15
5.2.7 Bioetanol y biodiesel	15
Capítulo 6. ¿Qué es el autoconsumo?.....	17
6.1 Modalidades autoconsumo	18
6.1.1 Sin excedentes.....	18
6.1.2 Con excedentes acogidas a compensación.....	18
6.1.3 Con excedentes no acogidos a compensación.....	19
6.1.4 Autoconsumo individual	19
6.1.5 Autoconsumo colectivo.....	19
6.2 Tipos de instalaciones FV	19
6.2.1 Instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red (off-grid).....	19
6.2.2 Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.....	20
6.3 Funcionamiento y partes de una instalación FV.....	21
6.3.1 Módulo fotovoltaico.....	21
6.3.2 Inversor	26

6.3.3 Inversor Híbrido.....	29
6.3.4 Batería.....	31
6.3.5 Estructura de fijación/anclaje.....	33
Capítulo 7. Análisis de la instalación.....	35
7.1 Situación de la instalación.....	35
7.2 Análisis de consumos.....	39
7.3 Análisis de radiación solar.....	44
Capítulo 8. Análisis de precios.....	51
8.1 Apuntamiento solar/coeficiente de apuntamiento y precios a futuro de la energía.....	51
8.2 Modelo simple.....	54
Capítulo 9. Análisis de costes.....	59
9.1 Precio medio de la instalación.....	59
9.2 Tabla (Potencia/Elemento-Precio).....	63
9.3 Curva del CAPEX.....	63
Capítulo 10. Modelo Final.....	65
10.1 Tabla de potencias y su rentabilidad.....	65
10.2 Instalación final.....	70
Capítulo 11. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	74
Capítulo 12. Bibliografía.....	78
ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS.....	81
ANEXO II. Análisis de estructuras (AmaraNZero).....	83
ANEXO A	96
ANEXO B.	100

Índice de figuras

Ilustración 1. Distribución del mercado fotovoltaico en el mundo (2022).....	11
Ilustración 2. Estimación del mercado fotovoltaico.	12
Ilustración 3. Distribución de energías renovables en España (2022).....	13
Ilustración 4. Esquema genérico de una instalación fotovoltaica.....	21
Ilustración 5. Partes de un módulo fotovoltaico.	22
Ilustración 6. Esquema tecnología PERC.....	23
Ilustración 7. Tecnología Half Cell.	23
Ilustración 8. Tecnología MBB.	24
Ilustración 9. Tecnología Bifacial.	24
Ilustración 10. Tecnología TOPCon.....	25
Ilustración 11. Tecnología HJT.	25
Ilustración 12. Tecnología BackContact.	26
Ilustración 13. Punto de máxima tensión.....	27
Ilustración 14. Esquema Inversor DC Coupling.....	30
Ilustración 15. Esquema Inversor AC Coupling.....	30
Ilustración 16. Zonas de viento en España.	33
Ilustración 17. Zonas de nieve en España.....	34
Ilustración 18. Vista aérea estación autobuses Valencia.	35
Ilustración 19. Vista frontal estación autobuses Valencia.	36
Ilustración 20. Área disponible en la zona central.....	36
Ilustración 21. Vista lateral porche central contrachapado.....	37
Ilustración 22. Área disponible en el edificio lateral izquierdo.....	37
Ilustración 23. Área disponible en el edificio superior derecho.	38
Ilustración 24. Área disponible en arco frontal.	38
Ilustración 25. Perfil de consumos en día laborable de invierno.....	42
Ilustración 26. Perfil de consumo en día de fin de semana en invierno.	42
Ilustración 27. Perfil de consumos en día laborable de verano.	43
Ilustración 28. Perfil de consumo en día de fin de semana en verano.....	43

Ilustración 29. Interfaz software PVGIS.	45
Ilustración 30. Perfil horario anual de radiación solar.....	46
Ilustración 31. Comparación radiación solar según la estacionalidad.....	47
Ilustración 32. Perfil de radiación en una semana tipo.....	48
Ilustración 33. Comparativa entre el consumo y la radiación de un día de invierno.....	49
Ilustración 34. Comparativa entre el consumo y la radiación de un día de verano.	49
Ilustración 35. Coeficiente de apuntamiento medio 2024 (invierno).	53
Ilustración 36. Coeficiente de apuntamiento medio 2024 (verano).....	53
Ilustración 37. Parámetros iniciales de la instalación.....	59
Ilustración 38. Parámetros tejados de la instalación.....	60
Ilustración 39. Parámetros módulo fotovoltaicos instalación.....	61
Ilustración 40. Parámetros inversores instalación.	61
Ilustración 41. Configuraciones inversores instalación.....	62
Ilustración 42. Lista de materiales y precio de la instalación.....	62
Ilustración 43. Curva CAPEX instalación.....	64
Ilustración 44. Display de la instalación final.	72
Ilustración 45. Lista de materiales de la instalación (1/2).	73
Ilustración 46. Lista de materiales de la instalación (2/2).	73

Índice de tablas

Tabla 1. Elementos de consumo energético.	39
Tabla 2. Consumos en el periodo de invierno.	40
Tabla 3. Consumos en el periodo de verano.....	41
Tabla 4. Estimación de consumo anual.	44
Tabla 5. Referencia de horas equivalentes en España. [12]	46
Tabla 6. Precio medio de la energía esperado (2024-2033).	52
Tabla 7. Ejemplo calendario modelo.....	54
Tabla 8. Ejemplos variables de entrada del modelo.	56
Tabla 9. Ejemplo de otras variables del modelo.....	57
Tabla 10. Ahorro energético ejemplo del modelo.	58

Tabla 11. Relación potencia-precio de las instalaciones planteadas.	63
Tabla 12. Análisis de rentabilidad sin venta de excedentes.	65
Tabla 13. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes.	66
Tabla 14. Análisis de rentabilidad sin excedentes y paneles bifaciales.....	67
Tabla 15. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes y paneles bifaciales.	68
Tabla 16. Análisis de rentabilidad sin venta de excedentes y caída del 10% en los precios.	69
Tabla 17. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes y caída del 10% en los precios.	69
Tabla 18. Análisis de los cash inflows de la instalación final.	71
Tabla 19. Datos de análisis de rentabilidad de la instalación final.....	71

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto trata el tema del autoconsumo fotovoltaico a través del análisis de una comunidad energética en una estación de autobuses. En una primera parte del proyecto se realiza un estudio sobre la situación energética actual y a futuro de España y Europa. También se comenta brevemente los distintos elementos genéricos que forman una instalación fotovoltaica y que posteriormente serán utilizados para el diseño de esta.

En la segunda parte del proyecto se realiza un análisis técnico y un dimensionamiento de la instalación para el cual es necesario estudiar la situación geográfica de la misma, en este caso se trata de la estación de autobuses de Valencia, así como el análisis de consumos del recinto, el análisis de irradiación y un análisis sobre los tejados.

También se hará un análisis de precios teniendo en cuenta el apuntamiento y el precio a futuro de la energía. Por último, se realizará un análisis de costes de la instalación y se analizará la viabilidad y rentabilidad de esta.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El proyecto de implementación de una comunidad energética en una estación de autobuses presenta distintos problemas para conseguir que la instalación sea lo más eficiente y sostenible posible, así como viable y rentable económicamente a largo plazo.

La principal solución consiste en la implantación de una instalación fotovoltaica en el tejado de la estación para poder aprovechar la radiación producida por el sol para la generación de energía y así abastecer parcial o totalmente los consumos del recinto. Esto nos permitirá tener ahorros potenciales en los costes de la energía, así como la reducción de la huella de carbono.

Para ello se realizará un estudio en el cual se analizarán los posibles consumos que tiene la estación de autobuses y se evaluará la capacidad que debe tener la instalación para poder frente al máximo consumo posible. También se tendrá en cuenta el coste de los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación.

Capítulo 3. MOTIVACIÓN

Actualmente Europa se está orientando hacia una economía descarbonizada con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que están generando el cambio climático en el planeta y que hace que este deje de ser sostenible con los consumos energéticos que se tienen actualmente. La solución que plantea tanto la Unión Europea como la ONU a este problema es la implementación del autoconsumo asociado a la generación de energía de origen renovable.

España es una gran potencia a nivel mundial en la cuestión de las energías renovables gracias a la ubicación geográfica y las condiciones ambientales del país que hacen de él un país óptimo para el desarrollo energético renovable. Tanto la motivación social sostenible como el gran potencial que tiene España en la implantación de las energías renovables son las dos mayores motivaciones para realizar el proyecto.

Otra motivación que impulsa el proyecto es la reducción de costes que supondría para la estación de autobuses ya que se utilizaría energía generada en lugar del consumo lo que generaría una independencia sobre los combustibles fósiles que ayudaría notablemente a la reducción de costes.

Por último, una comunidad energética asociada a la estación de autobuses de una ciudad como Valencia sería una gran innovación al implementar el uso de energías renovables en el sector del transporte público lo que daría una buena imagen a la ciudad de Valencia y promovería el uso de energías renovables y la sostenibilidad en toda la comunidad ciudadana.

Capítulo 4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los principales objetivos que se presentan en el proyecto son los siguientes:

1. Realizar un análisis sobre la situación energética de España y Europa tanto actual como a futuros y describir cuales son los tipos de energías renovables con más potencial.
2. Entender qué es el autoconsumo, que tipos de autoconsumos e instalaciones fotovoltaicas existen y las partes y componentes de una instalación fotovoltaicas. Esto se realiza con el objetivo de poder elegir las características más adecuadas a la hora de diseñar la instalación
3. Realizar el análisis y dimensionamiento de la instalación teniendo en cuenta la situación geográfica, los consumos, la irradiación y las características de los tejados
4. Realizar un estudio sobre los costes y los precios de la instalación y de la energía
5. Analizar la viabilidad y los requerimientos de la instalación para su posible implementación real

Capítulo 5. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

5.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL Y A FUTURO EN ESPAÑA Y EUROPA

Históricamente España ha sido un país con baja capacidad de generación energética y ha sido siempre altamente dependiente de las importaciones energéticas que representaban aproximadamente el 75% de la energía total del país. Actualmente, Europa y España en particular se encuentran en un proceso de descarbonización, apoyado en el crecimiento de las energías renovables en los últimos años.

El plan de acción para la descarbonización a nivel europeo y mundial se concretó en el Acuerdo de París en 2015, cuyo objetivo principal consiste en alcanzar la neutralidad climática para el año 2050. A nivel europeo, el objetivo para 2030 es reducir un 55% las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a los niveles de 1990. En este proceso de descarbonización es fundamental la generación distribuida y el autoconsumo, es decir, generar la energía lo más cerca posible del lugar de consumo. Además, esto también permite dar una mayor independencia al consumidor frente al sector energético. Tanto la generación distribuida como el autoconsumo son elementos fundamentales de los ODS como instrumento imprescindible para erradicar la pobreza, proteger la tierra y mejorar la vida de las personas. Debido a ello Naciones Unidas lo ve como uno de los motores principales para la consecución del objetivo 7 (“Energía asequible y no contaminante”) de su Agenda 2030.

A nivel nacional existen distintos planes para impulsar la transición energética y la neutralidad climática como el [1]Plan Nacional Integrado de la Energía y Clima (PNIEC), la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) y la [4]Hoja de Ruta del Autoconsumo.

El PNIEC establece los objetivos energéticos de cara al 2030 principalmente. [1]Se establece como objetivo que el 42% de la energía en el conjunto global de la economía sea de origen

renovable, así como también que el nivel de penetración de las energías renovables en el sector eléctrico sea del 74%. Para cumplir con estos objetivos marcados es fundamental que el consumidor tenga derecho a producir, consumir y vender su propia energía, así como también la formación de comunidades energéticas de autoconsumo. Esto generará una reducción y estabilización de los costes a largo plazo, un aumento de competitividad y la aparición de nuevos modelos de financiación privada que permitirán el retorno de la inversión a partir de los ahorros generados por la instalación de autoconsumo.

La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) es una parte del PNIEC donde se establecen las pautas del proceso de transformación del sistema energético entre 2030 y 2050, el principal objetivo planteado es la total descarbonización para el año 2050 siendo el autoconsumo fotovoltaico un elemento clave para su consecución debido a la ventaja competitiva de España sobre otros países gracias a los recursos renovables disponibles.

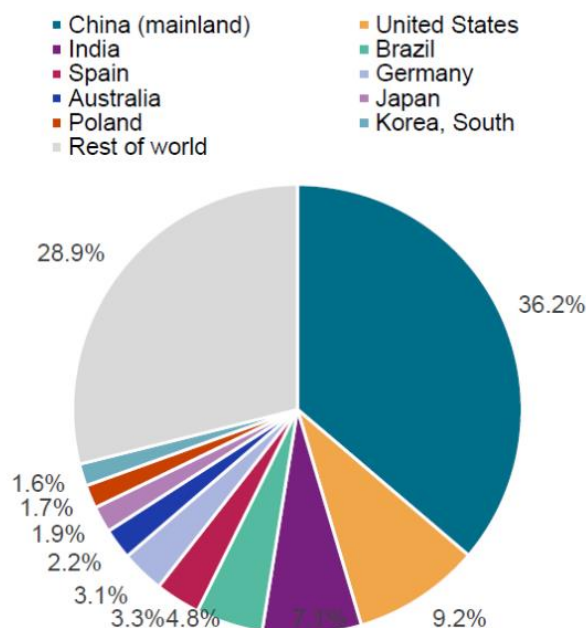


Ilustración 1. Distribución del mercado fotovoltaico en el mundo (2022).

Fuente: S&P FV Installations market

[2]El mercado fotovoltaico europeo y mundial está sufriendo un crecimiento notable debido a la subida del precio de la electricidad principalmente. En 2022 se han instalado en Europa 33GW de energía fotovoltaica en techos lo que supone un aumento del 80% con respecto al 2021. Se espera que en Europa este mercado sea liderado por España y Alemania hasta por lo menos el año 2026. En Alemania hay un fuerte crecimiento de instalaciones fotovoltaicas ya que tienen como objetivo tener instalados 215GW en techos para el año 2030 y así disminuir su dependencia energética del gas importado de Rusia. Por otro lado, en España ha habido un crecimiento del 75% en el 2022 debido a los precios volátiles de la energía lo que ha generado que los espacios residenciales y los comercios hayan optado por el autoconsumo.

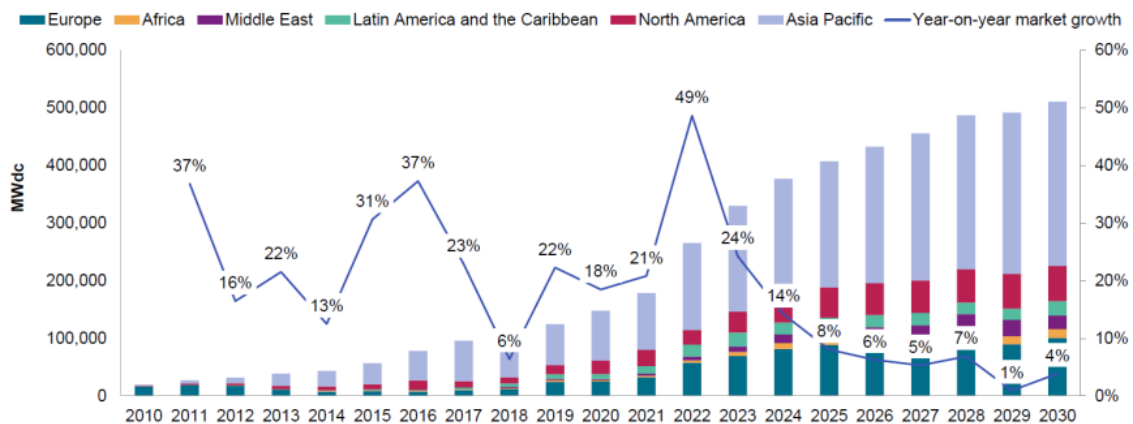


Ilustración 2. Estimación del mercado fotovoltaico.

Fuente: S&P FV Installations market

Otro de los factores que se espera que haga crecer el número instalaciones fotovoltaicas en Europa y España en concreto, es la producción de hidrógeno verde que la Unión Europea pretende instaurar de aquí a 2030 como alternativa el gas licuado para reducir así las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.2 ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS TIPOS

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales y que están en constante regeneración. Este tipo de energías nunca se agotan y no producen residuos directamente. Suponen el 42,2% de la energía generada en España.

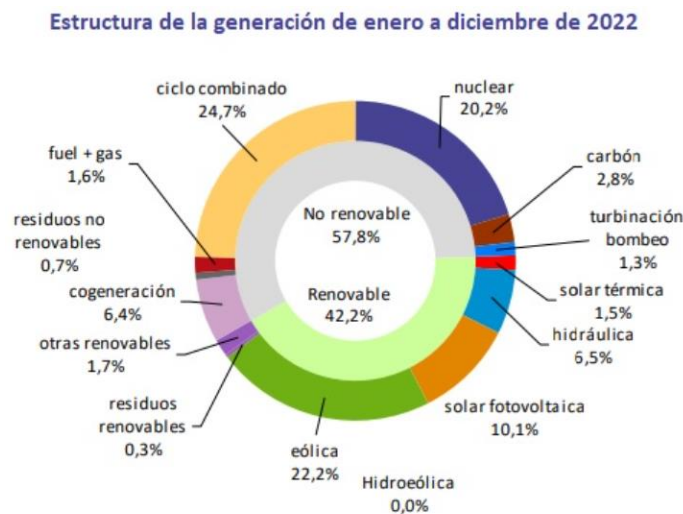


Ilustración 3. Distribución de energías renovables en España (2022).

Fuente: REE

5.2.1 ENERGÍA SOLAR

Esta energía se basa en el aprovechamiento de la energía electromagnética emitida por el sol mediante módulos fotovoltaicos, colectores solares o heliostatos. El aprovechamiento energético del sol puede ser fotovoltaico o térmico. La energía solar fotovoltaica consiste en generar directamente electricidad a partir de la luz solar. Por otro lado, la energía solar térmica consiste en utilizar la energía solar para obtener calor. La energía solar es una de la energías renovables más importantes ya que el utilizar el sol como fuente de energía en mayor o menor medida es posible en cualquier lugar del planeta. [5] La energía solar supuso en el 2022 un 10,1% de la energía generada en España.

5.2.2 ENERGÍA EÓLICA

[6]La energía eólica es la energía que se obtiene de la fuerza del viento, el viento se encarga de generar energía cinética y esta es la que mueve las palas de los aerogeneradores. Los aerogeneradores constan de dos elementos principales encargados de extraer la energía, el rotor y el generador. El rotor se encarga de convertir la energía cinética en energía mecánica y el generador convierte esta energía mecánica en energía eléctrica. [5]Generalmente los parques eólicos se construyen cerca del mar ya que en estos lugares el viento es más estable, sin embargo, en estas zonas su construcción suele ser más cara debido a las complicaciones en los terrenos. Supuso el 22,2% de la energía generada en 2022 en España

5.2.3 ENERGÍA HIDRÁULICA

La energía hidráulica aprovecha el movimiento del agua para la generación de energía eléctrica. Esta energía aprovecha la energía cinética y potencial que se obtiene de los saltos de agua o de las corrientes. El movimiento del agua se encarga de hacer girar una turbina conectadas a un transformador que es el encargado de transformar esa energía cinética en energía potencial. [5]La energía hidráulica en España en el 2022 supuso un 6,5% números realmente bajos comparados con el 2021 que llego a ser el 17%, esta bajada se debe a las abundantes sequías que tuvieron lugar en España a lo largo del 2022. Debido al ciclo del agua esta energía se puede considerar inagotable, pero, la construcción de presas o sistemas de retención de aguas pueden tener un impacto medioambiental negativo. Por ello es importante llevar a cabo un análisis exhaustivo a la hora de realizar estas construcciones.

5.2.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica se basa en el calor que emite la tierra, es decir, aprovecha el calor que se desprende del interior de la corteza terrestre. Esta energía es más aprovechable en ciertas localizaciones que tienen unas condiciones físicas concretas, es decir condiciones geológicas muy específicas. Es un modelo energético muy útil para generar la energía térmica necesaria en industrias o en la energía térmica de uso doméstico. Es un tipo de energía que no supone un importante porcentaje dentro del panorama energético español.

5.2.5 ENERGÍA MAREOMOTRIZ Y UNDIMOTRIZ

La energía mareomotriz se basa en extraer energía del movimiento de las mareas, por otro lado, tenemos la energía undimotriz cuya fuente de energía es la fuerza de las olas. Para extraer esa energía se utiliza un método parecido que, en la energía eólica, se colocan generadores eléctricos que aprovechan el movimiento del agua. Este tipo de energía renovable todavía se encuentra en desarrollo y muchos de los proyectos están todavía en una fase experimental, por lo que las instalaciones comerciales son todavía escasas y suponen un porcentaje muy pequeño de la energía total en España y Europa.

5.2.6 BIOMASA Y BIOGÁS

Tanto el biogás como la biomasa consisten en la generación de energía, generalmente eléctrica, a partir de restos orgánicos de materia. El instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía en España indica que “la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como carburante”. El biogás es un gas formado principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), este gas se obtiene a partir de la degradación anaerobia de distintos residuos orgánicos como restos de plantas, árboles o desechos de animales. Este biogás se obtiene cuando los residuos orgánicos (biomasa) se someten a un proceso con fermentadores o biodigestores que transforman esta materia en el biogás, el cual podría inyectarse directamente en la red convencional de gas natural y seguir unos procesos muy similares de obtención de la energía. Este tipo de energía en España supone alrededor de un 1% del total de la energía, pero se espera que de cara al futuro aumente.

5.2.7 BIOETANOL Y BIODIESEL

Tanto el bioetanol como el biodiésel son combustibles que provienen de en cierto modo de la biomasa vegetal. El empleo de estos combustibles reduce enormemente las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. [7] Los mayores productores de bioetanol en el mundo son Estados Unidos y Brasil, en este último es el combustible usado en el 80% de las

motocicletas o turismos. Por otro lado, tenemos el biodiésel que proviene del refinado de diferentes aceites y grasa de origen vegetal.

Capítulo 6. ¿QUÉ ES EL AUTOCONSUMO?

[8]El autoconsumo es el uso de la energía generada por alguna instalación de generación energética, como puede ser una instalación fotovoltaica o minigeneración eólica, en el mismo lugar en el que es producida, es decir, utilizar la energía generada por uno mismo en vez de comprarla de una compañía eléctrica.

Esta modalidad de consumo tiene numerosas ventajas además de ayudar a frenar el cambio climático, como ahorrar en la factura eléctrica, mejora la gestión de la demanda al tener una generación distribuida, reduce la huella de CO₂ y ayuda notablemente a la transición energética. El autoconsumo y en concreto el asociado a generación fotovoltaica presenta también numerosos desafíos como el almacenamiento de la energía ya sea en baterías u otros medios de almacenaje y las regulaciones de los mercados eléctricos.

El autoconsumo es el uso de la energía generada por alguna instalación de generación energética, como puede ser una instalación fotovoltaica o minigeneración eólica, en el mismo lugar en el que es producida, es decir, utilizar la energía generada por uno mismo en vez de comprarla de una compañía eléctrica.

Esta modalidad de consumo tiene numerosas ventajas además de ayudar a frenar el cambio climático, como ahorrar en la factura eléctrica, mejora la gestión de la demanda al tener una generación distribuida, reduce la huella de CO₂ y ayuda notablemente a la transición energética. El autoconsumo y en concreto el asociado a generación fotovoltaica presenta también numerosos desafíos como el almacenamiento de la energía ya sea en baterías u otros medios de almacenaje y las regulaciones de los mercados eléctricos.

6.1 MODALIDADES AUTOCONSUMO

El autoconsumo en España presenta numerosas modalidades que permiten que el consumidor tenga la posibilidad de elegir lo que mejor se adapte a él. Este tipo de instalaciones siempre se encuentran conectadas a la red de distribución o de transporte independientemente de que los excedentes se viertan a la red o no.

Las instalaciones que se encuentran aisladas de la red no se consideran como autoconsumo dentro del marco RD 244/2019 a pesar de que producen la energía en el mismo lugar del consumo, pero no existe un consumidor eléctrico como tal al no encontrarse conectadas al sistema eléctrico. Por otro lado, sí que son consideradas como instalaciones de autoconsumo estadísticamente ya que cumplen con las características del autoconsumo en el sentido más amplio de la palabra.

Las modalidades de autoconsumo contempladas actualmente en España son las siguientes:

6.1.1 SIN EXCEDENTES

Este tipo de instalaciones no ceden ningún tipo de energía a la red y para ello utilizan un sistema anti-vertido. En este tipo de instalaciones solo existe un consumidor y ningún otro sujeto entra en juego, generalmente son de carácter fotovoltaico. En esta modalidad de autoconsumo se mide la producción y el consumo energético instantáneamente buscando siempre que en caso de que la producción supere al consumo se disminuya la generación y así evitar que se viertan los excedentes energéticos a la red. Este tipo de instalaciones facilitan los trámites legales y acortan los plazos de ejecución de la instalación.

6.1.2 CON EXCEDENTES ACOGIDAS A COMPENSACIÓN

Este tipo de instalaciones tienen la posibilidad de inyectar a la red la energía que no ha sido auto consumida instantáneamente y al finalizar el periodo de facturación eléctrica el consumidor es compensado por la energía cedida a la red. Para poder optar a esta modalidad de autoconsumo se debe cumplir con diversas condiciones. En primer lugar, la generación energética debe ser renovable, se debe instalar una potencia igual o menor de 100 kW, debe

de haber un contrato de excedentes entre el productor y el consumidor y que la instalación no lleve consigo un régimen retributivo adicional.

6.1.3 CON EXCEDENTES NO ACOGIDOS A COMPENSACIÓN

En este tipo de instalaciones la energía que no se autoconsumo es vertida directamente a la red y esta es vendida en el mercado energético como cualquier otra producción energética, es el productor quien vende los excedentes y se queda con lo obtenido en la venta de la energía.

6.1.4 AUTOCONSUMO INDIVIDUAL

[9]Es el tipo de autoconsumo en el cual hay un único consumidor que es el encargado de consumir y generar la energía a partir de una instalación realizada en su propiedad.

6.1.5 AUTOCONSUMO COLECTIVO

[9]Es el tipo de autoconsumo que tiene dos o más consumidores asociados a una misma instalación de generación eléctrica. Para que se pueda llevar a cabo este tipo de instalaciones deben cumplirse distintas condiciones. En primer lugar, todos los consumidores deben estar conectados al mismo centro de transformación y estar en baja tensión, todos los consumidores deben estar a menos de 500 metros de radio de la instalación generadora y tener la misma referencia de catastro.

6.2 TIPOS DE INSTALACIONES FV

Existen principalmente dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

6.2.1 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS DE LA RED (OFF-GRID)

es aquella instalación fotovoltaica que no se encuentra conectada a la red de distribución eléctrica. Este tipo de instalaciones suelen llevar asociadas batería de almacenamiento energético con el fin de poder consumir la energía en otro momento que no sea el de su generación. Este tipo de instalaciones son muy poco comunes ya que su rentabilidad y

viabilidad es mucho más baja requieren sistemas de almacenaje muy desarrollados para poder funcionar tanto de día como de noche, así como una planificación energética demasiado compleja como para poder ser implementada de manera global.

6.2.2 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red son aquellas que como su propio nombre indica se encuentran conectadas a la red eléctrica y suministran la energía tanto a la propia red como al consumidor el cual es abastecido por la energía generada por la instalación fotovoltaica en ciertos momentos del día, pero cuando esta no es capaz de generar la energía suficiente recibe la energía de la red. Por otro lado, cuando la instalación fotovoltaica genera un excedente energético esta energía se vierte a la red eléctrica y se ve reflejada como un descuento en la factura eléctrica del consumidor que ha vertido dicha energía a la red. Este tipo de instalaciones fotovoltaicas son las más utilizadas para el autoconsumo en viviendas o para empresas ya que reducen la factura de la luz alrededor del 30%. Este tipo de instalaciones fotovoltaicas puede trabajar con baterías si se dispone de un inversor híbrido que permite la compatibilidad de tener conexión a la red y a las baterías (sistemas híbridos conectados a la red).

6.3 FUNCIONAMIENTO Y PARTES DE UNA INSTALACIÓN FV

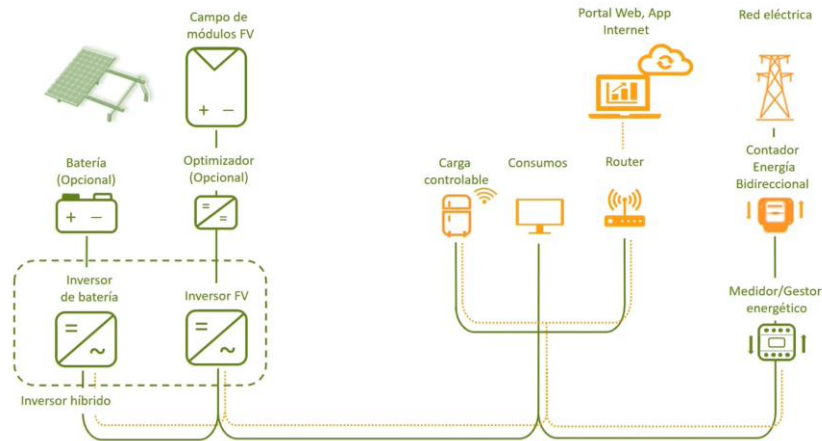


Ilustración 4. Esquema genérico de una instalación fotovoltaica.

Fuente: AmaraNZero

Una instalación fotovoltaica consta de distintos componentes que se encargan de transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable. En la Ilustración 4 se pueden observar los principales componentes que conforman este tipo de instalaciones. Aunque muchos de estos componentes son comunes a todas las instalaciones fotovoltaicas, su configuración exacta dependerá de la aplicación específica de la instalación y los requerimientos que se necesiten de esta. Las instalaciones enfocadas al autoconsumo son las más comunes y suelen seguir una configuración más estandarizada. En los siguientes párrafos se describen con detalle los principales elementos de estas instalaciones [10].

6.3.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Un módulo fotovoltaico es un dispositivo esencial en una instalación fotovoltaica que se encarga de transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable, es decir, se comporta como un generador dentro de la instalación. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico, propiedad de ciertos materiales que emiten electrones al incidir sobre él una radiación electromagnética, de este modo se puede obtener corriente eléctrica al incidir luz solar sobre el módulo. Los módulos fotovoltaicos están formados por células fotosensibles

individuales generalmente fabricadas de silicio (monocristalino, policristalino o amorfo) un material semiconductor con altas propiedades fotovoltaicas. Al incidir la luz solar sobre la célula se excitan los electrones y estos se mueven generando una corriente eléctrica en forma de serpentín a lo largo de todo el módulo. Además de las células fotovoltaicas los módulos fotovoltaicos constan de distintas capas de materiales que se muestran en la siguiente ilustración. Generalmente los módulos fotovoltaicos se colocan en serie para conseguir así la máxima tensión posible, se suelen realizar varias hileras de módulos conectadas entre sí en paralelo.

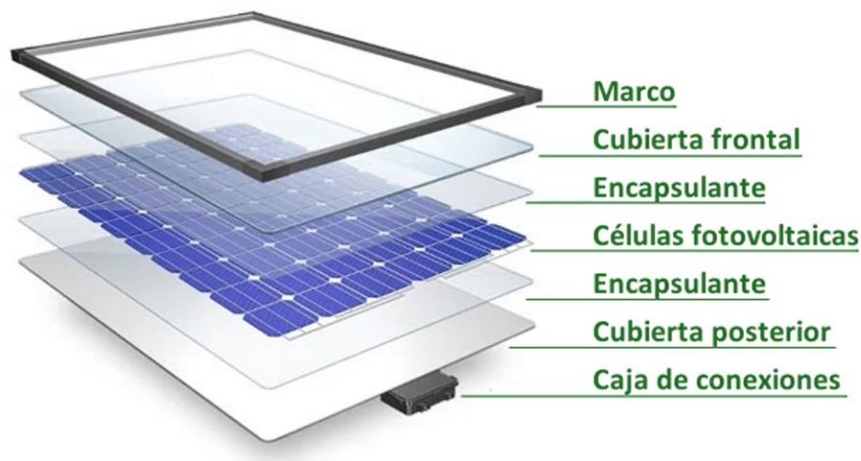


Ilustración 5. Partes de un módulo fotovoltaico.

Fuente: AmaraNZero

Existen distintas tecnologías de módulos fotovoltaicos:

PERC (Passivated Emitter Rear Cell): Esta tecnología emplea una capa reflectante en su parte trasera para maximizar la captación de radiación solar. Esto se traduce en un mayor rendimiento de los paneles cuando se encuentran bajo condiciones de baja irradiación, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia.

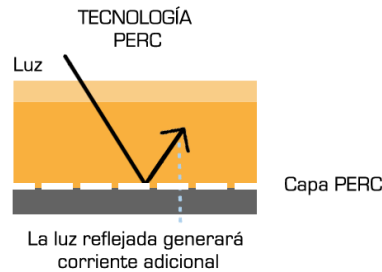


Ilustración 6. Esquema tecnología PERC.

Fuente: AE Solar

Half Cell/Dual Cell: En este caso se divide la célula en dos partes iguales y se reparte la mitad de la capacidad a cada una. De esta manera se divide el flujo de corriente entre las dos partes conectadas en serie, lo que permite que circule menos corriente por cada una de las células reduciendo así las pérdidas resistivas y minorizando el impacto de las sombras en el módulo.



Ilustración 7. Tecnología Half Cell.

Fuente: AmaranZero

Multibusbar (MBB): Consiste en aumentar el número de conductores eléctricos, llamados busbar, para distribuir la corriente eléctrica generada por las células a lo largo del panel. Gracias a esto la corriente se distribuye de forma más uniforme y se reducen las pérdidas por calor.

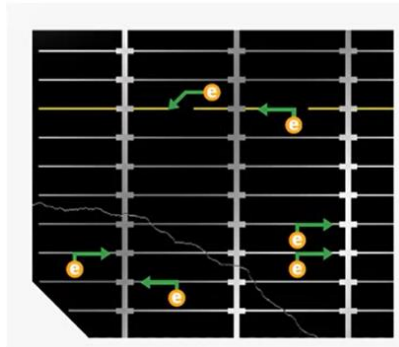


Ilustración 8. Tecnología MBB.

Fuente: AmaranZero

Bifacial: Este tipo de módulos puede producir energía tanto por la parte delantera del panel como por la parte trasera, logrando entre un 20-25 % de eficiencia en condiciones óptimas. Necesita de un suelo reflectante y estar a una altura de 1,5m del mismo para alcanzar su máximo rendimiento. No es una tecnología muy común dentro del autoconsumo.

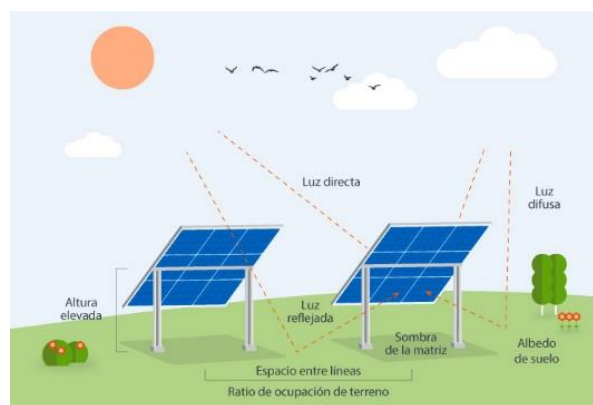


Ilustración 9. Tecnología Bifacial.

Fuente: Iberdrola

Tipo N: Esta tecnología consiste en dopar las células de silicio con otros materiales como boro (B), fósforo (P) o galio (Ga) con el objetivo de aumentar el contenido negativo y así mejorar el flujo energético.

- **TOPCon:** Esta tecnología destaca ya que es la forma más económica de conseguir generar células del tipo N gracias a su facilidad de producción.

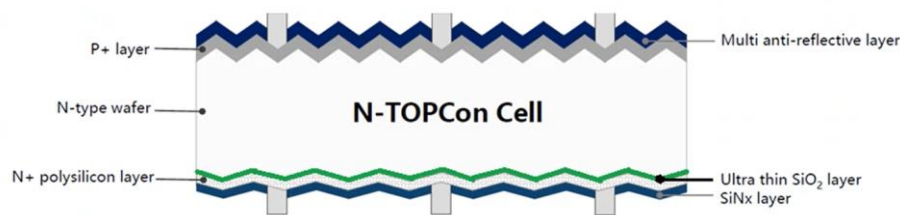


Ilustración 10. Tecnología TOPCon.

Fuente: Longi

Heterojunction (HJT): Combina el silicio monocristalino y el silicio amorfo mejorando el coeficiente de temperatura y aportando flexibilidad al módulo para prevenir las microrroturas.

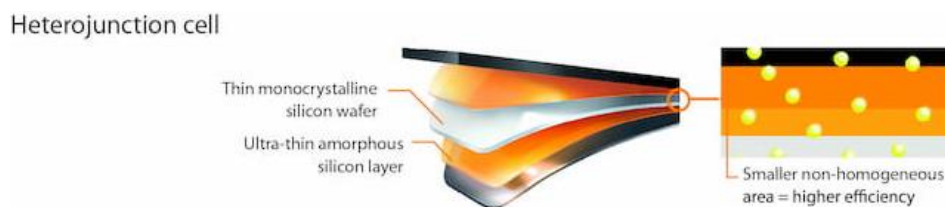


Ilustración 11. Tecnología HJT.

Fuente: Panasonic

BackContact (IBC): Esta tecnología es la que mayor densidad energética tiene del mercado ya que los busbar van por la parte trasera del módulo, lo que permite que la superficie de la célula quede totalmente libre para captar la luz.

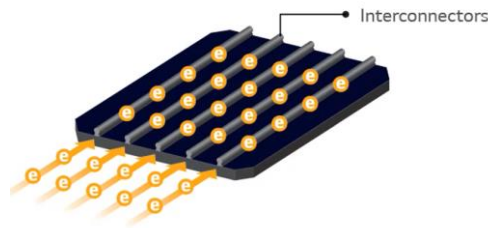


Ilustración 12. Tecnología BackContact.

Fuente: AmaraNZero

6.3.2 INVERSOR

El inversor es un componente imprescindible en una instalación fotovoltaica ya que es el componente encargado de transformar la corriente continua (DC) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (AC), que es la forma en la que se suministra la energía en la red de distribución. Los inversores más recientes no solo se encargan de la conversión, sino que también pueden realizar la función de control y monitoreo de la instalación fotovoltaica gracias a los circuitos de supervisión y comunicación que llevan instalados en su interior. De esta manera, el propietario de la instalación puede conectarse a través de un router y acceder a los datos de consumo y generación de la instalación para llevar un seguimiento detallado.

Los módulos suelen conectarse en serie al inversor, y cada serie de módulos solares conectadas al inversor se llama string. Al conectar en serie los módulos fotovoltaicos las tensiones de cada uno de ellos se suman obteniendo como tensión total del sistema la suma de tensiones de cada módulo, es decir, a más módulos mayor tensión. El inversor es el elemento encargado de encontrar el punto de máxima de potencia de la instalación que viene

dado al cual se le denomina MPP (maximum power point) y depende de la tensión del sistema.

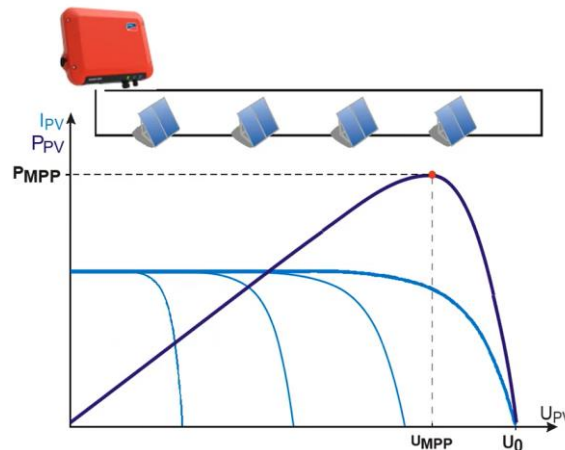


Ilustración 13. Punto de máxima tensión.

Fuente: AmaraNZero

Cada inversor tiene como mínimo un MPPT (maximum power point tracker) que es el dispositivo electrónico que busca el punto óptimo instantáneo de funcionamiento del sistema. Los inversores más básicos tienen una sola entrada y un solo MPPT, mientras que otros tienen varias entradas, pero un solo MPPT por lo que todas las strings que se conecten al inversor deben de ser iguales y se gestionaran de la misma manera. Por último, algunos inversores tienen varias entradas y varios MPPT por lo que se pueden conectar distintos strings a cada entrada del MPPT, y estos serán gestionados de manera totalmente independiente. En resumen, el número de MPPT de un inversor es igual al número de strings fotovoltaicos que pueden ser gestionados independientemente. El hecho de tener inversores multiMPPT aporta mucha flexibilidad a la hora de diseñar la instalación y abre un amplio abanico de posibilidades. Permite que los paneles fotovoltaicos puedan ser instalados con distintas inclinaciones u orientaciones lo que aumenta el número de horas solares, permite que la instalación pueda tener distintos puntos de tensión de trabajo y así tener diferentes longitudes de los strings en función de lo que se necesite y una importante mejora del

comportamiento de la instalación ante las sombras lo que mejora la eficiencia del sistema global.

Existen varias tecnologías de inversores:

String: Son inversores a los cuales se les conectan varias filas de módulos conectados en series y envían toda la energía generada al mismo inversor. Son la opción más económica y tienen menos probabilidad de fallar ya que son más simples y tienen menos componentes. Sin embargo, tienen más pérdidas por sombras que otro tipo de inversores, limitan considerablemente la configuración de la instalación y solo aportan datos de producción y consumo general de la instalación sin más detalles adicionales.

MLPE (module level power electronics): Este tipo de inversores incorporan electrónica de potencia a cada uno de los módulos en los que están conectados. Este tipo de inversores al encontrarse conectados a cada módulo permite un control y optimización de cada módulo individual. Existen dos tipos de inversores MLPE, micro inversores y optimizadores. Este tipo de inversores nos permiten mejorar la producción frente a perturbaciones como sombras, micro fisuras, suciedad o la degradación no lineal del sistema.

- Micro inversor: Se colocan detrás de cada módulo fotovoltaico y permiten una configuración muy flexible y una monitorización individual e independiente de cada módulo. Además, al estar monitorizado cada uno de los módulos permite una localización de errores mucho más rápida. Sin embargo, este sistema tiene más probabilidad de fallo ya que si un componente falla todo el sistema podría verse afectado. Por otro lado, este tipo de sistemas suelen tener un coste elevado.
 - Optimizador: Es un elemento opcional dentro de una instalación, que no funciona exactamente como un inversor, sino que necesita de un inversor en la instalación para su correcto funcionamiento. La optimización puede ser total, optimizadores en todos los módulos, o parcial, optimizadores solamente en algunos módulos. Este dispositivo se encarga de monitorizar cada uno de los inversores de manera individual, similar a lo que hace un micro inversor, y ayuda a mejorar la producción, permite strings más largos y es una buena

solución para instalaciones posteriores si la instalación lo requiere. Sin embargo, tiene un coste elevado y tiene mayor probabilidad de fallo al tener más cantidad de equipamiento.

- **Gran potencia:** Este tipo de inversores están pensado para instalaciones que generan grandes potencias, por lo que no es un tipo de inversor muy común en instalaciones de autoconsumo. Son inversores con una alta eficiencia y con posibilidad de strings con voltajes muy altos ya que tienen la posibilidad de salidas en AC normalizadas para transformadores. Por otro lado, tienen bastantes pérdidas por sombreado y muy poca flexibilidad en la configuración.

6.3.3 INVERSOR HÍBRIDO

Estos dispositivos combinan las funciones de un inversor solar con la de un inversor de baterías de acumulación, es decir, son inversores a los cuales se les pueden conectar baterías. Las baterías nos permiten utilizar la energía generada en un momento dado en otro momento diferente al de la generación. Estos inversores son una solución cada vez más común para el autoconsumo ya que dan una independencia energética considerable y ayudan notablemente a reducir la huella de carbono, teniendo generalmente un coste más elevado que los inversores más convencionales. En este tipo de inversores existen dos tecnologías principales.

DC Coupling: Estos inversores se encuentran conectados en el lado de la instalación que está en corriente continua y a él se conectan tanto las posibles baterías que haya en la instalación como los módulos solares. Los inversores híbridos DC Coupling hacen en el control tanto del generador fotovoltaico como de la carga y descarga de la batería, lo que resulta en una mayor eficiencia en la zona de corriente continua y en una instalación más sencilla al contar con un solo inversor para conectar la batería y los generadores. Por otro lado, al tener un solo inversor las posibilidades de configuración de la instalación se ven notablemente reducidas y existe un único punto de fallo.

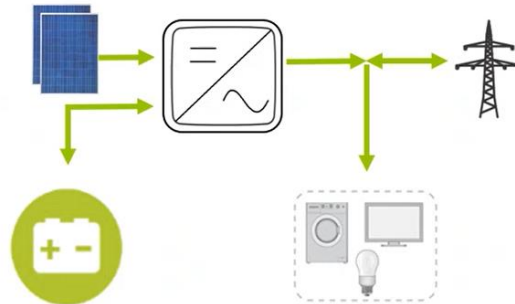


Ilustración 14. Esquema Inversor DC Coupling.

Fuente: AmaraNZero

AC Coupling: Estos inversores se encuentran conectados en la zona de corriente alterna y solamente se encargan de la conversión de continua a alterna de la batería y de gestionar la carga y descarga de la misma. Estos sistemas nos permiten mejorar la versatilidad y flexibilidad de las instalaciones ya que nos da más opciones a la hora de hacer la configuración. Además, también nos permite aumentar el número de baterías conectadas a cada inversor y así aumentar la capacidad de almacenamiento de la instalación y la potencia instantánea de la misma. Sin embargo, estos sistemas tienen un coste más elevado ya que requieren de más equipo, también son mucho menos eficiente que los DC Coupling ya que realizan tres cambios de DC/AC produciéndose ahí pérdidas considerables.

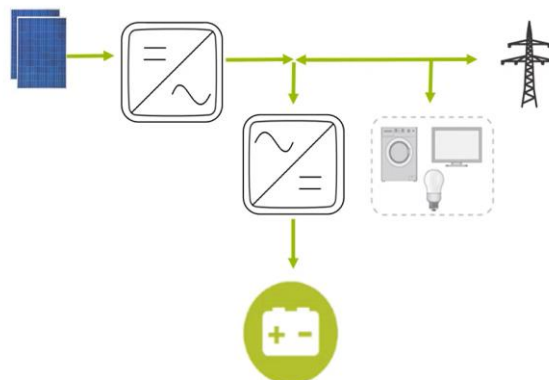


Ilustración 15. Esquema Inversor AC Coupling.

Fuente: AmaraNZero

Por último, existen algunos inversores que incluyen puntos de cargas de vehículos eléctricos y desde los cuales se realiza tanto la gestión de los módulos como la gestión de carga del vehículo eléctrico. Estos inversores son ideales para instalaciones de autoconsumo sobre todo en hogares ya que permiten la carga del vehículo solar con la energía solar, reduciendo con ello la dependencia de la red eléctrica y aumentando la autonomía sobre esta, también puede ayudar a reducir el coste de la electricidad para particulares y mejorar la gestión de los excedentes energéticos. Como en el caso de los inversores híbridos existe tanto la tecnología DC Coupling como la AC Coupling.

6.3.4 BATERÍA

Partiendo de la premisa de que siempre es más rentable en todos los sentidos consumir la energía en el mismo momento que se genera siempre es una opción poner batería de acumulación. La instalación baterías de acumulación permite almacenar la energía generada por los paneles solares para utilizarla posteriormente a su generación y utilizar esa energía cuando el sistema lo requiera. El uso de batería tiene muchas ventajas como una mayor independencia sobre la red eléctrica o la posibilidad de usar energía limpia por la noche o en momentos de baja radiación solar. Sin embargo, las baterías de acumulación suelen tener un precio elevado y dependiendo de la configuración de la instalación pueden ser o no rentables, también tiene una vida útil limitada que permite un número de ciclos de carga y descarga requiriendo por tanto cierto mantenimiento. Por último, la eficiencia de las baterías no es del cien por cien y son considerables a la hora de dimensionar la instalación.

Las baterías se pueden agrupar dependiendo de las tensiones para las cuales están diseñadas:

Baterías de Alta Tensión (HV): Son baterías para instalaciones de más de 100V donde generalmente hay strings de módulos largos. Los inversores híbridos en general suelen tener tensiones admisibles dentro de estos rangos. Estas baterías suelen tener una mayor capacidad de almacenamiento energético que las de Baja Tensión y una mayor duración. Sin embargo, suelen tener un mayor coste inicial y suelen tener más riesgos de descargas e incendios.

Baterías de Baja Tensión (LV): Son baterías para instalaciones de unos 50V y son ideales para pequeñas instalaciones de autoconsumo que se encuentren aisladas de la red. Los inversores AC Coupling tienen generalmente tensiones admisibles dentro de estos rangos. El coste de estas baterías es considerablemente más bajo que en las de alta tensión además tiene una alta compatibilidad con la gran mayoría de inversores del mercado. Sin embargo, suelen tener menor capacidad de almacenamiento que las de alta tensión por lo que puede ser necesario aumentar el número de batería lo que generaría que el sistema se volviese más complejo.

Existen dos tecnologías principales de baterías:

Ácido-Plomo: Estas baterías funcionan con un ciclo reversible, aunque no al cien por cien, a través de una reacción química entre el ácido y las láminas de plomo. Este formato de batería es bastante económico y es capaz de suministrar altas cantidades de energía de manera instantánea. Por otro lado, tienen una vida útil más corta que otras tecnologías, son muy pesadas y grandes por lo que a la hora de realizar la instalación consumen mucho espacio y son menos amigables con el medioambiente debido a los materiales tóxicos que contienen como el ácido y el plomo.

Litio: Son las baterías más comunes del mercado actualmente y funcionan mediante una reacción química de los iones de litio entre el ánodo y el cátodo de la batería. Tienen una alta densidad energética por lo que son idóneas para instalaciones de autoconsumo (kW/kg), también tienen una vida útil más larga y requieren de menos mantenimiento que otras tecnologías. Por el contrario, el coste de estas baterías es mayor que las de ácido-plomo y pueden ser peligrosas en caso de sobrecalentamiento ya que pueden llegar a arder. A parte de las baterías genéricas de litio existen otros tipos de baterías que aparte de litio llevan otros componentes químicos que mejoran sus prestaciones. Destaca la batería LFP (litio/hierro/fosfato) que gracias a estos otros componentes la convierte en una batería más segura y con menos riesgo de incendio. También destaca la NMC que aparte de litio lleva níquel, manganeso y cobalto lo que hace que su densidad energética mejore notablemente.

6.3.5 ESTRUCTURA DE FIJACIÓN/ANCLAJE

Las estructuras de fijación de los paneles solares es el componente que se encarga de sujetar los paneles solares en la posición y orientación correcta para intentar optimizar la captación de luz solar en todo momento. Estas estructuras están sometidas a numerosos esfuerzos y la hora de dimensionarlas se deben de tener en cuenta diversos factores.

Factor viento: Es un factor que tener muy en cuenta a la hora de realizar la instalación ya que el viento puede ejercer una fuerza de presión que haga que la instalación se deforme o doble. Además, el viento también puede generar zonas de baja presión en la parte trasera de los paneles que puede llegar a levantarla y hacer que la estructura se vuele. Para dimensionar adecuadamente una instalación contra el viento, existen mapas que indican el nivel de viento de la zona geográfica en la que se encuentra la instalación.



Ilustración 16. Zonas de viento en España.

Fuente: Sigma Energy Consulting

Factor nieve: Al igual que el viento la nieve es otro factor meteorológico que se tiene en cuenta a la hora de realizar una instalación fotovoltaica. Si la nieve se acumula en los paneles solares genera una carga distribuida que puede llegar a hacer que la estructura que soporta los módulos colapse. Además, si la nieve se acumula sobre los paneles solares durante un tiempo prolongado puede tapar a estos de la irradiación solar y por tanto reducir la eficiencia

de la instalación. Al igual que en el viento existen mapas que indican el factor con el que se debe de diseñar la instalación en función de dónde este situada geográficamente.



Ilustración 17. Zonas de nieve en España.

Fuente: Sigma Energy Consulting

Factor temperatura: A la hora de realizar una instalación hay que tener en cuenta que la instalación está sometida a temperaturas muy altas y que los materiales con los cambios de temperaturas se dilatan y se contraen. Debido a ello el factor de reducción y dilatación se debe de tener en cuenta a la hora de dimensionar la estructura. Como norma general las estructuras de aluminio no deben superar los treinta metros y las estructuras de hierro no deben hacerse de más de 60 metros, cada pieza individual.

Factor corrosión: La estructura de las instalaciones fotovoltaicas es un elemento que está constantemente expuesto a distintos agentes corrosivos como el agua, humedad, salinidad en zonas costeras o contaminantes atmosféricos. Si estas estructuras se oxidan o corroen de otra manera pierden todas sus características y dejan de ser funcionales. Para prevenir la corrosión conviene llevar un mantenimiento adecuado gracias al cual la instalación puede llegar a tener una vida útil de más de treinta años.

Capítulo 7. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

7.1 SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El edificio objeto de estudio es la Estación de Autobuses de Valencia que se sitúa en la Calle Menéndez Pidal, 13, 46009, Valencia. (39°28'52" N, 0°23'17" W). El recinto lo componen una estructura frontal con un arco-techo y una torre a cada lado. También se pueden observar dos estructuras laterales y un edificio en la parte trasera que cierra el recinto formando un espacio rectangular. En la zona interior del recinto donde se encuentran situadas las dársenas se extiende también a lo largo un porche.

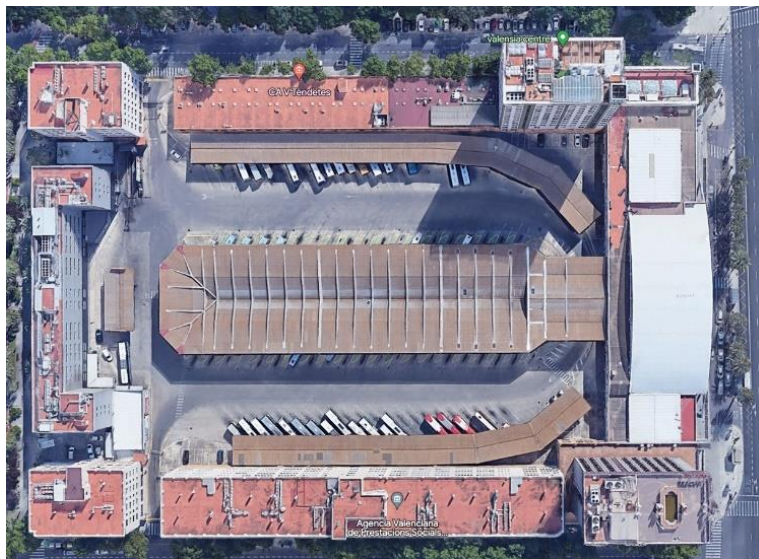


Ilustración 18. Vista aérea estación autobuses Valencia.

Fuente: Google Earth



Ilustración 19. Vista frontal estación autobuses Valencia.

Fuente: Google Earth

A la hora de hacer el diseño de la instalación es necesario conocer el área del que se dispone, para ello se ha utilizado la herramienta de medición de Google Earth.

La primera zona analizada como un posible lugar de instalación es la zona del porche de las cocheras centrales. El área calculada aproximada es de 4.990 m², pero es posible que esta zona de la estación necesitare un refuerzo para la instalación de paneles solares ya que se tratan de láminas de contrachapado reforzadas en la parte central.

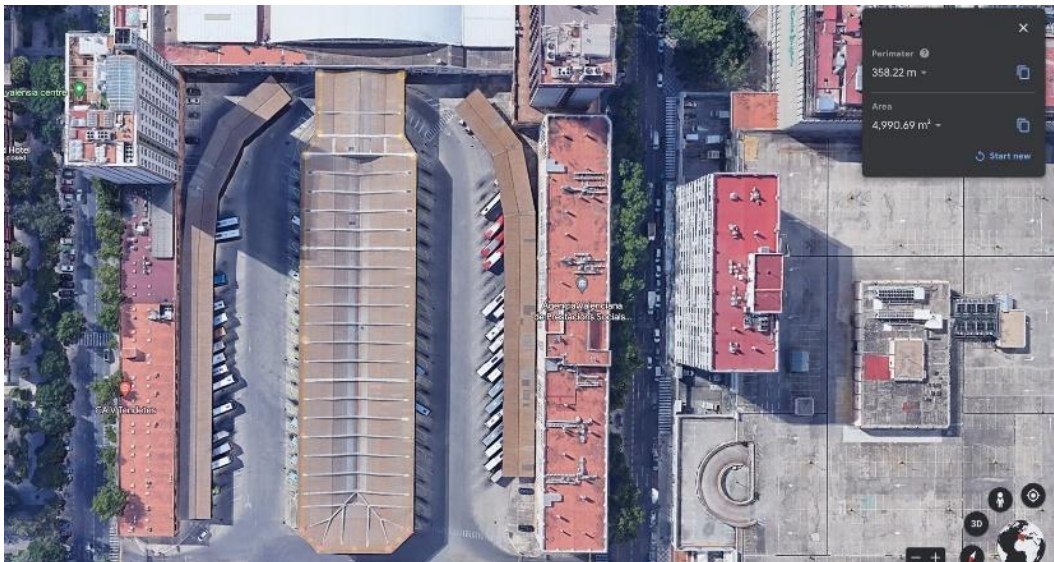


Ilustración 20. Área disponible en la zona central.

Fuente: Google Earth



Ilustración 21. Vista lateral porche central contrachapado.

Fuente: WikiCommons

El segundo lugar para analizar es el techo del edificio de la izquierda. El área calculada aproximada es de 1.285 m². En la parte pegada a la torre no tendría mucho sentido la instalación de paneles fotovoltaicos ya que habría demasiadas sombras

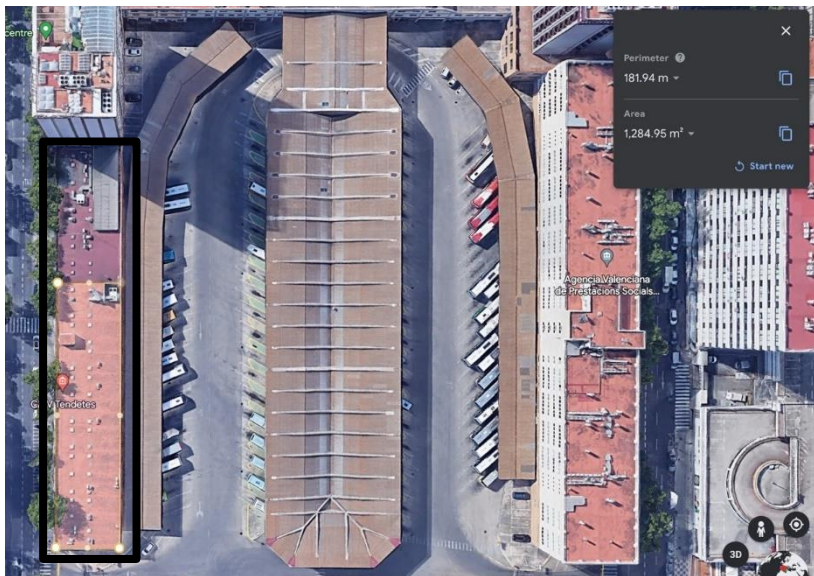


Ilustración 22. Área disponible en el edificio lateral izquierdo.

Fuente: Google Earth

De la misma manera el edificio lateral derecho también es un lugar adecuado para el análisis de la instalación. En este caso el área calculada aproximada es de 2.400 m² al tratarse de una estructura más alta este espacio tendría menos problemas con sombras.

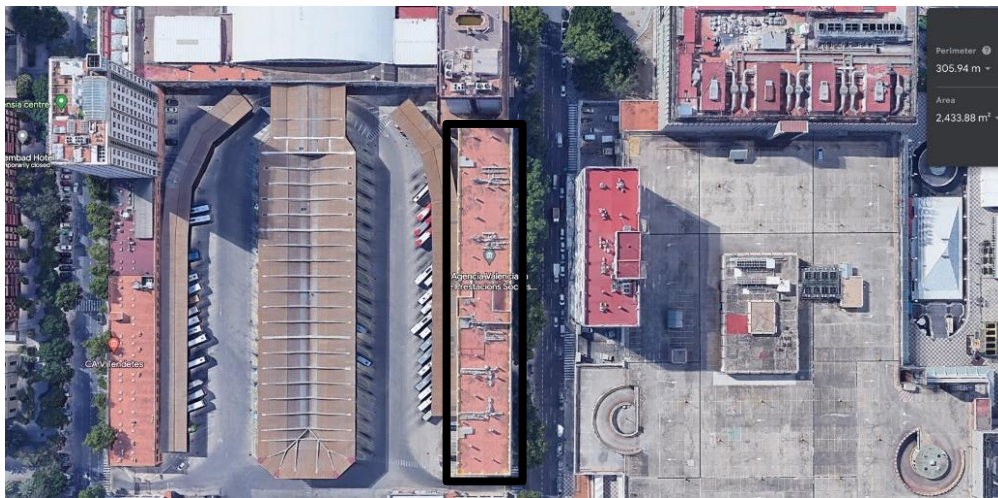


Ilustración 23. Área disponible en el edificio superior derecho.

Fuente: Google Earth

La última superficie sobre la que se considerará instalar los paneles solares es sobre el arco-techo frontal. A la hora de hacer la instalación es el lugar más complejo debido a la geometría de la estructura curva. El área calculada aproximada es de 1.990 m².



Ilustración 24. Área disponible en arco frontal.

Fuente: Google Earth

7.2 ANÁLISIS DE CONSUMOS

Para poder hacer una instalación fotovoltaica es necesario antes de nada saber el consumo eléctrico del lugar en el que se va a realizar la instalación. En este caso se trata de una la Estación de autobuses de Valencia. Para poder hacer una estimación adecuada del consumo de la estación es necesario conocer que es lo que más energía eléctrica consume.

Consumos	Unidades	Potencia/Unidad (W)	Potencia (KW)	Horas equivalentes
LED Alta	200	50	10	19
LED Baja	75	40	3	21
Escaleras mecánicas	6	6000	36	12
Ascensores	4	7000	28	10
Climatización	2	10000	20	17
Equipos electrónicos/Otros	35	4500	157,5	9

Tabla 1. Elementos de consumo energético.

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se muestran los elementos que más energía eléctrica consumen en un recinto de este tipo. En primer lugar, vemos como la iluminación utilizada en la estación es de baja potencia y por lo tanto supone solamente el 5,1 % de la potencia total. Se estima que los LED de alta potencia a nivel industrial tienen una potencia de 200 W/unidad, así como la estimación de potencia realizada para los LED de baja potencia es de 75 W/unidad. En segundo lugar, tenemos dos elementos que suponen un consumo considerable como son las escaleras mecánicas y los ascensores de la estación. Se tienen 6 escalera mecánicas y 4 ascensores con una potencia por unidad de 6000 W y 7000W respectivamente. Los últimos elementos que se tienen en cuenta a la hora de hacer la estimación son los equipos de climatización que tienen una potencia de 10000 W y los equipos electrónicos y otros elementos que puedan tener consumo dentro de los comercios de la estación.

En cuanto a las horas equivalente es una estimación que pretende representar las horas del día que estos equipos están en funcionamiento.

Por otro lado, es importante diferenciar como mínimo cuatro periodos de consumo distintos. El análisis se debe hacer tanto de días laborables de invierno como de días laborables de verano y de fines de semana de invierno como de fines de semana de verano.

Laborable invierno		Fin de semana invierno	
Hora	Consumo (kWh)	Hora	Consumo (kWh)
0:00	77,425	0:00	77,3
1:00	77,425	1:00	77,3
2:00	77,425	2:00	77,3
3:00	77,425	3:00	77,3
4:00	77,425	4:00	77,3
5:00	99,005	5:00	77,3
6:00	136,200	6:00	85,1
7:00	155,475	7:00	104,5
8:00	190,175	8:00	143,575
9:00	193,225	9:00	165,525
10:00	192,125	10:00	184,475
11:00	188,625	11:00	175,55
12:00	178,750	12:00	166,2
13:00	163,600	13:00	158,675
14:00	132,700	14:00	145,975
15:00	138,250	15:00	144,925
16:00	148,645	16:00	152,875
17:00	185,775	17:00	165,62
18:00	181,750	18:00	177,6
19:00	174,025	19:00	166,225
20:00	117,375	20:00	142,275
21:00	111,595	21:00	133
22:00	104,395	22:00	126,6
23:00	77,425	23:00	93,2
Consumo diario total	3256,240	Consumo diario total	3095,695

Tabla 2. Consumos en el periodo de invierno.

Fuente: Elaboración propia

En estas tablas se puede observar el consumo hora a hora que tiene la estación en la época de invierno. Se puede observar como el consumo los fines de semana es un 4,93 % menor que en los días laborables.

Laborable verano		Fin de semana verano	
Hora	Consumo (kWh)	Hora	Consumo (kWh)
0:00	63,638	0:00	62,7
1:00	63,638	1:00	62,7
2:00	63,638	2:00	62,7
3:00	63,638	3:00	62,7
4:00	63,638	4:00	62,7
5:00	63,638	5:00	62,7
6:00	110,225	6:00	80,25
7:00	132,600	7:00	90,2
8:00	154,275	8:00	115,25
9:00	175,425	9:00	158,275
10:00	186,375	10:00	171,15
11:00	183,225	11:00	168,55
12:00	176,100	12:00	155,875
13:00	171,025	13:00	148,2
14:00	152,175	14:00	141,525
15:00	175,050	15:00	140,4
16:00	171,350	16:00	146
17:00	174,350	17:00	155,12
18:00	142,600	18:00	164,35
19:00	102,600	19:00	149,675
20:00	93,375	20:00	124,15
21:00	83,700	21:00	112,175
22:00	78,700	22:00	101,65
23:00	71,300	23:00	82,175
Consumo diario total	2916,275	Consumo diario total	2781,17

Tabla 3. Consumos en el periodo de verano.

Fuente: Elaboración propia

En las tablas se muestran los días tanto laborables como de fin de semana del verano. En este período la diferencia entre día laborable y fin de semana es del 4,63%, muy similar a la diferencia que hay invierno. Al realizar la comparación entre la estacionalidad se observa como en invierno se consume un 10,36% más que en verano esto se debe principalmente a la climatización ya que en invierno funciona a máxima potencia durante más tiempo, algo que también influye, pero en menor medida es el número de horas de luz, que hace que en invierno se requiera más tiempo de la luz artificial.

Consumos día laborable invierno

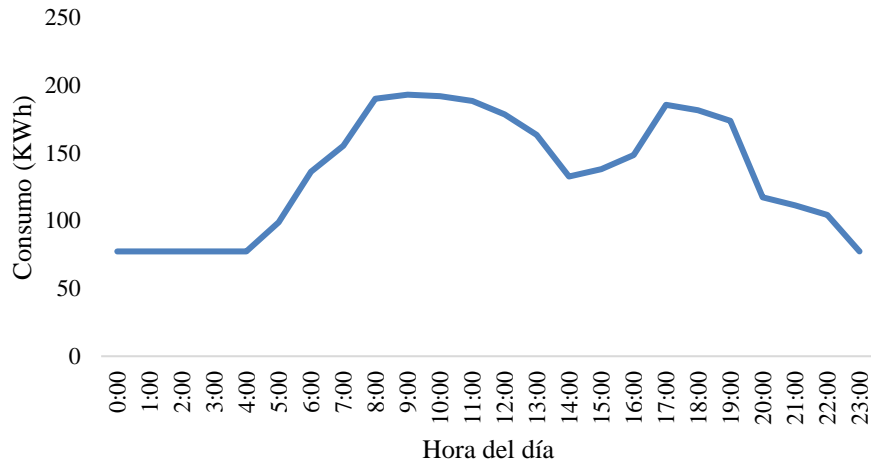


Ilustración 25. Perfil de consumos en día laborable de invierno.

Fuente: Elaboración propia

Consumo día fin de semana invierno

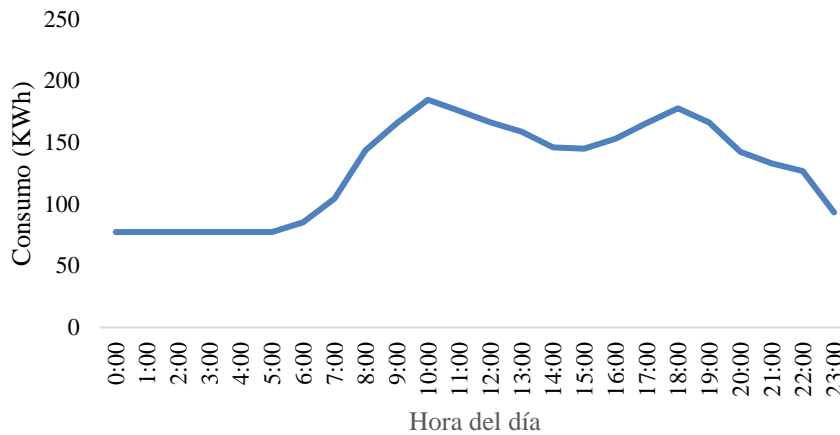


Ilustración 26. Perfil de consumo en día de fin de semana en invierno.

Fuente: Elaboración propia

En estas gráficas se pueden ver los perfiles de consumo que se tienen en el periodo de invierno en la estación, se observa como los picos en los días laborables son mayores y más prolongados en el tiempo que los fines de semana. También se ve que en los fines tiene muchas más horas valle que los días laborables.

Consumos día laborable verano

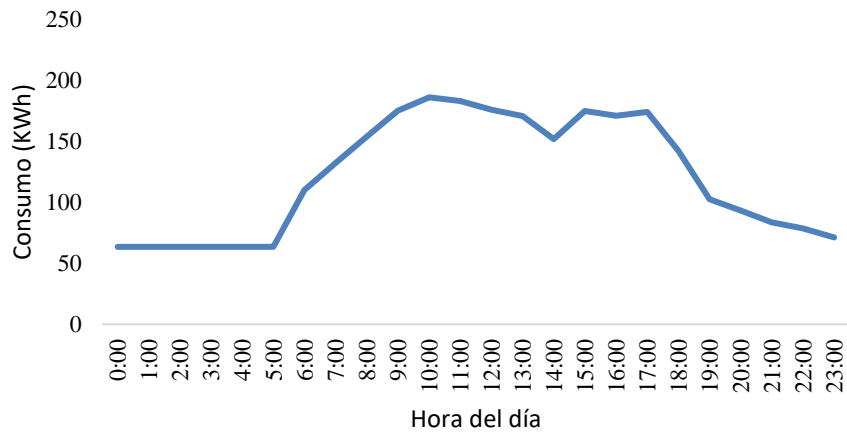


Ilustración 27. Perfil de consumos en día laborable de verano.

Fuente: Elaboración propia

Consumo fin de semana verano

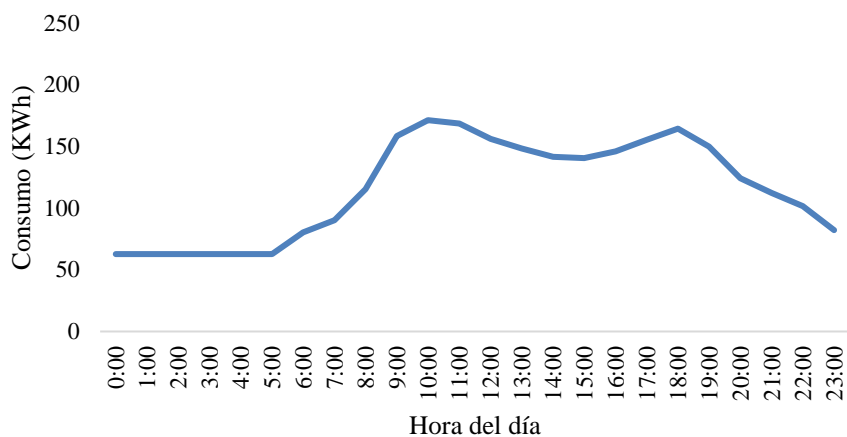


Ilustración 28. Perfil de consumo en día de fin de semana en verano.

Fuente: Elaboración propia

En estas gráficas muestran el perfil de consumos del periodo de verano. Se puede observar cómo estos consumos son menores que los que se producen en invierno y que las horas pico tampoco son las mismas, ya que en verano la actividad se suele ver retrasada entre una y dos horas.

Una vez se realiza el análisis de consumos se estima que el consumo total de la estación es de 1109,64 MWh/año. Para realizar esta estimación se ha utilizado el calendario laboral del año 2022 para tener una referencia de días laborables y días festivos. Estos pueden variar dependiendo del año, pero no suponen ningún cambio significativo a la hora de saber el consumo.

	Invierno	Verano	Total
Días laborables	125	125	250
Días no laborables	58	57	115
Consumo (MWh)	586,58	523,06	1109,64

Tabla 4. Estimación de consumo anual.

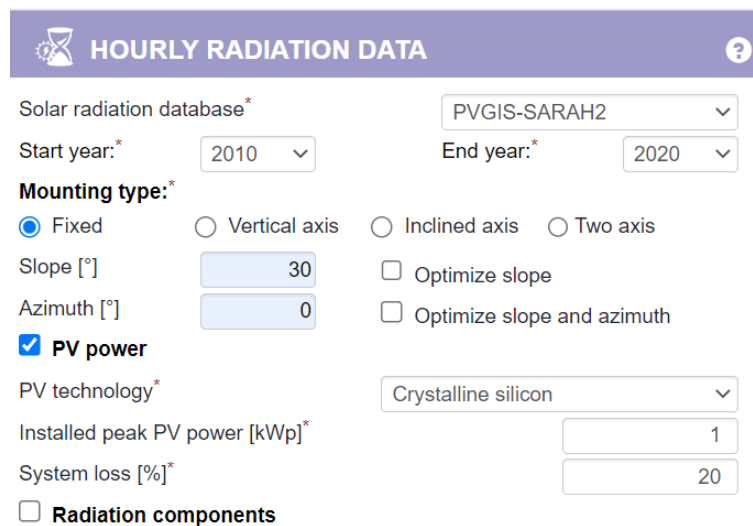
Fuente: Elaboración propia

7.3 ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR

Antes de empezar con el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica es necesario analizar la radiación solar en el lugar donde se va a realizar la instalación. Este proceso es muy importante ya que permite sacar la máxima eficacia y rendimiento a la instalación. A mayor cantidad de radiación solar más energía se genera por cada módulo y por tanto la eficiencia energética de la instalación aumenta. También es fundamental hacer un análisis de la radiación a la hora del diseño de la instalación para saber la orientación óptima que deben tener los módulos para que tengan el máximo rendimiento y sirve para definir el número de módulos necesarios para conseguir las capacidades energéticas demandas a la instalación. Es decir, el principal objetivo de análisis de la radiación es ser capaz de optimizar al máximo la instalación.

Para el análisis de la radiación realizado se utiliza un software de la Unión Europea denominado [11]Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), este software proporciona los datos de radiación solar en cualquier lugar del mundo. En primer lugar, se debe seleccionar la localización que se quiere analizar, en este caso la estación de autobuses de Valencia. Una vez se elige la localización se deben indicar una serie de parámetros. Se elige que la base de datos sea horaria ya que el estudio a realizar tratará de un análisis del

perfil horario de radiación solar. En primer lugar, se escoge la base de datos este caso la PVGIS-SARAH2 esta base de datos es proporcionada por CM SAF. En segundo lugar, elegimos los años para realizar nuestro análisis que va desde 2010 a 2020. En el tipo de montura de la instalación fotovoltaica que será fija en este caso. A continuación, se elige la pendiente que tendrán los paneles fotovoltaicos sobre el plano horizontal, así como el acimut de la instalación que es el ángulo de orientación de los paneles fotovoltaicos respecto al eje vertical. Por último, se elige los kW pico instalados y las pérdidas que en este caso se estiman que serán de alrededor del 20%.



HOURLY RADIATION DATA

Solar radiation database* PVGIS-SARAH2

Start year:* 2010 End year:* 2020

Mounting type:*

Fixed Vertical axis Inclined axis Two axis

Slope [°] 30 Optimize slope

Azimuth [°] 0 Optimize slope and azimuth

PV power

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]† 1

System loss [%]† 20

Radiation components

Ilustración 29. Interfaz software PVGIS.

Fuente: PVGIS

Una vez introducidos los parámetros se genera un archivo CSV con los datos a analizar. En el archivo se obtienen los datos de radiación solar de todas las horas desde 2010 hasta 2020. Para reducir el número de datos se crea un año representativo promediando cada hora del año. Con estos datos se obtiene el perfil horario anual de radiación solar.

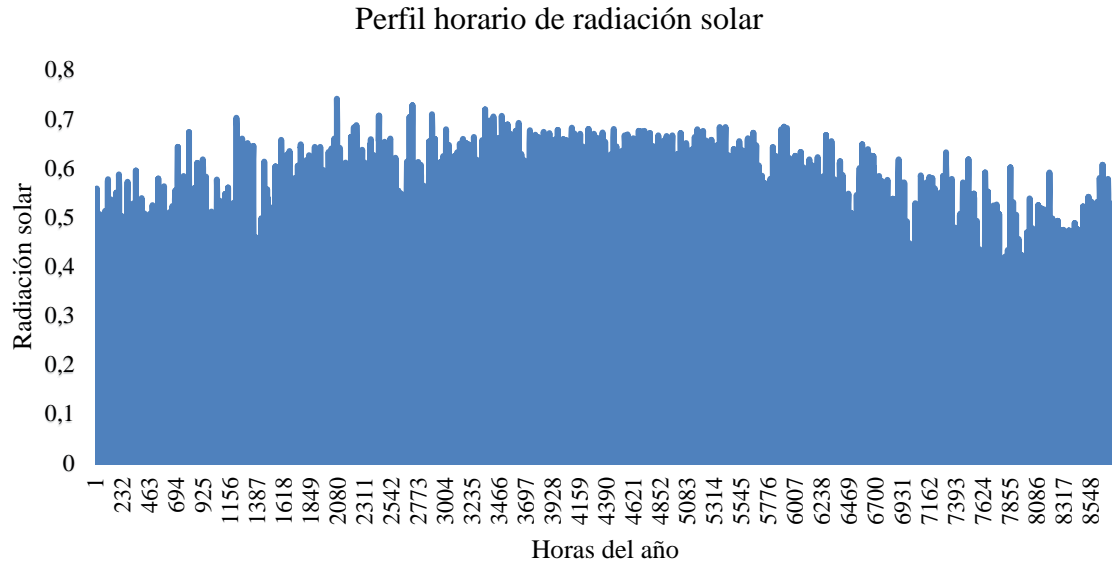


Ilustración 30. Perfil horario anual de radiación solar.

Fuente: Elaboración propia (Datos: PVGIS)

Este gráfico da la información de como la radiación solar va variando a lo largo del año según la estacionalidad. Con los datos que se muestran se observa como en los meses de verano es cuando más radiación hay, hasta un 20,6 % más que en los meses de invierno donde la radiación está en torno a 0,385 en promedio frente al 0,485 que hay en los meses de verano. En estos meses de mayor radiación solar la producción energética por parte de la instalación será mucho mayor.

Tecnología	Horas equivalentes de referencia/año				
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
Instalación fija	1.232	1.362	1.492	1.632	1.753
Instalación con seguimiento a 1 eje	1.602	1.770	1.940	2.122	2.279
Instalación con seguimiento a 2 ejes	1.664	1.838	2.015	2.204	2.367

Tabla 5. Referencia de horas equivalentes en España. [12]

Fuente: 24/12/2010 BOE. Sección I

[13]Las horas equivalentes es un índice que permite normalizar la energía generada por un sistema fotovoltaico con respecto al tamaño de la instalación. Es la cantidad de KWh que

genera por KW pico de módulos fotovoltaicos a lo largo de periodo determinado. La instalación que se está analizando consta de 1490,47 horas equivalentes, este resultado está dentro de un rango lógico comparando los resultados con las referencias establecidas en el BOE. La instalación que se está estudiando es fija y se encuentra en la Zona IV.

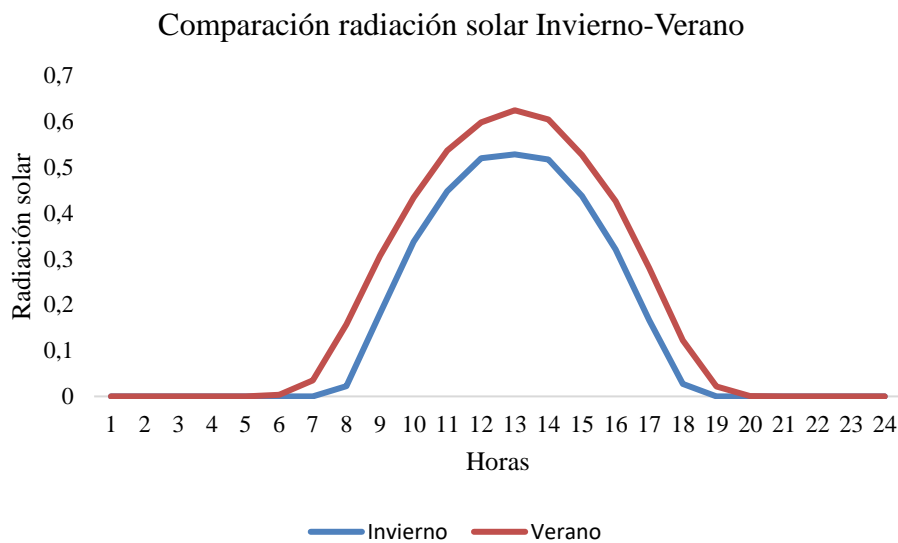


Ilustración 31. Comparación radiación solar según la estacionalidad.

Fuente: Elaboración propia (Datos: PVGIS)

En este caso se compara la radiación solar de un día tipo de verano y de un día tipo de invierno. Se puede observar cómo en verano hay más horas de radiación y los valores son más altos. El pico diario en invierno es 0,528 mientras que el pico en verano es 0,625, lo que supone 15,52% más.

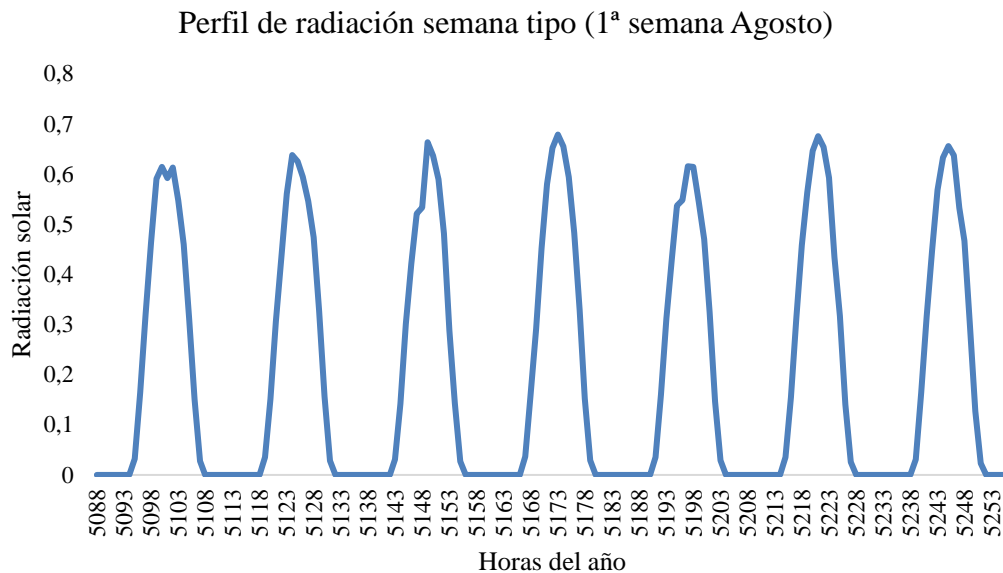


Ilustración 32. Perfil de radiación en una semana tipo.

Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se representa la radiación solar de una semana de agosto. Este tipo de gráficas son muy útiles a la hora de analizar los consumos de la instalación ya que permiten ver a que hora de la semana habrá mayor producción energética por parte de la instalación. Con el análisis de generación energética y de los consumos es posible optimizar la instalación para hacerla lo más eficiente y rentable posible.

Una vez se hace el análisis de la radiación y el análisis del consumo es necesario comparar ambos perfiles. En los momentos de mayor radiación será cuando la instalación solar sea capaz de generar más energía y por tanto abastecer el máximo consumo posible de la estación

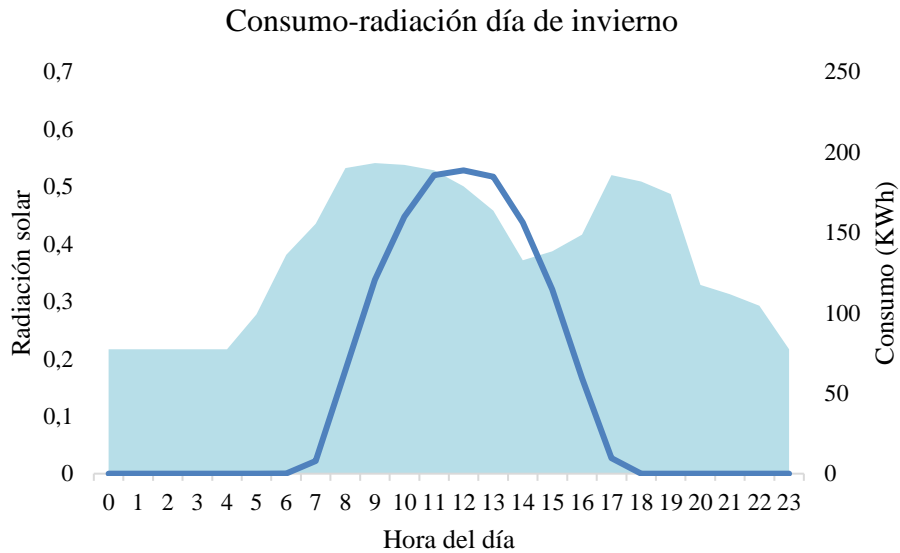


Ilustración 33. Comparativa entre el consumo y la radiación de un día de invierno.

Fuente: Elaboración propia

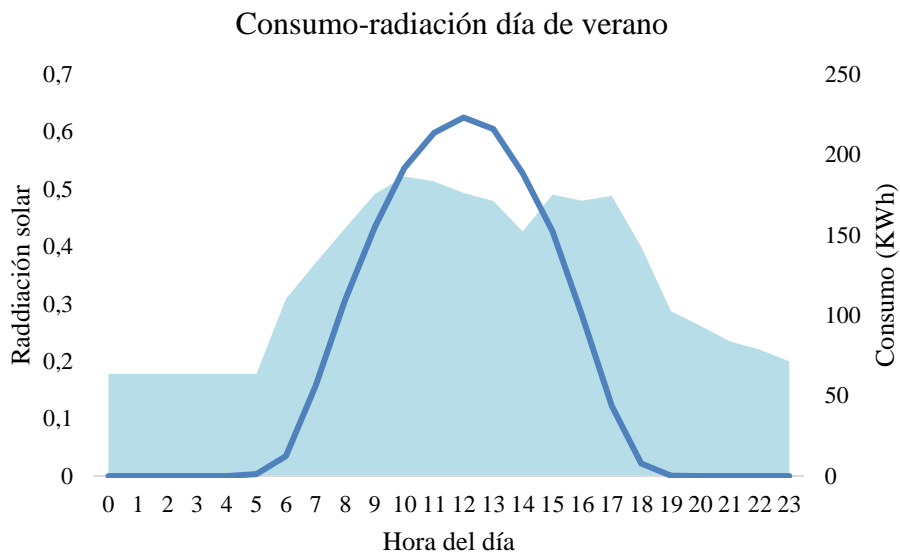


Ilustración 34. Comparativa entre el consumo y la radiación de un día de verano.

Fuente: Elaboración propia

En estas gráficas se puede observar cómo en invierno los picos de radiación son menores que los picos de radiación en verano. Debido a ello la generación en las horas de alto

consumo podrían no llegar a cubrir las demandas de consumo, en ese caso sería necesario completar con la energía de la red. En contraposición en las horas pico de radiación en verano la generación de la instalación fotovoltaica será superior al consumo demandado por lo que se generará más energía de la necesaria. En este caso con la energía restante se podrían hacer diversas cosas como almacenarla o verterla a la red a cambio de una compensación económica. Para definir que hacer es necesario hacer un estudio económico de la instalación que se hará más adelante.

Capítulo 8. ANÁLISIS DE PRECIOS

8.1 APUNTAMIENTO SOLAR/COEFICIENTE DE APUNTAMIENTO Y PRECIOS A FUTURO DE LA ENERGÍA

El coeficiente de apuntamiento es un número que representa la relación entre el precio de venta de la energía eléctrica de una determinada tecnología o instalación y el precio medio aritmético obtenido en el mercado diario para todo el mercado. Dependiendo de la época del año en la que se esté varía notablemente el perfil de precios que se puede tener a lo largo de un día, este perfil de precios puede variar incluso entre días laborables y fines de semana, pero la variación es menor.

Para realizar un análisis de precios de la instalación es necesario hacer una estimación del coeficiente de apuntamiento para los años de vida útil que tendrá la instalación. En el análisis realizado se estudia hasta el año 2040, es decir, para una vida útil de 17 años.

El primer paso es conocer el precio de la energía a futuros, para ello se cogen los datos proporcionados por el OMIE que estima el precio medio de la energía hasta el año 2033. En el análisis se estima que el precio desde el 2033 hasta el año 2040 es el mismo ya que no se tienen los datos suficientes como para de realizar una estimación mejor. [14] Los precios estimados por el OMIE en mayo de 2023 son:

Año	Precio medio esperado (€/Mwh)
2024	102,25
2025	91,00
2026	66,00
2027	59,58
2028	53,11
2029	47,38
2030	45,93
2031	44,71
2032	43,47
2033	43,45

Tabla 6. Precio medio de la energía esperado (2024-2033).

Fuente: Datos OMIE mayo 2023

Se puede observar cómo los precios en los próximos años van a ser muy altos uno de los factores que ha generado esto es que España tiene una alta dependencia de las importaciones de combustibles fósiles y quede a expensas de la variación internacional de los precios que está teniendo lugar por diversas razones. Esta subida del precio del combustible fósil se ve posteriormente reflejado en el precio de la energía. Como se puede observar en la tabla a partir del año 2026 los precios empiezan a bajar notablemente y se quedan en torno a valores de 45 €/MWh.

Esta bajada de los precios se espera que se produzca gracias a la penetración de las energías renovables en España y la caída de los costes de las energías renovables, en especial de la energía solar fotovoltaica. Este crecimiento de las energías renovables generará una menor dependencia sobre de los combustibles fósiles lo que hará que el precio de la energía no dependa tanto de su precio.

En cuanto a la variación del coeficiente de apuntamiento en los próximos años se espera que se acentúe el fenómeno denominado como curva de pato. [15] Esto consiste que, en las horas de mayor producción energética, generalmente las horas de más radiación solar del día, los precios de la energía sean muy bajos llegando incluso a ser cero en algunos casos extremos. Por otro lado, en las horas de menor producción solar y renovable en general, que suelen ser

las últimas tres o cuatro horas del día, el precio de la energía se dispare y llegue a tener valores hasta dos veces mayor que el precio medio del día.

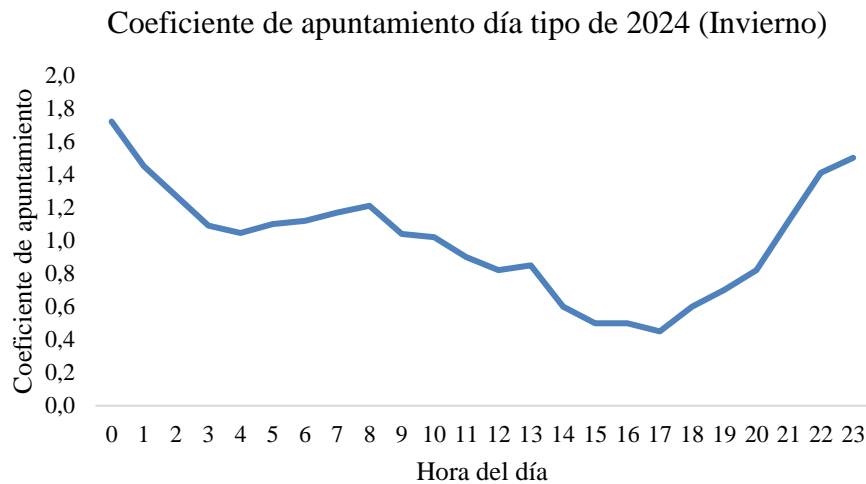


Ilustración 35. Coeficiente de apuntamiento medio 2024 (invierno).

Fuente: Elaboración propia

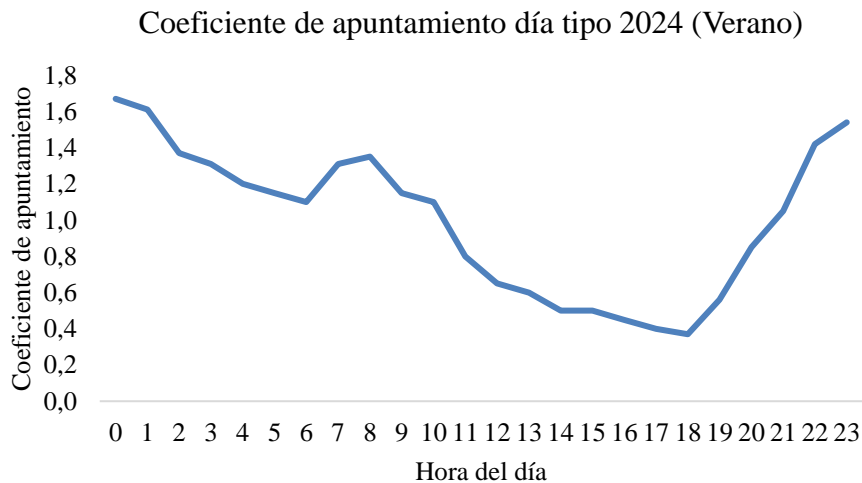


Ilustración 36. Coeficiente de apuntamiento medio 2024 (verano).

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de perfil de precios es lo que se conoce como curva de pato como se ha explicado anteriormente. Se puede observar cómo los precios máximos en verano e invierno son

parecidos, pero a la hora de analizar los precios mínimos se observa como en verano se tienen valores mucho más bajos con coeficiente de apuntamiento cercanos al 0,35. Los valores mínimos seguirán bajando hasta el año 2027 cuando se tendrán valores mínimos del 0,2 y los valores máximos sobrepasarán en un coeficiente de 2. A partir de ese año los precios se irán estabilizando volviendo a los valores que se tenían anteriormente y teniendo una curva de pato menos pronunciada. [3]

8.2 *MODELO SIMPLE*

Para poder analizar la instalación en detalle y sobre todo la rentabilidad del proyecto se realiza un modelo simple en el cual se incluyen tres variables de entrada que se han analizado por separado anteriormente. Las tres variables de entrada son: radiación, consumo estimado y por último el precio de la electricidad. Para realizar el modelo se utiliza Excel que permitirá trabajar con todos los datos a la vez.

En el modelo se crea un calendario comenzando el 1 de enero de 2024 hasta el 31 de diciembre de 2040. Aunque se estima que la vida útil de una instalación fotovoltaica es de unos 25 años, no se puede estimar con suficiente exactitud los consumos, radiación y sobre todo los precios para años posteriores a 2040. El calendario que se crea en Excel consta de todas las horas de todos los días desde las 00:00 del 1 de enero de 2024 hasta las 23:00 del 31 de diciembre de 2040. Esto supone que se tienen 149040 datos que completar.

Fecha	Hora	Año	Mes	ID Hora
01/01/2024 00:00	0	2024	1	1

Tabla 7. Ejemplo calendario modelo.

Fuente: Elaboración propia

De las tres entradas del modelo la primera que se analiza es la radiación. Los datos de radiación se obtienen de PVGIS proporcionada por la Unión Europea de la cual se extrae un archivo .CSV que incluye todos los datos hora a hora de radiación solar, sobre el lugar en el que se encuentra la estación de autobuses de Valencia, desde el año 2010 hasta el año 2020. A partir de todos estos datos se saca un año promedio tipo haciendo la media para cada una

de las horas del año y teniendo en cuenta los días bisiestos. Los datos de radiación solar se encuentran en kW/kWp

Tras tener un año tipo se debe estimar la radiación que será capaz de “absorber” la instalación cada año teniendo en cuenta el deterioro a lo largo de los años de los paneles solares. De media un panel solar pierde un 0,5% de sus capacidades cada año que pasa. Debido a esto se crea una tabla en Excel con columnas desde el año 2024 hasta el año 2040 con cada hora del año. Para tener en cuenta la degradación se multiplica el año anterior por 0,995 para obtener los datos estimados de radiación. Tras realizar esto es necesario poner todos esos datos de la tabla en una sola columna que será necesaria para introducirla en el modelo final. Para poner todos esos datos en una sola columna se utiliza la función BUSCARH y se crea un calendario con fecha completa (día/mes/año hora) y el dato de radiación solar consecuente con la fecha completa (2024-2040).

La segunda entrada que se debe meter en el modelo es el consumo. Para realizar una estimación del consumo de la estación de autobuses se clasifican los días dependiendo si son laborables o no laborables o si se tratan de días de verano o invierno. Para ello se realizan cuatro tablas en Excel (día laborable de invierno, día laborable de verano, día no laborable de invierno, día no laborable de verano). Una vez se tienen los cuatro días tipos hechos se crea un calendario en el cual se clasifican todos los días y horas, desde el 1 de enero de 2024 a las 00:00 hasta el 31 de diciembre de 2040 a las 23:00, con su correspondiente consumo. Para filtrar dentro de los datos de consumo estimados se utiliza en Excel la función SUMAR.SI.CONJUNTO. Una vez se tiene el calendario con los datos de consumos realizado se mete dentro del modelo global.

La última entrada que se estima en nuestro modelo es el precio de la energía en España hora a hora. Para ello se hace en primer lugar un análisis del coeficiente de apuntamiento para cada día de verano e invierno del año. Se parte de la base de los datos aportados por el OMIE que estima los precios energéticos a futuro. Una vez se tienen estimados los apuntamientos tanto para verano como para invierno se multiplica esos coeficientes de apuntamiento horarios por el precio medio de la energía ese año. Ya que el OMIE solo aporta datos hasta

el año 2033 se supone que el precio energético desde el año 2033 hasta el año 2040 es igual debido a la falta de datos para poder estimarlo con mayor precisión. Una vez se tienen los precios hora a hora de todos los años se crea, como con las variables anteriores, un calendario que va desde el 1 de enero de 2024 a las 00:00 hasta el 31 de diciembre de 2040 a las 23:00 y se asigna el precio horario correspondiente combinando en este caso las funciones SI y O en Excel. Una vez se tiene el calendario completo se mete esta última variable en el modelo final.

En el modelo también se tienen en cuenta, a la hora de definir los precios y costes finales, los cargos y peajes que se pagan por estar conectado a la red y por el uso de las infraestructuras. Es por ello por lo que se añade una columna denominada “Cargos y Peajes” estos costes varían dependiendo de la hora del día o la época del año.

Consumo (Kwh)	Irradiación (h equiv)	Precio (€/Kwh)	Cargos y Peajes (€/Kwh)
190,175	0,160723	0,124	0,001426

Tabla 8. Ejemplos variables de entrada del modelo.

Fuente: Elaboración propia

Una vez se tienen todos los datos de entrada (Consumo, Irradiación, Precios y Cargos y Peajes) se comienza la elaboración del modelo. En primer lugar, es necesario calcular la producción solar de la instalación, es decir, cuánta energía se va a poder obtener dependiendo de la potencia que se instale. Para ello se realiza el cálculo:

$$\text{Producción solar [Kwh]} = \text{Potencia instalada [Kwp]} \cdot \text{Irradiación [h eq]}$$

En segundo lugar, es necesario saber cuánta de esa energía generada se utilizará para autoconsumo y si existen excedentes energéticos. Para ello en el modelo se implementa una función SI en la que se compara el consumo de la estación con la energía generada por la instalación. Si el autoconsumo es mayor que el consumo entonces existirá excedente y se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Excedentes} = \text{Producción solar} - \text{Consumo}$$

Por otro lado, si el autoconsumo es menor que el consumo será necesario consumir energía de la red.

Producción solar (Kwh)	Autoconsumo (Kwh)	Excedente (Kwh)	Consumo Final (Kwh)
80,97	80,97	0,00	109,20

Tabla 9. Ejemplo de otras variables del modelo.

Fuente: Elaboración propia

Por último, el modelo calcula el ahorro que supone hora a hora la instalación. Se tiene una primera columna en la que se muestra el coste de la energía sin tener en cuenta el autoconsumo que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Coste sin autoconsumo} = \text{Consumo [Kwh]} \cdot \left(\text{Precio} \left[\frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \right] + \text{Cargos y Peajes} \left[\frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \right] \right)$$

En la segunda columna de los costes se calcula el coste de la energía teniendo en cuenta el autoconsumo, es decir, el dinero que se pagaría por la energía consumida de la red solamente. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Coste con autoconsumo} = \text{Consumo Final [Kwh]} \cdot \left(\text{Precio} \left[\frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \right] + \text{Cargos y Peajes} \left[\frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \right] \right)$$

Para calcular el ahorro y tener en cuenta todas las posibilidades se debe calcular, en caso de que haya excedente y se desee venderlo a la red, el ahorro extra que esto supondría. Hay que tener en cuenta que el excedente energético que se vende a la red no se vende al precio de mercado si no que suele rondar el 85% del precio de mercado. La venta del excedente se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Venta Excedente [€]} = \text{Precio} \left[\frac{\text{€}}{\text{Kwh}} \right] \cdot 85\% \cdot \text{Excedente [Kwh]}$$

Por último, se tiene una columna en la cual se indica el ahorro total que supone la instalación.

Sin Autoconsumo (€)	Con Autoconsumo (€)	Venta Excedente (€)	FCF Autoconsumo
20,82	1,31	0,00	19,510

Tabla 10. Ahorro energético ejemplo del modelo.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 9. ANÁLISIS DE COSTES

9.1 PRECIO MEDIO DE LA INSTALACIÓN

Para que la instalación sea lo óptima y rentable posible es necesario hacer un análisis de varias instalaciones con distinta potencia instalada y diferentes enfoques. Para ello se ha utilizado un software de simulación solar llamado [16]Ezzing que ha sido aportado por la compañía AmaraNZero. Con este software se obtendrá el precio total de la instalación, así como el precio por Kwp instalado [€/Kwp]. Las potencias que se estudian van desde 50 Kwp hasta 500 Kwp aumentando en intervalos de 50 Kwp aproximadamente. Este análisis tanto a bajas como a altas potencias permite ver todo el espectro de potencias y hace que el análisis sea más preciso.

A continuación, se explicará el uso del software utilizado a partir de un ejemplo:



The screenshot shows the 'Info del proyecto' and 'Ajustes ambientales' sections of the software interface. The 'Info del proyecto' section includes fields for 'Nombre del proyecto' (EstacionValencia), 'Dirección' (Carrer de Menéndez Pidal, 13, 46009 València, Valencia, España), 'Cambiar proveedor de imágenes' (Google Hybrid), 'Modelo de los módulos' (LONGI LR5-72HPH 550 (HiMO5 N... 2278x1134x35 mm, 27.5 kg), and a 'Sin stock' status with a 'Buscar' button. The 'Ajustes ambientales' section includes 'Categoría de terreno' (IV), a toggle for 'Estructuras para edificios altos adyacentes' (checked), 'Zona de viento' (Zona A - 26,0 m/s), 'Zona de nieve' (V), and 'Altitud sobre el nivel del mar' (0,0 m).

Ilustración 37. Parámetros iniciales de la instalación.

Fuente: Software AmaraNZero

En primer lugar, se indica la ubicación en la que se quiere realizar la instalación, así como el panel solar que se quiere instalar. El módulo fotovoltaico se selecciona en función del fabricante, de la potencia y peso que se quiera instalar. Después de indicar la información

inicial del proyecto se añaden los ajustes medioambientales de la instalación. La categoría del terreno como se muestra en la imagen superior indica la zona geográfica en la que se realiza la instalación (Zona I: Mar y costa, Zona II: Lagos y zonas con baja vegetación, Zona III: Zonas con baja vegetación y algún obstáculo aislado, Zona IV: Pueblos o zonas suburbanas, Zona V: Zonas urbanas). También es necesario indicar las zonas de viento y lluvia en la cual se encuentra la instalación que se quiere analizar.

Tras los ajustes medioambientales se define el área en el cual se quiere instalar los paneles solares. Para ello se delimita en Google Maps el espacio deseado, indicando el tipo de tejado en el que se quiere hacer la instalación, el material del tejado y la altura del edificio.

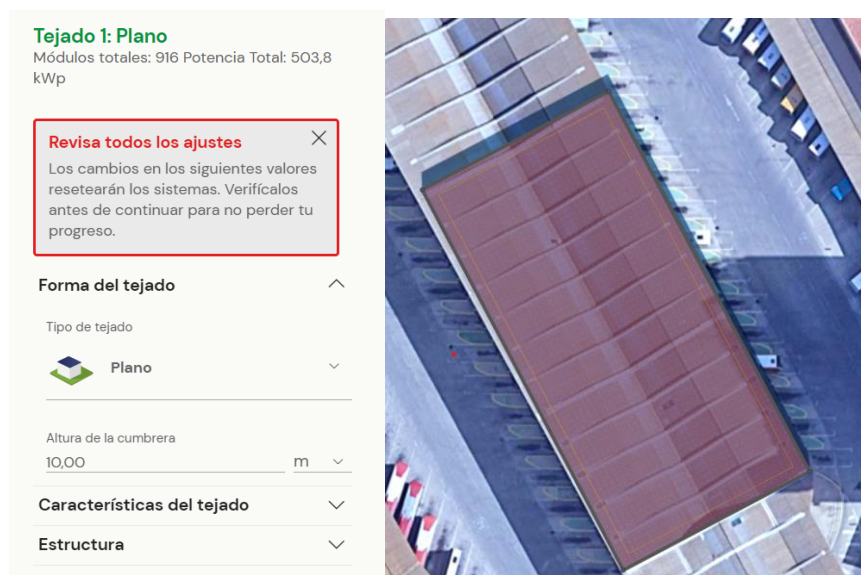


Ilustración 38. Parámetros tejados de la instalación.

Fuente: Software AmaraNZero

Una vez se establecen estos parámetros del edificio se pasa al análisis de los paneles solares de los cuales se pueden ajustar numerosos parámetros como las líneas de dilatación, la orientación, el tipo de estructura y el azimut entre otros. Es el propio software el que posteriormente calcula la potencia total que se puede instalar en ese espacio indicado, así como el número de paneles que caben y la orientación óptima en función de análisis de sombras realizado.



Ilustración 39. Parámetros módulo fotovoltaicos instalación.

Fuente: Software AmaraNZero

A continuación, se pasa a la selección del inversor. Para ello se indica al software los fabricantes que se quieren y los ratios máximos y mínimos de conversión AC/DC que suelen ser 120% y 85% respectivamente.

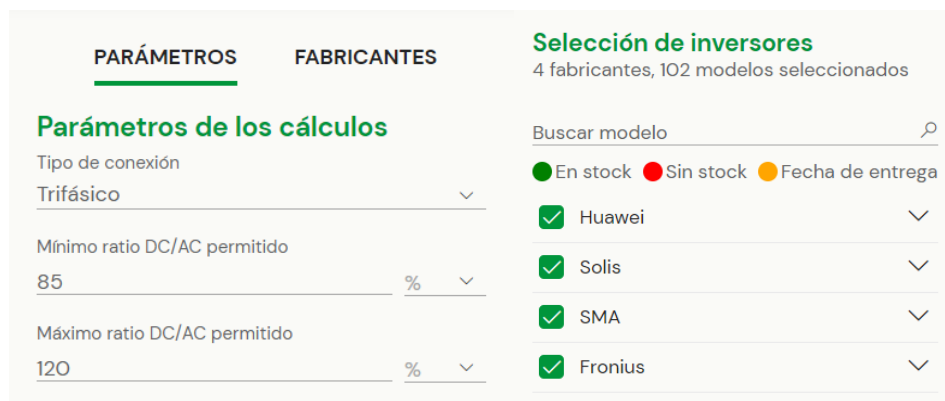


Ilustración 40. Parámetros inversores instalación.

Fuente: Software AmaraNZero

Una vez el software realiza los cálculos para encontrar el inversor o inversores que mejor se adapta a la instalación muestra en pantalla todas las posibilidades para que sea el usuario el que elija dependiendo del fabricante, precio o ratio AC/DC que mejor se adapte a sus necesidades.

Configuraciones de inversores








Configuraciones de inversores

- 3 x Solis - 119%**
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 40kW 5G Three Phase QUAD
 MPPT DC - 113.8%
- 4 x Solis - 119%**
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 3P20kW S5 Three Phase Dual
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 3P20kW S5 Three Phase Dual
 MPPT DC - 107.5%
- 3 x Solis - 114.2%**
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN
 MPPT DC - 120%
 SOLIS S5 50kW 3Ph Inverter, 5 MPPT,
 DC, PID - 91%

Ilustración 41. Configuraciones inversores instalación.

Fuente: Software de AmaraNZero

Por último, el software muestra una lista de todos los materiales necesarios para realizar la instalación y el coste por material y total de la instalación.

Icono	Nombre	Costo Unitario	Cantidad	Cantidad Extra	Cantidad Total	IVA Aplicado	Margen Original	Precio
	● En stock							
	VAN DER VALK Placa post. galv. ValkPro+L10* 2380mm ● En stock	13,17 €	571	0	571	0,00	0,00	7.520,07 €
	VAN DER VALK Sop. Lastre-g ValkPro+L10-L15* 2379mm ● En stock	11,82 €	1142	0	1142	0,00	0,00	13.498,44 €
	VAN DER VALK Placa lat. galv. ValkPro+L10* (univ.) ● En stock	0,00 €	0	0	0	0,00	0,00	0,00 €
	VAN DER VALK Perno autorr. inox M6x20mm - T30 ● En stock	0,15 €	615	0	615	0,00	0,00	92,25 €
	LONGI LR5-72HPH 550 (HIMO5 New) G2 - EVO2 - 1500V ● Sin stock	141,84 €	571	0	571	0,00	0,00	80.990,64 €
	SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN MPPT DC ● Sin stock	3.370,67 €	2	0	2	0,00	0,00	6.741,34 €
	SOLIS 40kW 5G Three Phase QUAD MPPT DC ● En stock	1.782,98 €	1	0	1	0,00	0,00	1.782,98 €

Resumen De Precios

Precio base (sin IVA) 126.178,16 €
Precio de extras (sin IVA) 0,00 €

Margen aplicado 0,00%
 Descuento 0,00%
 IVA aplicado 0,00%

Margen total 0 €
 Descuento Total 0 €
 IVA Total 0 €

Precio final (sin IVA) 126.178,16 €
 Precio final sin IVA Wp 0,40 €/Wp

Precio final 126.178,16 €
 Precio final Wp 0,40 €/Wp

Ilustración 42. Lista de materiales y precio de la instalación.

Fuente: AmaraNZero

Este mismo procedimiento se ha seguido con cada una de las diez instalaciones que se analizarán. Una vez se determine cuál de ellas es la más rentable se mostrarán todos los parámetros y datos concretos para esa potencia instalada.

9.2 TABLA POTENCIA/ELEMENTO-PRECIO

Para analizar la rentabilidad de la instalación se simulan distintas instalaciones con diferentes potencias instaladas y se calcula el precio por Kwp [€/Kwp] que sale en cada una de las simulaciones. Una vez se hacen las simulaciones y se obtienen los precios de cada una de las instalaciones se realiza una tabla Potencia-Precio. El precio de la instalación se define como la suma de los materiales, obteniendo el dato del software de AmaraNZero, la mano de obra y sumando un 10% de margen sobre ese precio.

Tras el análisis de las diez instalaciones se obtienen los siguientes resultados.

Potencia instalada (Kwp)	€/KWp
50,5	630,0
103,39	647,6
152,88	667,4
202,5	608,2
252,72	632,6
308	615,2
349,8	600,2
398,2	602,5
450,45	596,1
503,8	603,6

Tabla 11. Relación potencia-precio de las instalaciones planteadas.

Fuente: Elaboración propia

9.3 CURVA DEL CAPEX

Con los datos presentados en la tabla anterior se hace un gráfico Potencia-Precio Kwp y mediante Excel se estima una línea de tendencia del precio del Kwp por potencia instalada.

La curva obtenida es la siguiente:

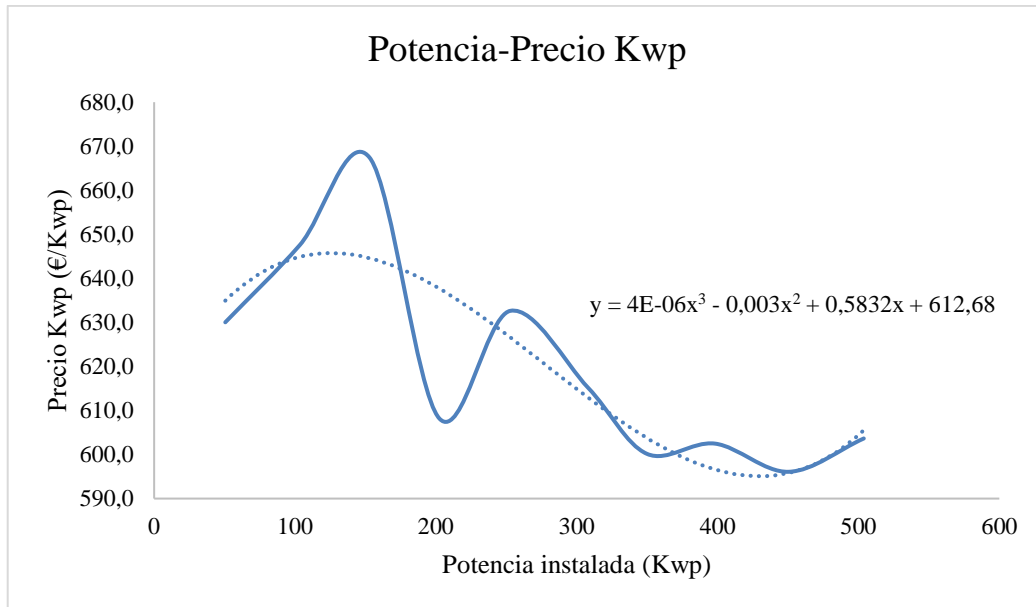


Ilustración 43. Curva CAPEX instalación.

Fuente: Elaboración propia

La línea de tendencia obtenida puede ayudar a predecir el precio del Kwp de una instalación, con características similares a las propuestas, a partir de la potencia instalada. Esta ecuación obtenida puede ser muy útil ya que ayuda a realizar una estimación rápida de precios sin tener que hacer un análisis completo de la instalación.

Capítulo 10. MODELO FINAL

10.1 TABLA DE POTENCIAS Y SU RENTABILIDAD

Para estudiar la rentabilidad de la instalación se analizan distintos casos teniendo en cuenta todas las potencias que se han simulado con el modelo explicado anteriormente. El primer caso del que se analiza la rentabilidad es simplemente diferenciando si la instalación vende o no los excedentes a la red. Para este análisis se usan los cash inflows obtenidos del modelo creado y se realiza un análisis de rentabilidad del proyecto a 17 años vista, teniendo en cuenta todas las potencias simuladas.

Sin venta de excedentes				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,5 Kwp	- 31.816,21 €	7,56%	5.192,74 €	10
103,39 Kwp	- 66.950,84 €	7,07%	8.818,57 €	10
152,88 Kwp	-102.038,78 €	6,54%	9.999,39 €	10
202,5Kwp	-123.155,25 €	8,20%	25.246,96 €	9
252,72 Kwp	-159.875,21 €	7,46%	25.101,82 €	10
308 Kwp	-189.476,84 €	7,51%	30.481,65 €	10
349,8 Kwp	-209.937,23 €	7,12%	28.537,78 €	10
398,2 Kwp	-239.906,36 €	5,80%	12.256,64 €	11
450,45 Kwp	-268.505,03 €	4,52%	- 8.116,32 €	12
503,8 Kwp	-304.118,60 €	2,90%	- 39.383,97 €	14

Tabla 12. Análisis de rentabilidad sin venta de excedentes.

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se muestran los datos de rentabilidad de los proyectos suponiendo que no se venden los excedentes. La inversión más rentable basándose en el TIR es la de 202,5 Kwp cuya Tasa Interna de Retorno es del 8,20%. Si se usa como indicador el VAN se observa como el proyecto más rentable es el de 308 Kwp obteniendo un Valor Actual Neto de 30.481,65 €.

Por otro lado, se tiene la misma tabla de rentabilidades, pero esta vez se tiene en cuenta la venta de los excedentes a la red. Si se venden los excedentes a la red hará que el proyecto aumente la rentabilidad ya que supondrá una fuente de “ingresos” extras en los cash inflows.

Con venta de excedentes				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,50 Kwp	- 31.816,21 €	7,56%	5.192,74 €	10
103,39 Kwp	- 66.950,84 €	7,07%	8.818,57 €	10
152,88 Kwp	-102.038,78 €	6,54%	9.999,39 €	10
202,50 Kwp	-123.155,25 €	8,20%	25.246,96 €	9
252,72 Kwp	-159.875,21 €	7,48%	25.277,11 €	10
308,00 Kwp	-189.476,84 €	7,84%	34.394,84 €	9
349,80 Kwp	-209.937,23 €	8,01%	40.475,84 €	9
398,20 Kwp	-239.906,36 €	7,53%	38.660,00 €	10
450,45 Kwp	-268.505,03 €	7,24%	38.176,28 €	10
503,80 Kwp	-304.118,60 €	6,56%	29.914,10 €	10

Tabla 13. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla que con la venta de excedentes se obtiene una rentabilidad mucho mayor de los proyectos propuestos. En este caso la inversión más rentable basándose en el TIR es la de 202,5 Kwp de nuevo, cuya Tasa Interna de Retorno es del 8,20%. En este caso se obtiene el mismo valor con venta y sin venta de excedentes ya que esta instalación no genera excedentes, por lo que se obtiene el mismo valor. Si se usa como indicador el VAN se observa que el proyecto más rentable es el de 349,80 Kwp con un Valor Neto Actual de 40.475,84 €. La venta de excedentes supone un aumento del 41,83% del VAN lo que indica una rentabilidad mucho mayor del proyecto.

Como alternativa para mejorar la rentabilidad del proyecto se analiza si se instalasen paneles solares bifaciales. El funcionamiento de esta tecnología se explica en el apartado *Funcionamiento y partes de una instalación fotovoltaica*. Esta tecnología se basa principalmente en la absorción de radiación solar por ambas caras del módulo. Aplicar esta tecnología en el proyecto supone una pequeña variación en los parámetros del modelo generado. Estos paneles se degradan solamente un 0,3% al año frente al 0,5% que se degradan los módulos escogidos en el otro proyecto. Los módulos bifaciales pueden absorber

hasta un 20% más de radiación solar que los P-type si se instalan en unas condiciones óptimas. El software utilizado muestra que si se instala en la estación de autobuses de Valencia la ganancia de absorción es del 10% solamente. En cuanto al coste que suponen esta tecnología es un aumento de la inversión inicial de alrededor del 3% y un aumento del O&M anual del 7%.

Una vez se introducen estos cambios en el modelo se obtienen las siguientes tablas de rentabilidad sin la venta de excedentes y con la venta de excedentes.

Sin venta de excedentes paneles bifaciales				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,5 Kwp	- 32.770,70 €	9,32%	9.376,50 €	9
103,39 Kwp	- 68.959,36 €	8,81%	17.329,73 €	9
152,88 Kwp	-105.099,94 €	8,25%	22.493,40 €	9
202,5Kwp	-126.849,90 €	10,00%	42.149,92 €	8
252,72 Kwp	-164.671,47 €	9,06%	44.184,05 €	9
308 Kwp	-195.161,15 €	8,49%	44.818,42 €	9
349,8 Kwp	-216.235,35 €	7,67%	37.727,43 €	10
398,2 Kwp	-247.103,55 €	6,00%	15.952,82 €	11
450,45 Kwp	-276.560,18 €	4,51%	- 8.493,71 €	12
503,8 Kwp	-313.242,16 €	2,77%	- 43.293,11 €	14

Tabla 14. Análisis de rentabilidad sin excedentes y paneles bifaciales.

Fuente: Elaboración propia

Si se analizan los resultados obtenidos se observa como en este caso la instalación más rentable sería la de 202,5 Kwp con un TIR del 10% y un VAN de 42.149,93 €. Como se puede observar la inversión extra que hay que hacer no es muy alta y la rentabilidad aumenta considerablemente comparado con los paneles solares analizados anteriormente. Como se puede observar, tanto en el análisis de los paneles bifaciales como en el caso estándar, instalar más potencia no supone que el proyecto vaya a ser más rentable. Esto se debe a que el coste de la inversión no aumenta linealmente con la energía generada en la instalación, es por esto por lo que existe un óptimo de relación potencia-rentabilidad.

Con venta de excedentes paneles bifaciales				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,5 Kwp	- 32.770,70 €	9,32%	9.376,50 €	9
103,39 Kwp	- 68.959,36 €	8,81%	17.329,73 €	9
152,88 Kwp	-105.099,94 €	8,25%	22.493,40 €	9
202,5 Kwp	-126.849,90 €	10,00%	42.154,22 €	8
252,72 Kwp	-164.671,47 €	9,19%	45.619,79 €	9
308 Kwp	-195.161,15 €	9,35%	56.119,29 €	9
349,8 Kwp	-216.235,35 €	9,41%	62.845,67 €	9
398,2 Kwp	-247.103,55 €	8,82%	61.713,49 €	9
450,45 Kwp	-276.560,18 €	8,49%	62.759,06 €	9
503,8 Kwp	-313.242,16 €	7,78%	56.159,60 €	10

Tabla 15. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes y paneles bifaciales.

Fuente: Elaboración propia

Si se hace el análisis con la venta de excedentes y los paneles bifaciales se obtienen las siguientes rentabilidades. Se puede observar como la rentabilidad del proyecto aumenta todavía más y salen dos instalaciones más rentables que el resto. Si se utiliza como criterio el TIR la más rentable sería la de 202,5 Kwp con una Tasa Interna de Retorno del 10%. Como sucede en el caso base tampoco genera excedentes y por tanto no aporta ningún valor extra el análisis de excedentes. Si se usa como indicador de la rentabilidad el VAN se observa como la más rentable es la instalación de 398,2 Kwp, con un Valor Actual Neto de 62.845,67 €, lo que supone un aumento del 120,22% frente a la instalación inicial.

Al tratarse de un modelo de basado en predicciones de los precios a futuro de la energía existe la posibilidad de que estos precios varíen y no sean exactamente los estimados hoy. Es por ello por lo que se analiza la rentabilidad del proyecto si estos precios cayesen un 10% para así justificar la robustez y viabilidad del proyecto. Se analizará la rentabilidad, suponiendo que los precios caen un 10%, del caso inicial que es el que menos rentabilidad tiene.

Sin venta de excedentes y caída de precios (10%)				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,5 Kwp	- 31.816,21 €	6,37%	2.836,31 €	11
103,39 Kwp	- 66.950,84 €	5,92%	3.994,19 €	11
152,88 Kwp	-102.038,78 €	5,44%	2.865,72 €	11
202,5Kwp	-123.155,25 €	6,97%	15.797,92 €	10
252,72 Kwp	-159.875,21 €	6,27%	13.220,63 €	11
308 Kwp	-189.476,84 €	6,23%	15.054,56 €	11
349,8 Kwp	-209.937,23 €	5,78%	10.557,12 €	11
398,2 Kwp	-239.906,36 €	4,47%	8.114,12 €	12
450,45 Kwp	-268.505,03 €	3,20%	30.235,09 €	14
503,8 Kwp	-304.118,60 €	1,63%	62.769,91 €	15

Tabla 16. Análisis de rentabilidad sin venta de excedentes y caída del 10% en los precios.

Fuente: Elaboración propia

Con venta de excedentes y caída de precios (10%)				
Potencia	Inversión	TIR	VAN	PayBack
50,5 Kwp	- 31.816,21 €	6,37%	2.836,31 €	11
103,39 Kwp	- 66.950,84 €	5,92%	3.994,19 €	11
152,88 Kwp	-102.038,78 €	5,44%	2.865,72 €	11
202,5 Kwp	-123.155,25 €	6,97%	15.797,92 €	10
252,72 Kwp	-159.875,21 €	6,30%	13.458,21 €	11
308 Kwp	-189.476,84 €	6,58%	19.492,56 €	10
349,8 Kwp	-209.937,23 €	6,70%	23.173,00 €	10
398,2 Kwp	-239.906,36 €	6,21%	18.636,79 €	11
450,45 Kwp	-268.505,03 €	5,90%	15.417,33 €	11
503,8 Kwp	-304.118,60 €	5,23%	4.502,00 €	12

Tabla 17. Análisis de rentabilidad con venta de excedentes y caída del 10% en los precios.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas de rentabilidad superiores tanto con venta y sin venta de excedentes son rentables los dos proyectos más viables mencionados anteriormente (202,5 Kwp y 349,8 Kwp). La rentabilidad de estos proyectos, con la supuesta caída de los precios de la energía, baja considerablemente, pero sigue siendo o poco rentable o una inversión neutra. En concreto sin la venta de excedente se obtiene un TIR para las instalaciones de 202,5 Kwp y 349,8 Kwp de 6,97% y 5,78%, con la venta de excedente el TIR es de 6,97% y 6,70% respectivamente. Si se utiliza como indicador de la rentabilidad el

VAN se observa que la instalación de 202,5 Kwp tiene un VAN de 15.797,92 € en ambos casos. Por otro lado, la instalación de 349,8 Kwp tiene un VAN de 10.557,12 € sin la venta de excedentes y de 23.173,00 € en el caso de que se vendan los excedentes.

10.2 INSTALACIÓN FINAL

Una vez se ha hecho el análisis de la rentabilidad de las posibles instalaciones se pasa a elegir que instalación es la mejor y más viable para llevar a cabo. En este caso se ha optado por la instalación de 349,8 Kwp con venta de excedentes y paneles bifaciales. Tanto la venta de los excedentes energéticos como los módulos fotovoltaicos bifaciales son las dos claves para mejorar la rentabilidad del proyecto.

Para un análisis más detallado de la rentabilidad de este proyecto se muestra a continuación todos los cash inflows desde el año 2023 hasta el año 2040 que han servido para calcular los indicadores de rentabilidad.

Potencia	349,8 Kwp			
Año	O&M	FCF	Total	Cash Inflow
2023	0	-216235,35	-216235,35	-216235,35
2024	-3742,86	52365,06	48622,20	-167613,14
2025	-3742,86	44398,99	40656,13	-126957,01
2026	-3742,86	31827,91	28085,05	-98871,96
2027	-3742,86	27533,15	23790,29	-75081,67
2028	-3742,86	23867,81	20124,95	-54956,72
2029	-3742,86	21941,57	18198,71	-36758,01
2030	-3742,86	21968,68	18225,82	-18532,19
2031	-3742,86	22130,75	18387,89	-144,31
2032	-3742,86	22209,65	18466,79	18322,49
2033	-3742,86	22567,29	18824,43	37146,92
2034	-3742,86	23042,12	19299,26	56446,18
2035	-3742,86	23610,03	19867,17	76313,35
2036	-3742,86	24236,94	20494,08	96807,43
2037	-3742,86	24650,94	20908,08	117715,51
2038	-3742,86	25153,36	21410,50	139126,01
2039	-3742,86	25580,72	21837,86	160963,87
2040	-3742,86	26156,71	22413,85	183377,71

Tabla 18. Análisis de los cash inflows de la instalación final.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el único cash inflow que tiene lugar en 2023 es el desembolso de la inversión inicial que asciende hasta las 216.235,35 €. A continuación, se muestran los indicadores de rentabilidad que se han calculado para este proyecto.

Potencia	349,8 Kwp
Inversión	-216.235,35 €
TIR	9,41%
VAN	62.845,67 €
PayBack	9
€/Kwp	618,17 €/Kwp

Tabla 19. Datos de análisis de rentabilidad de la instalación final.

Fuente: Elaboración propia

El TIR de la inversión es del 9,41%, se ha usado un interés del 5%, por tanto, el proyecto de esta instalación es rentable. En cuanto al VAN obtenido asciende hasta los 62.845,67€ lo que también reafirma la rentabilidad del proyecto. El PayBack indica el número de años que se tardan en recuperar la inversión realizada, mediante ahorro en la factura energética en este caso. En este caso se recuperaría la inversión inicial en el noveno año. Por último, el precio por Kwp que tiene la instalación es de 618,17 €/Kwp

En cuanto a la disposición de los paneles fotovoltaicos en la estación de autobuses se instalarán en la zona central de las dársenas como se muestra en la imagen a continuación, y se utilizarán 636 módulos de 550 W cada uno. Los detalles técnicos y el resto de los materiales especificados se muestran en la parte de los anexos y en la lista de materiales adjuntada.

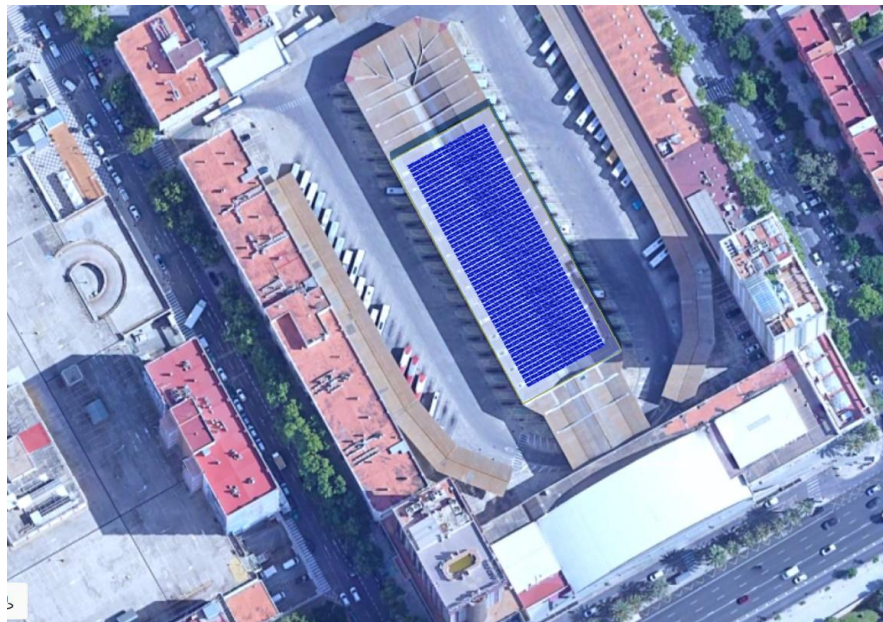


Ilustración 44. Display de la instalación final.

Fuente: Software AmaraNZero

- Lista de materiales de la instalación

En cuanto a la lista de materiales se muestra a continuación todos los elementos que se utilizarían en la instalación y el coste individual de cada uno de ellos.









Icono	Nombre	Costo Unitario	Cantidad	Cantidad Extra	Cantidad Total	IVA Aplicado	Margen Original	Precio
	VAN DER VALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.) ● En stock	0,00 €	0	0	0	0,00	0,00	0,00 €
	VAN DER VALK Sop. baldosa 250x75x90mm ValkPro+ ● En stock	3,90 €	715	0	715	0,00	10,00	3.098,33 €
	VAN DER VALK Soporte cub. galv. L=1500x1,5mm ● En stock	10,77 €	689	0	689	0,00	10,00	8.245,03 €
	VAN DER VALK Perno cabez.mart M8x20mm+aran+trca.bl ● En stock	0,61 €	676	0	676	0,00	10,00	458,18 €
	VAN DER VALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° interm. ● En stock	5,87 €	583	0	583	0,00	10,00	3.802,46 €
	VAN DER VALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° lateral ● En stock	6,34 €	106	0	106	0,00	10,00	746,71 €
	VAN DER VALK Pie del. Al ValkPro+ P/L10° interm. ● En stock	3,78 €	583	0	583	0,00	10,00	2.448,60 €
	VAN DER VALK Pie del. Al ValkPro+ P/L10° lateral ● En stock	4,59 €	106	0	106	0,00	10,00	540,60 €

Ilustración 45. Lista de materiales de la instalación (1/2).

Fuente: Software AmaraNZero



Icono	Nombre	Costo Unitario	Cantidad	Cantidad Extra	Cantidad Total	IVA Aplicado	Margen Original	Precio
	VAN DER VALK Placa post. galv. ValkPro+L10° 2380mm ● En stock	13,17 €	636	0	636	0,00	10,00	9.306,80 €
	VAN DER VALK Sop. Lastre-g ValkPro+L10-L15° 2379mm ● Sin stock	11,82 €	1272	0	1272	0,00	10,00	16.705,60 €
	VAN DER VALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.) ● En stock	0,00 €	0	0	0	0,00	0,00	0,00 €
	VAN DER VALK Perno autorr. inox M6x20mm - T30 ● En stock	0,15 €	689	0	689	0,00	10,00	114,83 €
	LONGI LR5-72HPH 550 (HIMO5 New) G2 - EVO2 - 1500V ● En stock	141,84 €	636	0	636	0,00	10,00	100.233,60 €
	SOLIS 100kW 5G Three Phase TEN MPPT DC ● Sin stock	3.370,67 €	2	0	2	0,00	10,00	7.490,38 €
	SOLIS 36kW 5G Three Phase QUAD MPPT DC ● En stock	1.730,47 €	1	0	1	0,00	10,00	1.922,74 €

Ilustración 46. Lista de materiales de la instalación (2/2).

Fuente: Software AmaraNZero

Capítulo 11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el análisis de la instalación fotovoltaica y su impacto en la generación de energía renovable, se han obtenido resultados significativos y conclusiones relevantes que destacan la importancia y el potencial uso de la tecnología en el contexto español y europeo actual. A lo largo de este proyecto, se ha analizado en detalle la eficiencia, rendimiento y viabilidad de la instalación fotovoltaica, así como su contribución a la sostenibilidad ambiental. Estos hallazgos respaldan la relevancia y la necesidad de seguir promoviendo el uso de energías renovables como una solución clave para abordar los desafíos energéticos y medioambientales a los que nos enfrentamos.

Los principales objetivos del proyecto se explican en el ANEXO B y a continuación se verán aquello que se han conseguido. El primer objetivo que se comenta es un análisis del marco energético en España y Europa tanto actualmente como a futuros. Este análisis se hace al principio del documento.

El análisis de la situación actual y del futuro de la energía en España y Europa muestra un cambio hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. La capacidad de producción de energía renovable en España ha experimentado un aumento significativo, con notables progresos en la producción de energía eólica y solar fotovoltaica. La Unión Europea se ha comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono en Europa para el año 2050, lo que significa fomentar el uso de energías renovables, el almacenamiento de energía y la eficiencia energética. Se espera un futuro energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, a pesar de los desafíos, como la integración de energías intermitentes y la electrificación de sectores clave. Este objetivo se alinea con el proyecto realizado ya que una instalación fotovoltaica de autoconsumo ayuda a la transición energética y a cumplir los objetivos propuestos tanto por la Unión Europea como por España.

El segundo y tercer objetivo están relacionados entre sí y se basan en realizar el análisis y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, teniendo en cuenta el conocimiento sobre el autoconsumo y los diversos tipos de instalaciones, para diseñar una solución óptima que se adapte a las características geográficas, el consumo de energía y la irradiación solar. Este objetivo se ha cumplido totalmente ya que se ha realizado un estudio completo de las posibilidades de autoconsumo que existen y cuál es la ideal, así como un estudio de los consumos y la irradiación solar que posteriormente se han concretado en un modelo completo realizado en Excel.

Los dos últimos objetivos se basan en llevar a cabo un estudio completo que abarque los costes, los precios, la viabilidad y los requisitos para la instalación de una instalación fotovoltaica. En comparación con la energía convencional, este estudio permitirá evaluar los costes de adquisición de los componentes de la instalación y los precios de la energía generada. Además, se evaluará la viabilidad de la instalación en función de la ubicación geográfica, el consumo de energía, la irradiación solar y los requisitos técnicos, normativos y financieros. De esta manera, se obtendrá una visión completa de la instalación, lo que permitirá tomar decisiones informadas y evaluar la factibilidad de su implementación en el futuro. La consecución de este objetivo se ha basado en la creación del modelo que aúna tanto la parte de los costes y los precios de la energía y los componentes como los datos de consumo y radiación. Este modelo ha ayudado al análisis de rentabilidad final.

En cuanto a la eficacia y viabilidad de la instalación en si es fundamental analizar tanto la eficiencia energética de la instalación como su viabilidad y rentabilidad económica. En cuanto a la eficiencia energética la instalación tiene una potencia instalada de 349,8 Kwp como se ha explicado en el anterior apartado esta potencia no es la máxima analizada ya que la relación entre potencia y rentabilidad no es siempre directamente proporcional. Esto se debe a que en ciertas instalaciones los gastos de los activos, es decir, paneles, inversores y estructuras aumentan considerablemente a medida que se instala más potencia sin sacar un ahorro energético proporcional. Según el informe aportado por el software de AmaraNZero el rendimiento específico de la instalación es de 1.792,22 Kwh/Kwp. Según la compañía SUD Renovables [17] las instalaciones fotovoltaicas en España tienen un rendimiento

específico entre 1.200 y 1.500 Kwh/Kwp. Como se puede observar en el caso de la instalación analizada el rendimiento específico se encuentra entre un 49,35%-19,48% por encima del rendimiento medio. El rendimiento específico depende de diferentes factores como la ubicación geográfica, la inclinación o la orientación de los módulos fotovoltaicos. Es por ello por lo que una ubicación como Valencia es óptima en estos aspectos y permite de manera general sacar un mayor rendimiento a las instalaciones solares.

También es importante realizar el análisis de rentabilidad y viabilidad del proyecto. Este análisis se ha realizado detalladamente en el apartado anterior. Tras el análisis del apartado anterior se ha llegado a la conclusión que la instalación óptima es la de 349,8 Kwp. Esta conclusión se ha obtenido al obtener los siguientes datos de rentabilidad. La inversión inicial es de 216.235,35€, se obtiene un Tasa Interna de Retorno (TIR) del 9,41%, la cual se encuentra dentro de los valores medios (6%-12%) de una instalación de este tipo. En cuanto al Valor Actual Neto del proyecto es de 62.845,67€ con un PayBack de 9 años. En cuanto al valor de retorno de la inversión es un poco alto frente al PayBack que suelen tener los proyectos como este (4-7 años) [18]. Esto es debido a que se trata de una instalación de una potencia media y la inversión inicial que se realiza es mucho mayor sin ser la rentabilidad de esta proporcionalmente creciente.

Aunque se analiza con más detalle y concreción, relacionándolo con los objetivos de la ODS [19], en los Anexos. La sostenibilidad y el impacto medioambiental positivo que tiene la instalación es muy relevante. Desde un punto de vista ambiental, la generación de energía solar fotovoltaica reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con las fuentes de energía tradicionales basadas en combustibles fósiles. Al utilizar una fuente de energía renovable, se reduce la dependencia de los recursos no renovables y se contribuye directamente a la mitigación del cambio climático y a la mejora de la calidad del aire. Además, la instalación de paneles fotovoltaicos ayuda a la diversificación de la matriz energética y a avanzar hacia una economía con bajos niveles de emisiones de carbono. Al producir energía de manera sostenible, se reducen las emisiones contaminantes relacionadas con la producción de energía tradicional y se fomenta el desarrollo de tecnologías limpias y renovables.

Existen otras muchas propuestas que se escapan del alcance del proyecto pero que podrían ser útiles como recomendaciones futuras para la mejora y optimización del sistema. Podría ser interesante estudiar la implementación de optimizadores en los paneles solares. Estos dispositivos se utilizan para mejorar individualmente el rendimiento de cada uno de los paneles solares. Los optimizadores se colocan en la parte trasera de los paneles trabajando de manera independiente garantizando que cada panel funcione al máximo rendimiento posible, incluso si hay sombras o diferentes condiciones desfavorables. Otra mejora técnica de la instalación podría ser la integración de un sistema de seguimiento solar, con seguidores de uno o dos ejes que permiten la máxima captación solar a lo largo del día. Estos sistemas permiten que los paneles sigan la trayectoria solar a lo largo del día. También podría implementarse y estudiarse la posibilidad de implementar baterías que permitan almacenar los excedentes para luego usarlo en periodos de baja generación solar o instalar cargadores de vehículos eléctricos para posibles autobuses eléctricos. Por último, sería otra posibilidad de estudiar la ampliación en un futuro de la instalación fotovoltaica. Debido al gran crecimiento que está sufriendo el mercado solar se espera que los costes de los materiales fotovoltaicos bajen considerablemente, es por ello por lo que el análisis de una ampliación futura podría ser una medida interesante. Como se puede observar existen infinidad de áreas de mejoras en el proyecto gracias a la amplia gama de posibilidades que este tipo de instalaciones ofrece.

Capítulo 12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030,» 2021.
- [2] S&P Global. Comodity Insights, «PV Installations Tracker: Fourth Quarter 2022,» 2022.
- [3] OMIE, «OMIE,» [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price>.
- [4] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «Hoja de Ruta del Autoconsumo,» Diciembre 2021.
- [5] BBVA, «BBVA Renovables,» [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-tipos-de-energias-renovables-existen-y-que-papel-juegan/>.
- [6] Iberdrola, «Iberdrola Sostenibilidad,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>.
- [7] BBVA, «BBVA Sostenibilidad,» 14 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/biocombustibles-cuales-son-las-diferencias-entre-el-biodiesel-y-el-bioetanol/>.
- [8] Iberdrola, «Iberdrola Innovación,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovacion/autoconsumo-electrico>.

- [9] Barter Energy, «Diferencias entre autoconsumo individual y colectivo,» [En línea]. Available: <https://www.barterenergy.es/diferencias-entre-autoconsumo-individual-y-colectivo/#:~:text=El%20autoconsumo%20individual%20es%20la,posterior%20mantenimiento%20de%20la%20planta.>
- [10] AmaraNZero, «Instalaciones fotovoltaicas: el uso de paneles solares. (Archivo de vídeo),» 2022.
- [11] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, «PVGIS Radiation Software».
- [12] Jefatura del Estado, «24/12/2010 BOE. Sección I. Horas equivalentes de referencia,» 2010.
- [13] Universidad de Jaén/Intelec Ingeniería, «Estimación de la Energía Generada por un Sistema Fotovoltaico conectado a la Red,» [En línea]. Available: http://www.ujaen.es/investiga/solar/documentacion_pv_in_bloom/Seminarios%20PV%20in%20Bloom.%20Estimacion%20de%20la%20energia%20generada..pdf.
- [14] OMIP, «Operador del Mercado Ibérico – Polo Portugués.,» Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://www.omip.pt/es>.
- [15] PwC y CIEMAT, «El papel del almacenamiento en la Transición Energética,» 2021.
- [16] AmaraNZero, «Software Simulación Instalaciones FV. Ezzing».
- [17] SUD Renovables, «¿Cuántas placas solares necesito para una casa?,» 12 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://sud.es/noticias/cuantas-placas-solares-necesito-para-una-casa-y-para-una-empresa/#:~:text=Se%20trata%20simplemente%20de%20dividir,cada%20kWp%20de%20fotovoltaica%20instalada..>

- [18] GEESol, «¿En cuánto tiempo se recupera la inversión de paneles solares?», 15 febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.geesol.com/en-cuanto-tiempo-se-recupera-la-inversion-de-paneles-solares/>.
- [19] Organización de Naciones Unidas (ONU), «Objetivos de Desarrollo Sostenible», 2015.

ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS


Los **Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS)** con los cuales se alinea este proyecto son los siguientes:

- **Objetivo 7.** *Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.* Este proyecto busca garantizar una generación limpia de energía al ser una energía de origen renovable, como es la solar. Además, promueve la sostenibilidad energética ya que el recinto propuesto se ha intentado hacer lo más autosuficiente y económico posible. Con la implementación de las energías renovables también se busca estabilizar los precios de la energía y así hacerlos más accesibles para la comunidad
- **Objetivo 8.** *Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.* Este proyecto promueve un mercado en auge como es el de las energías renovables que está generando mucho empleo en España. Este tipo de proyectos requiere de mano obra para su construcción y para su posterior mantenimiento por lo que esto generaría trabajo a largo plazo para cierto número de personas.
- **Objetivo 11.** *Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.* La instalación propuesta promueve la implementación del autoconsumo como la alternativa energética principal menos contaminante. Es importante la concienciación de este tema en las grandes ciudades ya que estas suponen casi el 70% de las emisiones de gases contaminantes en el mundo.
- **Objetivo 12.** *Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.* Según este objetivo, la velocidad a la que se están consumiendo los recursos naturales en la actualidad no es sostenible en un largo plazo. A través de la mejora de los hábitos, fomenta el consumo y la producción sostenible. Este proyecto vela por la sostenibilidad, la producción y consumo de energía limpia.

- **Objetivo 13.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La instalación fotovoltaica ayuda a la reducción de los gases de efecto invernadero y promueve la transición energética y la sostenibilidad. También es un ejemplo visible de una tecnología limpia y sostenible que fomenta la conciencia ambiental y aporta a la mitigación del cambio climático.
- **Objetivo 17.** Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. Este proyecto en parte es viable gracias a las subvenciones y propuestas que se están haciendo desde España y la Unión Europea. Desde España se han realizado diferentes propuestas destacando el PNIEC, el cual ha servido como referencia a la hora de realizar el proyecto. Para cumplir con los ODS son necesarias estos acuerdos o planes tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

ANEXO II. ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS (AMARANZERO)

Este documento se obtiene del software de AmaraNZero y es un estudio del proyecto orientado principalmente al análisis de las estructuras. Su estudio es interesante, pero se escapa del alcance del proyecto



ValkPVplanner
Informe de proyecto

 **amara**zero
Energy. Technology. Any. Where.

Nombre del proyecto : EstacionValencia
Fecha (modificado) : 06-06-2023
Hora (modificado) : 12:50
Empresa : Empresa instaladora
Usuario : Jaime Bohigues

Spain
Calle Trespademe 29,
28042 Madrid
Spain
34 91 723 16 00
dimensionador@amara.es
es.amara-e.com

Índice

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

▶ Vista general de todo el proyecto

- Información de ubicación / Descripción general del proyecto 03
- Lista de materiales - Proyecto total 04
- Dibujo de todo el proyecto 05

▶ Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

- Información | Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1 06
- Cálculos de resistencia | Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1 07
- Lista de materiales | Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1 08
- Dibujo | Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1 09

▶ Normativas 11

▶ Instrucciones de seguridad | Garantía 13

Información de ubicación | Descripción general del proyecto

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

► Información de ubicación

Proyecto	: EstacionValencia
Ubicación del proyecto	: Carrer de Menéndez Pidal, 13, 46009 València, Valencia, España
Categoría del terreno	: IV
Edificios altos adyacentes	: Si
Zona de viento	: 26 m/s
Zona de nieve	: V kN/m ²
Presión pico de viento	: 690,85 N/m ²
Carga calculada sobre el panel debido al viento y la nieve	: 378,30 Pa

► Descripción general del proyecto

Edificio	Número de paneles fotovoltaicos	Potencia [kWp]	Tipo de sistema	Peso del sistema de fijación [kg]	Número de tejas COMPLETAS*	Número de tejas MEDIAS**	Peso de lastre [kg]
Edificio 1	636	349,80		8.297	2.286	126	21.141
Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1	636	349,80	ValkPro+	8.298	2.286	126	21.141
Proyecto total	636	349,80		8.297	2.286	126	21.141

* Teja completa: 9Kg / 30x30x4,5cm

** Teja media: 4,5kg / 30x15x4,5cm

Atención, para una o más subáreas no se han incluido tejas en la lista de materiales. Compruebe por eso cada subárea individualmente.

Atención: Ha seleccionado "Si" para 'Estructuras altas adyacentes'. La presencia de estructuras altas adyacentes afecta el cálculo de lastre. Éstas no se incluyen automáticamente en el cálculo del Empresa instaladora PVplanner. Póngase en contacto con Van der Valk Solar Systems para una solución adecuada.

Advertencia: Las dilataciones automáticas se deshabilitaron manualmente cuando se realizó este proyecto en el Empresa instaladora PVplanner. Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones para las dilataciones requeridas en su sistema: 1) Longitud máx. acoplada para perfiles de aluminio ≤ 30 metros // 2) Longitud máx. acoplada para perfiles de acero (soporte de la cubierta) ≤ 60 metros:
Longitud máx. acoplada para perfiles de aluminio: 30 m
Longitud máx. acoplada para perfiles de acero: 60 m

Observaciones: Los resultados de este informe de proyecto pueden estar basados en valores predeterminados. Compruebe si todos los valores son correctos.

Lista de materiales - Proyecto total

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

No de artículo	Descripción	Volumen de envase	Edificio 1	Cant. total
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
729622	VAN DER WALK Sop. baldosa 250x75x90mm ValkPro+	35	715	715
741801500	VAN DER WALK Soporte cub. galv. L=1500x1,5mm	100	689	689
774221	VAN DER WALK Perno cabez.mart M8x20mm+aran+trca.bl	100	676	676
724650	VAN DER WALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° interm.	25	583	583
724651	VAN DER WALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° lateral	25	106	106
724660	VAN DER WALK Pie del. Al ValkPro+ P/L10° interm.	25	583	583
724661	VAN DER WALK Pie del. Al ValkPro+ P/L10° lateral	25	106	106
742516	VAN DER WALK Placa post. galv. ValkPro+L10° 2380mm	100	636	636
742556	VAN DER WALK Sop. Lastre-g ValkPro+L10-L15° 2379mm	100	1.272	1.272
742540	VAN DER WALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0
773320	VAN DER WALK Perno autor. inox M6x20mm - T30	100	689	689

En la lista de materiales que se muestra en esta página figuran los materiales necesarios para el proyecto total.

La lista de materiales para cada área de cubierta se puede encontrar en los capítulos respectivos de este manual de usuario.

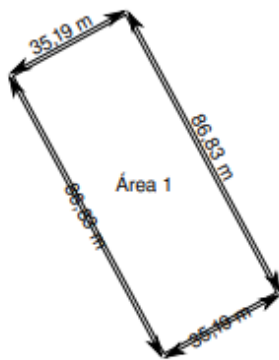
Atención, para una o más subáreas no se han incluido tejas en la lista de materiales. Compruebe por eso cada subárea individualmente.

Dibujo de todo el proyecto

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

Este dibujo muestra todos los edificios del proyecto total, incluyendo las diferentes zonas de la cubierta.

► Edificio 1



Información |

Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

1.1.1

Informe de proyecto
ValkPVplanner



► Información del edificio

Nombre del edificio	: Edificio 1
Altura de la cubierta	: 10,00 m

► Información de la cubierta

Tipo de cubierta	: Cubierta plana
Material de la cubierta	: Betón
Grava presente en la cubierta	: No
Coefficiente de fricción de la cubierta	: 0.6



► Información del sistema

Número de paneles lado sur	: 636
Módulo	: LONGI LR5-72HPH 550 (HIMO5 New) G2 - EVO2 - 1500V LR5-72HPH G2 550
Medidas	: 2278 x 1134 x 35 mm
Peso del panel	: 27,50 Kg
Orientación de los paneles	: Horizontal
Zona de borde calculada	: 2,00 m
Zona de borde adaptada	: 2,00 m
Elección del sistema	: ValkPro+
Color del sistema	: Aluminio
Ángulo de inclinación del panel	: 10
Azimut	: 151
Tipo de cimiento	: Soporte de tejas
Incluir placa lateral	: No

► Tipo de sistema

ValkPro+



Cálculos de lastre |

Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

1.1.1

Informe de proyecto
 ValkPVplanner



► Información sobre el peso

Peso de los paneles	:	17.490,00 kg
Peso del sistema de fijación	:	8.297,29 kg
Peso de lastre	:	21.141,00 kg
Peso total	:	46.928,29 kg

► Dimensiones del sistema

Dimensiones de la subárea	:	2.583,76 m ²
Dimensiones del sistema	:	2.183,37 m ²

► Cargas de la cubierta

Carga de cubierta basada en las dimensiones de la subárea	:	18,16 kg/m ² (178,18 N/m ²)
	:	
Carga de cubierta basada en las dimensiones del sistema	:	21,49 kg/m ² (210,85 N/m ²)
Carga puntual máx. (puntos lastrados máx.)	:	49 kPa (0,049 N/mm ²)
Carga puntual mín. (puntos lastrados mín.)	:	32 kPa (0,032 N/mm ²)

► Opción para reducir la carga puntual del punto de lastre máximo

Para proyectos donde se requiere mantener la carga de puntos al mínimo, existe la opción de agregar distribuidores de carga para soporte adicional de los puntos con balasto.

Se puede lograr la siguiente reducción de la carga puntual:

Point load reduction of the ValkPro+ system per ballast point		
Number of rubber load distributors per ballast point	Reduction of point load for ValkPro+ South	Reduction of point load for ValkPro+ East-West
0	0%	0%
1	71%	55%
2	73%	71%
3	88%	78%

Los distribuidores de carga se pueden pedir utilizando los siguientes códigos:

729630 para techos estándar

729631 para membrana de techo de PVC

Lista de materiales |

Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

1.1.1

Informe de proyecto
ValkPVplanner



La lista de materiales que se muestran en esta página es aplicable a los materiales necesarios para Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

No de artículo	Descripción	Volumen de envase	Cant. calculada	Cant. adicional	Cant. total	Peso total
729622	VAN DER VALK Sop. baldosa 250x75x90mm ValkPro+	35	715	0	715	457,60
741801500	VAN DER VALK Soporte cub. galv. L=1500x1,5mm	100	689	0	689	1.770,73
774221	VAN DER VALK Perno cabez.mart M8x20mm+aran+trca.bl	100	676	0	676	17,58
724650	VAN DER VALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° interm.	25	583	0	583	240,78
724651	VAN DER VALK Pie trasero Al ValkPro+ L10° lateral	25	106	0	106	46,75
724660	VAN DER VALK Pie del. Al ValkPro+ PiL10° interm.	25	583	0	583	144,58
724661	VAN DER VALK Pie del. Al ValkPro+ PiL10° lateral	25	106	0	106	29,15
742516	VAN DER VALK Placa post. galv. ValkPro+L10° 2380mm	100	636	0	636	1.829,77
742556	VAN DER VALK Sop. Lastre-g ValkPro+L10-L15° 2379mm	100	1.272	0	1.272	3.756,22
742540	VAN DER VALK Placa lat. galv. ValkPro+L10° (univ.)	100	0	0	0	0,00
773320	VAN DER VALK Perno autorr. inox M6x20mm - T30	100	689	0	689	4,13
Peso total						8.297,29 kg

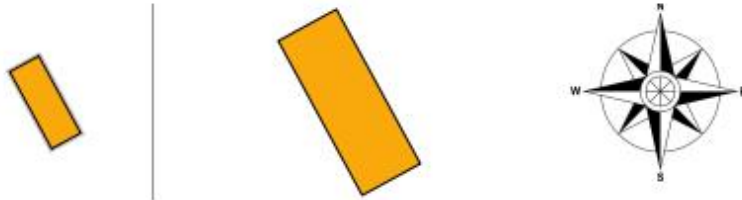
Tenga en cuenta que las tejas no se han incluido en la lista de materiales para esta subárea.

Dibujo |

Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1

1.1.1

Informe de proyecto
ValkPVplanner



¡Atención! Al colocar el lastre: trabaje desde el borde exterior hacia el centro. Es posible que un soporte de la cubierta en el centro de la fila no tenga lastre.



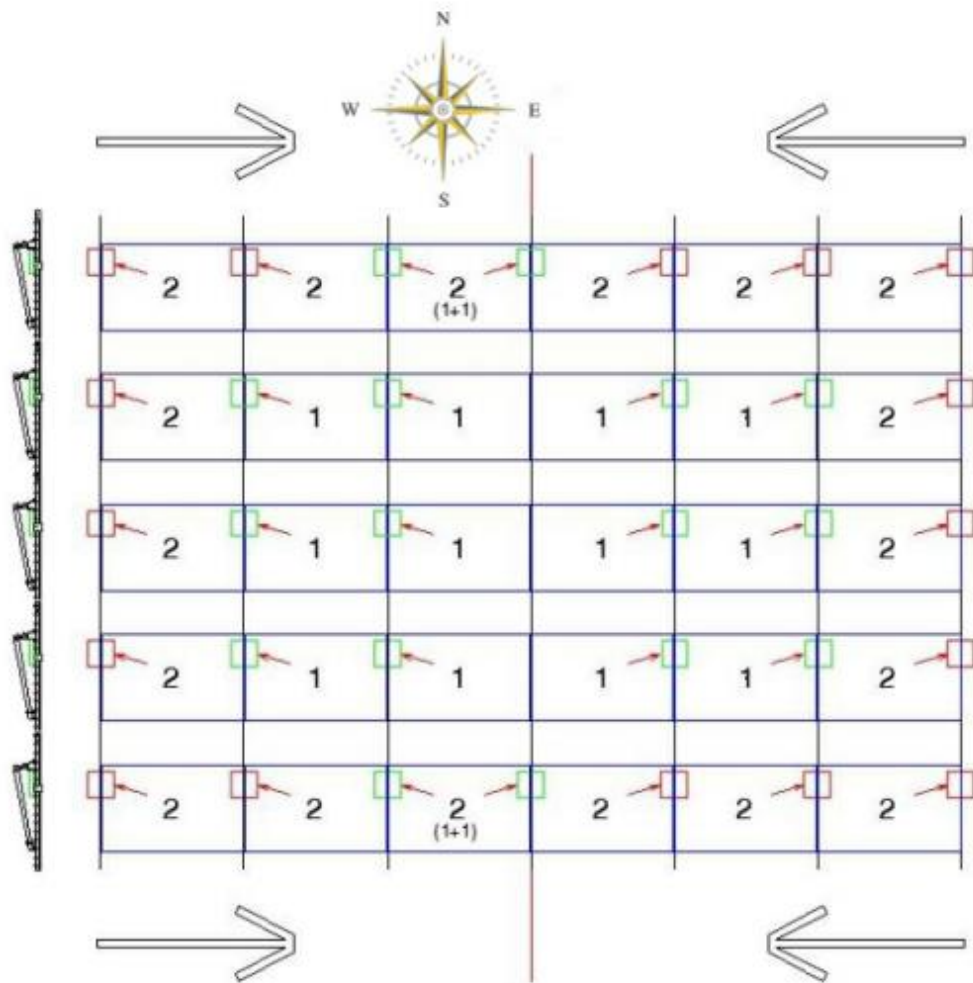
- Zona de borde calculada: 2,00 m
- █ Zona de borde adaptada: 2,00 m
- █ Línea de dilatación

Explicación de lastre |

1.1.1

Edificio 1 - Área 1 - Subárea 1


Informe de proyecto
ValkPVplanner



Colocación del lastre:

- Siempre colocar las baldosas de fuera a dentro (ver flechas)
- En la fila céntrica del sistema Este/Oeste hay siempre un perfil sin lastre (ver línea roja)
- Si es posible en este panel puedes dividir las baldosas entre los dos diferentes perfiles

Normativas

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

Todos los sistemas de montaje solar del Van der Valk Solar Systems han sido diseñados, calculados y fabricados según los Eurocódigos y normativas NEN 7250 y sus derivados (enumeradas a continuación). Para los cálculos en el informe del proyecto se han utilizado estas normativas. Van der Valk Solar Systems cumple con los requisitos CE aplicables con respecto a 2001/95/CE, seguridad general de los productos, y las secciones aplicables de BRL9931, componentes para sistemas solares. Los sistemas de fijación de cubiertas inclinadas de Van der Valk Solar Systems han sido probados y autorizados por MCS012 (MCS BBA 0159).

- **EN 1990 Base del diseño estructural**
Anexos nacionales:
 - BS EN 1990:2002+A1:2005
 - DIN EN 1990/NA/A1
 - IS-EN 1990:2002+A1:2005
 - NBN EN 1990 ANB
 - NEN-EN 1990+A1+A1/C2/NB
 - NS-EN 1990:2002/NA:2008+A1:2010
 - PN-EN 1990:2004/NA
 - SFS-EN 1990/A1/AC
 - SS-EN 1990/A1:2005/AC:2010
- **EN 1991-1-3 Fuerzas en estructuras / Carga de nieve**
Anexos nacionales:
 - BS-EN 1991-1-3:2003
 - DIN EN 1991-1-3/NA
 - IS-EN 1991-1-3:2003
 - NBN EN 1991-1-3 ANB
 - NEN-EN 1991-1-3:2003
 - NS-EN 1991-1-3:2003/NA:2008
 - PN-EN 1991-1-3:2005/NA
 - SFS-EN 1991-1-3/AC
 - SS-EN 1991-1-3/A1:2015
- **EN 1991-1-4 Fuerzas en estructuras / Carga de viento**
Anexos nacionales:
 - BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010
 - DIN EN 1991-1-4/NA
 - IS-EN 1991-1-4:2005/NA:2013
 - NBN EN 1991-1-4 ANB
 - NEN-EN 1991-1-4:2005
 - NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009
 - PN-EN 1991-1-4:2008/NA
 - SFS-EN 1991-1-4+AC+A1
 - SS-EN 1991-1-4:2005/AC:2010
- **EN 1993-1-1 Diseño de estructuras de acero / Reglas para edificios**
- **N 1993-1-3 Diseño de estructuras de acero / Reglas para componentes conformados en frío**
- **EN 1997 Diseño geotécnico**
- **EN 1998-1 Diseño de estructuras / Acciones sísmicas**
- **EN 1999-1-1 Diseño de estructuras de aluminio**
- **NEN 7250 Sistemas solares - Integración en cubiertas y fachadas**
- **2001/95/EG Seguridad del producto**
- **BRL9931 Componentes de los sistemas solares**



Normativas

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

▶ Ensayo en túnel de viento

Van der Valk Solar Systems ha elaborado los resultados de los estudios de túnel de viento en el diseño del producto y las herramientas de cálculo para cubiertas planas e inclinadas. La aplicación e interpretación de los resultados se ha verificado exhaustivamente y coincide con el supuesto y los resultados establecidos en los informes W15328-1ERA-002 (del 5 de diciembre de 2016), W15328-2ERA-007 (del 9 de septiembre de 2018) y W15328-3E-RA-003 (del 13 de junio de 2018) para cubiertas planas y WA 15328-1 E-RA-002 (del 22 de diciembre de 2016) para cubiertas inclinadas.

Instrucciones de seguridad | Garantía

Informe de proyecto 
ValkPVplanner

► Valores predeterminados

- Este proyecto de informe se basa en los valores introducidos y los resultados de la herramienta de cálculo en línea Empresa instaladora PVplanner. Los resultados derivados de esta herramienta se han calculado con el mayor cuidado posible. No obstante, es posible que cierta información no sea completamente correcta, puesto en algunos casos se parte de valores predeterminados. Por eso, compruebe si todos los valores se han introducido y representado correctamente.

► Instrucciones de seguridad

- Este informe de proyecto Empresa instaladora PVplanner es complementario a los manuales de instalación de Valk Solar Systems, en los que se describe cómo deben instalarse los sistemas de Van der Valk Solar Systems.
- Las instrucciones proporcionadas en este informe de proyecto Empresa instaladora PVplanner deben observarse en todo momento.
- Deben observarse todas las normas vigentes aplicables relativas a la estructura, seguridad y construcción.
- Los sistemas de montaje para paneles solares puede estar expuestos a viento y nieve. Esto resultará en un aumento de la presión de carga del sistema fotovoltaico en la cubierta y el edificio. Debe hacerse un cálculo de diseño para poder determinar si la cubierta y el edificio son capaces o no de soportar la presión de carga adicional. Si es necesario, deben hacerse las modificaciones correspondientes.
- Para evitar que los sistemas de cubierta plana se muevan, levanten o vuelquen, el sistema debe fijarse a la cubierta o inmovilizarse con lastre. El lastre calculado en este informe de proyecto es esencial para garantizar que el sistema de montaje se pueda colocar y utilizar de forma segura en la(s) cubierta(s) objeto de este informe de proyecto.
- Los sistemas de cubierta plana instalados en cubiertas con una inclinación de 5 grados o más, deben fijarse en la cubierta.
- Existen restricciones para la posición del sistema solar en una cubierta. Los paneles solares deben colocarse a una distancia recomendada desde el borde de la cubierta, tal y como se muestra en este informe de proyecto.

► Garantía

- La garantía estándar para sistemas montados en cubiertas inclinadas, cubiertas planas y en el suelo es de 10 años. Este plazo puede prorrogarse bajo ciertas condiciones.
- La garantía está sujeta a las condiciones de garantía indicadas en los términos y condiciones generales suministrados por Van der Valk Solar Systems BV. Nuestros términos y condiciones pueden consultarse en nuestro sitio web: www.valksolarsystems.nl.

► Descargo de responsabilidad

- Van der Valk Solar Systems B.V. no acepta ninguna responsabilidad por consecuencias directas y/o indirectas de cualquier acción (u omisión) resultantes de un uso incorrecto del Empresa instaladora PVplanner por parte del cliente.
- Los cálculos no tienen en cuenta obstáculos en la proximidad inmediata como edificios altos, precipicios y montañas.
- Para el texto completo del descargo de responsabilidad del Empresa instaladora PVplanner, visite nuestro sitio web.: www.valksolarsystems.nl.

► Contacto

- Si tiene alguna pregunta sobre los resultados de cálculo del Empresa instaladora PVplanner o sobre este informe de proyecto: póngase en contacto con el equipo de Van der Valk Solar Systems.

ANEXO A

Ficha de proyecto fin de grado Curso: 4ºGITI

Datos del alumno	
Nombre y Apellidos: Jaime Bohigues Flores	
Clave académica: 201901040	Teléfono: +34 609361761

Datos del director	
Nombre y Apellidos: Andrés Fernández Ramos	
Dirección de e-mail: andres.fernandez@invesyde.com	Teléfono: +34 655445930

Datos del co-director (si procede)	
Nombre y Apellidos:	
Dirección de e-mail:	Teléfono:

Datos del proyecto

Título: Comunidad energética en estación de autobuses y su viabilidad económica

Breve descripción: El proyecto describe como realizar con diferentes tecnologías una instalación fotovoltaica de autoconsumo en una estación de autobuses. También se analizará la viabilidad económica de cada una de las soluciones y vinculados a posibles futuros de la energía analizar su rentabilidad y las soluciones más interesantes

Autorizaciones y conformidad	
Director del proyecto	<p>El uso de las instalaciones y recursos de los laboratorios de ICAI en el proyecto deberá estar autorizado por los respectivos Jefes de Laboratorio mediante su firma, con fecha, en este recuadro. Sin dicha autorización no se podrán usar tales recursos.</p>
Fecha y firma:	
Co-director del proyecto	
Fecha y firma:	

El documento final del proyecto será subido al Repositorio Institucional de Comillas con acceso público. El alumno podrá solicitar un nivel restringido de acceso (incluido el “cerrado” o “confidencial”) que podrá concederse, excepcionalmente, si está plenamente justificado.

The final report of the Project will be uploaded to the Comillas Institutional Repository with public access. The student will be able to ask for a restricted access (even “closed” or “confidential”) which will be exceptionally accepted if it is fully justified.

ANEXO B.



Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI)

ANEXO B: ESTRUCTURA DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO DE FIN DE GRADO

PROYECTO FIN DE GRADO: *Comunidad energética en estación de autobuses y su
viabilidad económica.*

AUTOR: Jaime Bohigues Flores

DIRECTOR: Andrés Fernández Ramos

1. INTRODUCCIÓN:

El proyecto trata el tema del autoconsumo fotovoltaico a través del análisis de una comunidad energética en una estación de autobuses. En una primera parte del proyecto se realiza un estudio sobre la situación energética actual y a futuro de España y Europa. También se comenta brevemente los distintos elementos genéricos que forman una instalación fotovoltaica y que posteriormente serán utilizados para el diseño de esta.

En la segunda parte del proyecto se realiza un análisis técnico y un dimensionamiento de la instalación para el cual es necesario estudiar la situación geográfica de la misma, en este caso se trata de la estación de autobuses de Valencia, así como el análisis de consumos del recinto, el análisis de irradiación y un análisis sobre los tejados.

También se hará un análisis de precios teniendo en cuenta el apuntamiento y el precio a futuro de la energía. Por último, se realizará un análisis de costes de la instalación y se analizará la viabilidad y rentabilidad de esta.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El proyecto de implementación de una comunidad energética en una estación de autobuses presenta distintos problemas para conseguir que la instalación sea lo más eficiente y sostenible posible, así como viable y rentable económicamente a largo plazo.

La principal solución consiste en la implantación de una instalación fotovoltaica en el tejado de la estación para poder aprovechar la radiación producida por el sol para la generación de energía y así abastecer parcial o totalmente los consumos del recinto. Esto nos permitirá tener ahorros potenciales en los costes de la energía, así como la reducción de la huella de carbono.

Para ello se realizará un estudio en el cual se analizarán los posibles consumos que tiene la estación de autobuses y se evaluará la capacidad que debe tener la instalación para poder frente al máximo consumo posible. También se tendrá en cuenta el coste de los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación.

3. MOTIVACIÓN

Actualmente Europa se está orientando hacia una economía descarbonizada con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que están generando el cambio climático en el planeta y que hace que este deje de ser sostenible con los consumos energéticos que se tienen actualmente. La solución que plantea tanto la Unión Europea como la ONU a este problema es la implementación del autoconsumo asociado a la generación de energía de origen renovable.

España es una gran potencia a nivel mundial en la cuestión de las energías renovables gracias a la ubicación geográfica y las condiciones ambientales del país que hacen de él un país óptimo para el desarrollo energético renovable. Tanto la motivación social-sostenible como el gran potencial que tiene España en la implantación de las energías renovables son las dos mayores motivaciones para realizar el proyecto.

Otra motivación que impulsa el proyecto es la reducción de costes que supondría para la estación de autobuses ya que se utilizaría energía generada en lugar del consumo lo que generaría una independencia sobre los combustibles fósiles que ayudaría notablemente a la reducción de costes.

Por último, una comunidad energética asociada a la estación de autobuses de una ciudad como Valencia sería una gran innovación al implementar el uso de energías renovables en el sector del transporte público lo que daría una buena imagen a la ciudad de Valencia y promovería el uso de energías renovables y la sostenibilidad en toda la comunidad ciudadana.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO:

Los principales objetivos que se presentan en el proyecto son los siguientes:

1. Realizar un análisis sobre la situación energética de España y Europa tanto actual como a futuros y describir cuales son los tipos de energías renovables con más potencial.

2. Entender qué es el autoconsumo, que tipos de autoconsumos e instalaciones fotovoltaicas existen y las partes y componentes de una instalación fotovoltaicas. Esto se realiza con el objetivo de poder elegir las características más adecuadas a la hora de diseñar la instalación
3. Realizar el análisis y dimensionamiento de la instalación teniendo en cuenta la situación geográfica, los consumos, la irradiación y las características de los tejados
4. Realizar un estudio sobre los costes y los precios de la instalación y de la energía
5. Analizar la viabilidad y los requerimientos de la instalación para su posible implementación real

5. **ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)**

Este proyecto se alinea con los siguientes Objetivos de desarrollo sostenible:

- **Objetivo 7.** *Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.* Este proyecto busca que la energía sea limpia, es decir, de origen renovable y promueve la sostenibilidad energética al pretender hacer un recinto lo más autosuficiente y económico. Además, con la implementación de energías renovables se busca también que el precio de la energía se estabilice en valores más asequibles y accesibles para todas las personas.
- **Objetivo 8.** *Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.* Con este proyecto se busca impulsar el mercado de las energías renovables, en concreto el mercado fotovoltaico, que está en una etapa de crecimiento, generando así nuevas oportunidades de trabajo
- **Objetivo 11.** *Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.* Actualmente las grandes ciudades son las causantes de alrededor del 70% de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Con este proyecto lo que se busca es implementar el autoconsumo como alternativa energética mucho menos contaminante.

- **Objetivo 12.** *Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.* Este objetivo propone que la velocidad a la que se están consumiendo los recursos naturales actualmente no es sostenible en un periodo prolongado de tiempo. Por ello promueve el consumo y la producción sostenible mediante una mejora de los hábitos. Este proyecto la sostenibilidad y la producción y consumo de energía limpia.
- **Objetivo 13.** *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.* Debido a la emisión de gases de efecto invernadero la temperatura de la tierra ha aumentado de forma considerable en la última década lo que está teniendo repercusiones negativas. En el acuerdo de París de 2015 se define el autoconsumo como una de las claves para ayudar a reducir considerablemente la temperatura a nivel global.
- **Objetivo 17.** *Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.* Para poder llevar a cabo todas las propuestas de los ODS son necesarias alianzas a tanto a nivel nacional como a nivel internacional para enfocar adecuadamente la sostenibilidad global. Desde España se están llevando a cabo distintos planes de acción para cumplir con los objetivos como subvenciones por parte del estado o distintas propuestas como el PNIEC.

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación, se presenta la metodología de trabajo seguida a lo largo del proyecto.

- I. Situación energética actual y a futuro de España y de Europa donde se hace un análisis del papel que tienen tanto las energías renovables como el autoconsumo tanto a nivel nacional como europeo-
- II. Definición del autoconsumo y sus tipos. Presentación de las distintas partes de una instalación fotovoltaica (módulo fotovoltaico, inversores, baterías y estructuras de anclaje), y las distintas tecnologías que se encuentran disponibles en el mercado actualmente para poder seleccionar el material que mejor se adapte a los requerimientos a la hora de hacer el dimensionamiento de la instalación.

- III. Dimensionamiento de la instalación indicando la situación geográfica del recinto, realizando un estudio de consumos y analizando tanto la irradiación sobre la instalación como los diferentes aspectos del tejado.
- IV. Modelo los precios teniendo en cuenta el precio a futuro de la energía.
- V. Análisis de costes de la instalación para analizar el precio medio y el CAPEX
- VI. Estudio técnico-económico de la instalación a través de un modelo
- VII. Conclusión donde se analizará la viabilidad de la instalación realizada

a. **CRONOGRAMA**

Tareas	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Asignación del proyecto									
Información inicial									
Situación energética España									
Autoconsumo e instalación									
Estudio consumos									
Dimensionamiento instalación									
Análisis de precios									
Costes instalación									
Modelo instalación									
Análisis técnico									
Conclusiones									

7. **RECURSOS A EMPLEAR**

- PC
- Internet
- Excel
- Google Maps/Earth
- Software irradiación solar: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Microsoft Office: Excel, Word y PowerPoint
- Documentos gubernamentales: (IDEA, PNIEC)
- Vídeos sobre material de instalaciones fotovoltaicas (Aportación: AmaraNZero)
- Datos de la distribuidora
- Software dimensionamiento y simulación

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030," 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
- AmaraNZero. (2022). Instalaciones fotovoltaicas: el uso de paneles solares [Archivo de video].
- Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>