



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AHORRO ENERGÉTICO Y SOSTENIBILIDAD EN CENTRO LOGÍSTICO DE IBERIA L.A.E.

Autor: Álvaro Vaquero Martínez
Director: Enrique Barreiro Nogaledo

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Instalación fotovoltaica para ahorro energético y sostenibilidad en centro logístico de
IBERIA L.A.E.”

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2019/20 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.: Álvaro Vaquero Martínez

Fecha: 09/07/2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Álvaro', enclosed within a hand-drawn oval.

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a vertical stroke, enclosed within a hand-drawn oval.

Fdo.: Enrique Barreiro Nogaledo

Fecha: 09/07/2020

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Álvaro Vaquero Martínez

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Instalación fotovoltaica para ahorro energético y sostenibilidad en el centro logístico de IBERIA L.A.E, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción

6°. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

ACCEPTA

Fdo. ~~Alvaro~~

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AHORRO ENERGÉTICO Y SOSTENIBILIDAD EN CENTRO LOGÍSTICO DE IBERIA L.A.E.

Autor: Álvaro Vaquero Martínez

Director: Enrique Barreiro Nogaledo

Madrid

Agradecimientos

A mis padres, por apoyarme y darme la oportunidad de recibir una formación académica excepcional.

A mi director, Enrique, por darme la oportunidad de trabajar en un sector apasionante y guiarme a lo largo de este proyecto.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AHORRO ENERGÉTICO Y SOSTENIBILIDAD EN CENTRO LOGÍSTICO DE IBERIA L.A.E.

Autor: Vaquero Martínez, Álvaro.

Director: Barreiro Nogaledo, Enrique.

Entidad Colaboradora: Sainsol Energía S.L.

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se ha desarrollado una instalación fotovoltaica de 2,324 MW con conexión a red para autoconsumo en el centro logístico de mantenimiento de IBERIA L.A.E. en La Muñoza. El objetivo de este proyecto ha sido en todo momento buscar la máxima eficiencia energética con el uso de la energía solar fotovoltaica en un entorno industrial mediante una inversión económicamente viable y que potencie el ahorro del cliente a lo largo de los 20 años de vida útil de la instalación.

Palabras clave: Energía Renovable, Sostenibilidad, Fotovoltáica, Ahorro Energético.

1. Introducción

La instalación ha sido ubicada en la cubierta del edificio, situado en las proximidades del aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez, que se divide en dos zonas. La primera zona, ubicada en el noroeste y dividida en 8 cubiertas, cuenta con un área de 5150 m². La segunda zona, ubicada en el sureste y dividida también en 8 cubiertas, cuenta con un área de 4900 m².

Como datos de partida se toman los consumos de los doce meses que componen el año 2019 y el gasto monetario que conllevaron, tomados de las facturas de la comercializadora eléctrica.

2. Definición del Proyecto

Para el proyecto se ha decidido utilizar, tras un estudio de las distintas opciones del mercado, paneles monocristalinos de la marca IBC Solar, concretamente el modelo MonoSol 335 MS-HC, e inversores de la Marca Huawei, de su línea de productos industrial.

La instalación se ha dividido en 8 grupos o campos fotovoltaicos distintos para facilitar su instalación, monitorización y supervisión. Estos ocho grupos están formados por un total de 7.337 paneles, que suman una potencia pico de 2,457 MWp. Para convertir la corriente continua generada por los campos fotovoltaicos en corriente alterna se requieren 20 inversores de 100 kW de potencia nominal, 3 inversores de 60kW de potencia nominal y 4 inversores de 36 kW de potencia nominal, constituyendo una potencia nominal total de 2,324 MW. El dimensionamiento de la instalación (potencia pico/potencia nominal) es de un 105,76 %. La potencia pico es ligeramente mayor que la nominal ya que es prácticamente imposible que todos los módulos funcionen a máximo rendimiento simultáneamente. De esta forma, se logra cubrir durante más tiempo la capacidad de los inversores, haciendo la inversión económicamente más viable.

En todos los grupos se han estudiado las posibles sombras que puedan afectar al rendimiento de los módulos, haciendo hincapié en los meses de solsticio, (junio y

diciembre). La instalación fotovoltaica cuenta con un sistema de monitorización de Huawei que permite la visualización y supervisión a remoto y en tiempo real, pudiéndose vigilar las variaciones de generación y rendimiento de los distintos grupos. Para hacer más precisa esta monitorización se requiere la instalación de sensores de irradiación y temperatura, cuyos datos son también monitorizados.

Todos los grupos cuentan con pasillos para facilitar el mantenimiento tanto preventivo, que se realizará anualmente, como correctivo.



Ilustración 1. Disposición de paneles en el Grupo 4.

3. Resultados

La generación anual neta de la instalación el primer año, se ha calculado en 3.123.981 kWh. Teniendo en cuenta la bajada de rendimiento de los módulos cada año se ha estimado la generación neta de la instalación a lo largo de sus 20 años de vida útil en un total de 57.985.799 kWh.

El precio de la inversión inicial es de 1.858.037 €. Con el precio de la energía, la generación y teniendo en cuenta la inflación, el estudio económico ha dado los siguientes resultados:

Año	Generación(kWh)	Precio kWh (€)	Ahorro en kWh (€)	Gasto mantenimiento(€)	VAN
1	3.123.981,00	0,08138597	254.248,22 €	29.804,00 €	-1.633.592,78 €
2	3.099.187,50	0,08219983	254.752,68 €	30.102,04 €	-1.408.942,13 €
3	3.074.590,77	0,083021828	255.258,15 €	30.403,06 €	-1.184.087,05 €
4	3.050.189,26	0,083852046	255.764,61 €	30.707,09 €	-959.029,53 €
5	3.025.981,41	0,084690567	256.272,08 €	31.014,16 €	-733.771,61 €
6	3.001.965,68	0,085537472	256.780,56 €	31.324,30 €	-508.315,36 €
7	2.978.140,56	0,086392847	257.290,04 €	31.637,55 €	-282.662,86 €
8	2.954.504,52	0,087256776	257.800,54 €	31.953,92 €	-56.816,24 €
9	2.931.056,07	0,088129343	258.312,05 €	32.273,46 €	169.222,34 €
10	2.907.793,72	0,089010637	258.824,57 €	32.596,20 €	395.450,72 €
11	2.884.716,00	0,089900743	259.338,11 €	32.922,16 €	621.866,67 €
12	2.861.821,42	0,090799751	259.852,67 €	33.251,38 €	848.467,96 €
13	2.839.108,56	0,091707748	260.368,25 €	33.583,89 €	1.075.252,32 €
14	2.816.575,95	0,092624825	260.884,86 €	33.919,73 €	1.302.217,44 €
15	2.794.222,17	0,093551074	261.402,48 €	34.258,93 €	1.529.361,00 €
16	2.772.045,80	0,094486584	261.921,14 €	34.601,52 €	1.756.680,62 €
17	2.750.045,44	0,09543145	262.440,82 €	34.947,53 €	1.984.173,91 €
18	2.728.219,68	0,096385765	262.961,54 €	35.297,01 €	2.211.838,44 €
19	2.706.567,15	0,097349622	263.483,29 €	35.649,98 €	2.439.671,75 €
20	2.685.086,45	0,098323119	264.006,07 €	36.006,48 €	2.667.671,35 €
Total	57.985.799,13		5.181.962,74 €	656.254,40 €	2.667.671,35 €

Tabla 1. Retorno de la inversión

Como se puede observar en la tabla 1, el VAN de la inversión es de 2.667.671,35 €, cifra que puede verse aumentada si la duración del proyecto se alarga o si el cliente se acoge a las bonificaciones del IBI a inmuebles con energía solar. El periodo de retorno de la inversión se establece en 8 años. Además, la inversión cuenta con un ROI del 144%.

El total de kg CO₂ equivalentes que se evita que se emitan a la atmósfera, valorando las variaciones a futuro del mix energético, es de 7.539.335 kg.

4. Conclusiones

El proyecto llevado a cabo se alinea con los objetivos de sostenibilidad del Plan Estratégico del Grupo IAG (matriz de IBERIA), fomentando el uso de energía renovable y por lo tanto disminuyendo su huella de carbono, garantizando de este modo una autoproducción de energía sostenible y alineándose con los objetivos 7,9,12 y 13 de los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS).

Dado que la amortización de la inversión se realiza en ocho años y teniendo la instalación una vida útil de 20 años, el proyecto resulta económicamente viable y el riesgo de la inversión mínimo.

Los resultados del estudio acerca del impacto medioambiental reflejan la importancia que tiene el uso de energías de origen renovable, evitándose la emisión de 7.539.335 kg de CO₂.

PHOTOVOLTAIC INSTALLATION FOR ENERGY SAVING AND SUSTAINABILITY IN THE LOGISTICS CENTER OF IBERIA L.A.E.

Author: Vaquero Martínez, Álvaro.

Supervisor: Barreiro Nogaledo, Enrique.

Collaborating Entity: Sainsol Energía S.L.

ABSTRACT

In this project, a 2,324 MW photovoltaic installation with grid connection for self-consumption has been developed in the IBERIA L.A.E. logistics maintenance center in La Muñoza. The objective of this project has been at all times to seek the maximum energy efficiency with the use of photovoltaic solar energy in an industrial environment through an economically viable investment that enhances customer savings over the 20 useful life year of the installation.

Keywords: Renewable Energy, Sustainability, Photovoltaic, Energy Saving.

1. Introduction

The installation has been located on the roof of the building, located near the Madrid-Barajas Adolfo Suárez airport, which is divided into two areas. The first area, located northwest and divided into 8 decks, has an area of 5,150 m². The second zone, located southeast and also divided into 8 decks, has an area of 4,900 m².

As starting data, the consumption of the twelve months that make up 2019 and the monetary expense that they are entailed are taken, obtained from the electricity bills charged by the supplier.

2. Project definition

For the project, it has been decided to use, after a study of the different market options, monocrystalline panels from the IBC Solar brand, specifically the MonoSol 335 MS-HC model, and inverters from the Huawei Brand, from its industrial product line.

The installation has been divided into 8 different groups or photovoltaic fields to facilitate its installation, monitoring and supervision. These eight groups are made up of a total of 7,337 panels, which add up to a peak power of 2,457 MWp. To convert the direct current generated by the photovoltaic fields into alternating current, 20 inverters of 100 kW of nominal power, 3 inverters of 60kW of nominal power and 4 inverters of 36 kW of nominal power are required, constituting a total nominal power of 2,324 MW. The dimensioning of the installation (peak power / nominal power) is 105.76%. The peak power is slightly higher than the nominal since it is practically impossible for all the modules to operate at maximum performance simultaneously. In this way, it is possible to cover the capacity of the inverters for a longer time, making the investment more economically viable.

Possible shades that may affect the performance of the modules have been studied in all the groups, with emphasis on the solstice months (June and December). The photovoltaic installation has a Huawei monitoring system that allows remote and real-

time visualization and supervision, making it possible to monitor the generation and performance variations of the different groups. To make this monitoring more precise, the installation of irradiation and temperature sensors is required, whose data is also monitored.

All groups have corridors to facilitate both preventive maintenance, which will be carried out annually, and corrective maintenance.



Figure 1. Panel disposal for group 4.

3. Results

The net annual generation of the installation during the first year has been calculated at 3,123,981 kWh. Considering the drop in performance of the modules each year, the net generation of the installation over its 20 years of useful life has been estimated at a total of 57,985,799 kWh.

The initial investment price is 1,858,037. With the energy generation and the price of energy, taking into account inflation, the economic study has given the following results:

Year	Generation(kWh)	Price kWh (€)	Savings in kWh (€)	Maintenance expenses(€)	VAN
1	3.123.981,00	0,08138597	254.248,22 €	29.804,00 €	-1.633.592,78 €
2	3.099.187,50	0,08219983	254.752,68 €	30.102,04 €	-1.408.942,13 €
3	3.074.590,77	0,083021828	255.258,15 €	30.403,06 €	-1.184.087,05 €
4	3.050.189,26	0,083852046	255.764,61 €	30.707,09 €	-959.029,53 €
5	3.025.981,41	0,084690567	256.272,08 €	31.014,16 €	-733.771,61 €
6	3.001.965,68	0,085537472	256.780,56 €	31.324,30 €	-508.315,36 €
7	2.978.140,56	0,086392847	257.290,04 €	31.637,55 €	-282.662,86 €
8	2.954.504,52	0,087256776	257.800,54 €	31.953,92 €	-56.816,24 €
9	2.931.056,07	0,088129343	258.312,05 €	32.273,46 €	169.222,34 €
10	2.907.793,72	0,089010637	258.824,57 €	32.596,20 €	395.450,72 €
11	2.884.716,00	0,089900743	259.338,11 €	32.922,16 €	621.866,67 €
12	2.861.821,42	0,090799751	259.852,67 €	33.251,38 €	848.467,96 €
13	2.839.108,56	0,091707748	260.368,25 €	33.583,89 €	1.075.252,32 €
14	2.816.575,95	0,092624825	260.884,86 €	33.919,73 €	1.302.217,44 €
15	2.794.222,17	0,093551074	261.402,48 €	34.258,93 €	1.529.361,00 €
16	2.772.045,80	0,094486584	261.921,14 €	34.601,52 €	1.756.680,62 €
17	2.750.045,44	0,09543145	262.440,82 €	34.947,53 €	1.984.173,91 €
18	2.728.219,68	0,096385765	262.961,54 €	35.297,01 €	2.211.838,44 €
19	2.706.567,15	0,097349622	263.483,29 €	35.649,98 €	2.439.671,75 €
20	2.685.086,45	0,098323119	264.006,07 €	36.006,48 €	2.667.671,35 €
Total	57.985.799,13		5.181.962,74 €	656.254,40 €	2.667.671,35 €

Table 1. Investment Return

4. Conclusions

The project carried out is aligned with the sustainability objectives of the Strategic Plan of the IAG Group (IBERIA's parent company), promoting the use of renewable energy and therefore reducing its carbon footprint, thus guaranteeing sustainable energy self-production and aligning itself with goals 7, 9, 12 and 13 of the Sustainable Development Goals (SDGs).

Given that the investment is amortized in eight years and the installation has a useful life of 20 years, the project is economically viable and the investment has minimum risk.

The results of the study on the environmental impact shows the importance of the use of renewable energy sources, avoiding the emission of 7,539,335 kg of CO₂.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 La necesidad de cambio en el modelo energético	8
1.2 Alcance del proyecto	11
1.2.1 Ubicación	13
1.2.2 Consumo y gasto económico	15
1.3 Funcionamiento de una instalación fotovoltaica	17
1.4 Modalidades de funcionamiento.....	25
Capítulo 2. Estado del arte	27
2.1 Historia de la generación de la energía eléctrica	27
2.2 Aparición de la energía fotovoltaica.....	29
2.3 Situación de la energía actualmente en España	31
2.4 Previsiones de futuro	34
Capítulo 3. Legislación.....	37
Capítulo 4. Entorno y limitaciones	39
Capítulo 5. Solución	41
5.1 Selección de los paneles	41
5.2 Potencia a instalar.....	44
5.3 Agrupación de los paneles.....	44
5.3.1 Grupo 1.....	46
5.3.2 Grupo 2.....	49
5.3.3 Grupo 3.....	52
5.3.4 Grupo 4.....	55
5.3.5 Grupo 5.....	59
5.3.6 Grupo 6.....	62
5.3.7 Grupo 7.....	65
5.3.8 Grupo 8.....	68
5.4 Elección de inversores.....	71
5.4.1 Huawei SUN2000-36KTL	73

5.4.2 Huawei SUN2000-60KTL M0	73
5.4.3 Huawei SUN2000-100KTL M1	74
5.5 Totales de la instalación	75
Capítulo 6. Mantenimiento.....	78
6.1 Mantenimiento preventivo	78
6.2 Mantenimiento correctivo	79
Capítulo 7. Fases del proyecto	80
Capítulo 8. Análisis económico.....	85
8.1 Presupuesto.....	85
8.1.1 Suministros	85
8.1.2 Servicios	86
8.1.3 Viajes	86
8.1.4 Varios	86
8.1.5 Costes totales de la inversión inicial.....	87
8.1.6 Costes por mantenimiento.....	87
8.2 Estudio económico	87
8.2.1 Retorno de la inversión	88
Capítulo 9. Impacto medioambiental.....	90
Capítulo 10. Bibliografía.....	93
ANEXO I 94	
ANEXO II 95	
ANEXO III 96	
ANEXO IV 97	
ANEXO V 98	

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Disposición de paneles en el Grupo 4.	12
Ilustración 2. Ubicación centro logístico IBERIA La Muñoza	13
Ilustración 3. Vista aérea del edificio	13
Ilustración 4. Cubierta del edificio.	14
Ilustración 5. Pérgola bifacial fotovoltaica en BMW Group España.	19
Ilustración 6. Modalidades de funcionamiento.....	25
Ilustración 7. Estación Espacial Internacional. Fuente: NASA.....	29
Ilustración 8. Plataforma solar térmica de Extremadura Solaben.	30
Ilustración 9. Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable y no renovable [%]. Red eléctrica de España.....	31
Ilustración 10. Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable [GWh]. Red eléctrica de España	32
Ilustración 11. Evolución de la potencia renovable instalada por tecnologías (MW). Red eléctrica de España	32
Ilustración 12. Potencial fotovoltaico en Europa. Comisión Europea.....	35
Ilustración 13. Valor básico de la velocidad del viento.....	39
Ilustración 14. Zonas climáticas de invierno.	39
Ilustración 15. Tabla Comparativa de Paneles	42
Ilustración 16. Panel IBC MonoSol 335 MS-HC.....	43
Ilustración 17. Numeración de cubiertas	45
Ilustración 18. Sombras grupo 1	46
Ilustración 19. Disposición grupo 1.....	46
Ilustración 20. Diagrama de flujo de energía grupo 1	47
Ilustración 21. Generación anual grupo 1	48
Ilustración 22. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 1.....	48
Ilustración 23. Sombras grupo 2.....	49
Ilustración 24. Disposición de paneles grupo 2.....	49
Ilustración 25. Diagrama de flujo de energía grupo 2	50

Ilustración 26. Generación anual de energía grupo 2	51
Ilustración 27. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 2.....	51
Ilustración 28. Disposición de paneles grupo 3.....	52
Ilustración 29. Diagrama de flujo de energía grupo 3	53
Ilustración 30. Generación anual de energía grupo 3	54
Ilustración 31. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 3.....	54
Ilustración 32. Sombras cubierta norte 7 grupo 4.....	55
Ilustración 33. Sombras cubierta norte 8 grupo 4.....	55
Ilustración 34. Disposición de paneles grupo 4.....	56
Ilustración 35. Diagrama de flujo de energía grupo 4	57
Ilustración 36. Generación anual de energía grupo 4	58
Ilustración 37. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 4.....	58
Ilustración 38. Disposición de paneles grupo 5.....	59
Ilustración 39. Diagrama de flujo de energía grupo 5	60
Ilustración 40. Generación anual de energía grupo 5	61
Ilustración 41. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 5.....	61
Ilustración 42. Disposición de paneles grupo 6.....	62
Ilustración 43. Diagrama de flujo de energía grupo 6	63
Ilustración 44. Generación anual de energía grupo 6	64
Ilustración 45. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 6.....	64
Ilustración 46. Disposición de paneles grupo 7.....	65
Ilustración 47. Diagrama de flujo de energía grupo 7	66
Ilustración 48. Generación anual de energía grupo 7	67
Ilustración 49. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 7.....	67
Ilustración 50. Disposición de paneles grupo 8.....	68
Ilustración 51. Diagrama de flujo de energía grupo 8	69
Ilustración 52. Generación anual de energía grupo 8	70
Ilustración 53. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 8.....	70
Ilustración 54. Inversor Huawei SUN2000-36KTL	73
Ilustración 55. Inversor Huawei SUN2000 60KTL M0	74

Ilustración 56. Inversor Huawei SUN2000 100KTL M1	75
Ilustración 57. Garantía rendimiento lineal de los módulos.....	76
Ilustración 58. Diagrama de Gantt de las distintas fases del proyecto	84

Índice de tablas

Tabla 1. Retorno de la inversión.....	13
Tabla 2. Consumos en el año 2019.....	15
Tabla 3. Cálculo de la factura de la energía anual en el año 2019	16
Tabla 4. Cálculo del precio de la energía variable	16
Tabla 5. Tabla comparativa de inversores	71
Tabla 6. Tabla de actividades del proyecto	83
Tabla 7. Presupuesto de suministros.....	85
Tabla 8. Presupuesto de servicios.....	86
Tabla 9. Presupuesto de viajes.....	86
Tabla 10. Presupuesto de costes varios	86
Tabla 11. Presupuesto total.....	87
Tabla 12. Costes de mantenimiento.....	87
Tabla 13. Retorno de la inversión.....	88
Tabla 14. Emisión de CO ₂ evitada.....	91

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Pérdida de generación en inversores Sungrow	72
Ecuación 2. Pérdida monetaria en inversores Sungrow	72
Ecuación 3. Cálculo de independencia obtenida	76
Ecuación 4. Cálculo de la disminución del rendimiento de los módulos	76
Ecuación 5. Cálculo de la generación total de la instalación.....	77
Ecuación 6. Ecuación general del ROI.....	89
Ecuación 7. Cálculo del ROI	89
Ecuación 8. Ecuación general del VAN	89
Ecuación 9. Cálculo del VAN	89

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA NECESIDAD DE CAMBIO EN EL MODELO ENERGÉTICO

En pleno siglo XXI, con un mundo frenéticamente acelerado y globalizado resulta casi imposible no plantearse la sostenibilidad de este ritmo de vida y el uso que se hace actualmente de la tecnología. El mundo ha presentado numerosos avances científicos en los últimos siglos, creciendo estos de manera exponencial. En 2020 vivimos en un planeta globalizado, donde para moverse de un lado al otro de la tierra apenas se tarda medio día. Este desarrollo científico ha supuesto grandes avances en campos como la medicina y la ingeniería, aunque hoy en día parece innegable que han acarreado también efectos negativos. En 2015 las Naciones Unidas decidieron lanzar una iniciativa para impulsar el desarrollo sostenible, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Entre los objetivos de desarrollo sostenible se encuentran metas que necesitan la implicación de ingenieros para garantizar, mediante el uso apropiado de los avances científicos mencionados anteriormente, un desarrollo sostenible sin comprometer a generaciones futuras. Estos objetivos son:

- Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
- Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

- **Objetivo 7:** Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- **Objetivo 8:** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- **Objetivo 9:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- **Objetivo 10:** Reducir la desigualdad en y entre los países.
- **Objetivo 11:** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- **Objetivo 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **Objetivo 13:** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- **Objetivo 14:** Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- **Objetivo 15:** Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- **Objetivo 16:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- **Objetivo 17:** Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

El proyecto llevado a cabo se alinea con los objetivos número siete, nueve, doce y trece, resaltados en la lista . La energía es fundamental para procesos indispensables en el mundo como la producción de comida, el transporte o el consumo eléctrico, tanto en domicilios particulares como en grandes empresas e industrias. Entre los distintos factores que contribuyen al cambio climático, la energía es el principal, suponiendo alrededor del 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. El uso de energía de

fuentes contaminantes en las últimas décadas ha hecho que empeore la calidad del aire, especialmente en las ciudades, que están viviendo un crecimiento insostenible y donde desde 2016, el 90% de los habitantes respiraba aire que no cumplía las normas de seguridad establecidas por la Organización Mundial de la Salud.

Según las Naciones Unidas “El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos. Se trata de crear ganancias netas de las actividades económicas mediante la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación, logrando al mismo tiempo una mejor calidad de vida.” El Sol, y la energía proveniente de él es un recurso natural renovable, ya que no se prevé que se agoten las reservas de hidrógeno y helio hasta dentro de miles de millones de años, y limpio, pues su explotación no emite gases contaminantes.

Las empresas juegan un papel muy importante en el cambio climático y una de las formas que pueden tomar acción por el clima es mejorando su eficiencia energética y estableciendo metas para la reducción de las emisiones de carbono.

Dentro de los ODS involucrados en mi proyecto, las Naciones Unidas se proponen metas concretas que este proyecto pretende impulsar como:

- **7.2** De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas
- **7.b** De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.
- **9.4** De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas

- **12.2** De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

La economía es fundamental para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad, por ello las acciones por el clima y el desarrollo sostenibles deben ir ligadas a un crecimiento económico. Las empresas cada vez ajustan más sus costes fijos y variables y aquí la energía toma un papel fundamental pues supone un gasto considerable en la mayoría de los negocios. Desde fábricas con gran maquinaria hasta oficinas con consumos energéticos más bajos necesitan ajustar sus costes para ofrecer productos y servicios con precios ajustados al mercado.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

La finalidad el proyecto es realizar el estudio de los efectos económicos y medioambientales de la implementación de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en el centro logístico de IBERIA L.A.E, planteando distintas alternativas y buscando la mejor solución para la mayor eficiencia energética. En todo caso el proyecto debe ser viable económicamente y amortizable en un periodo razonable para el cliente, para lo que se realizará un estudio económico de la inversión.

Con el estudio se pretende obtener una estimación de la energía generada por la instalación, energía que variaría según distintos factores como:

- Paneles utilizados.
- Número de paneles.
- Orientación de los paneles.
- Dimensionamiento del cableado. El dimensionamiento del cableado consiste en la elección del material y de la sección a utilizar para evitar pérdidas tanto en corriente alterna como en corriente continua.
- Inversores utilizados y ubicación de estos.
- Influencia de posibles sombras y otros condicionantes.

- Ubicación de la instalación, de la que depende la irradiación incidente.

La viabilidad económica y el retorno de la inversión variará en función de:

- Dimensionamiento de la instalación y de la capacidad instalada.
- Coste de los equipos utilizados.
- Costes de transporte e instalación.
- Costes de mantenimiento.
- Tipo de financiación, en caso de haberla.
- Tipo de contrato de energía contratado por el centro y la posible adecuación del contrato a otro más ajustado debido a la generación fotovoltaica.

1.2.1 UBICACIÓN

El centro se encuentra en la zona industrial de La Muñoza, en el distrito madrileño de Barajas. Esta zona se caracteriza por estar colindante con la pista de aterrizaje del aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez.



Ilustración 2. Ubicación centro logístico IBERIA La Muñoza



Ilustración 3. Vista aérea del edificio

Coordenadas de la ubicación: 40° 27' 25.83" N, 03° 32' 14.05" W

Altitud: 570m

El edificio se encuentra en una zona industrial despejada, sin edificios altos cercanos. En la parte sudoeste del edificio se encuentran dos chopos frondosos de hoja caduca que pueden provocar sombras y que la propiedad tiene intención de mantener.

Cerca del edificio se encuentra el río Jarama y la estación regeneradora de aguas residuales de Rejas.

Es muy importante la presencia del aeropuerto en las inmediaciones del edificio. Por ello, y para evitar el destello y deslumbramiento de los paneles, es necesario garantizar que los paneles utilizados en la instalación no supongan un inconveniente en el tráfico aéreo. Existen precedentes similares al proyecto como el Oakland Fedex International Airport Hub, aeropuerto cuyas facilidades se abastecen de energía proveniente de 5.700 paneles fotovoltaicos instalados en la cubierta.



Ilustración 4. Cubierta del edificio.

1.2.2 CONSUMO Y GASTO ECONÓMICO

Para el estudio de la potencia a instalar se tendrá en cuenta el consumo y gasto en electricidad del edificio en el año 2019. Para ello se tienen en cuenta las distintas facturas de la compañía distribuidora durante el ejercicio.

MES	kWh	Energía Variable (€)	Termino Fijo (€)	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	P4 (kWh)	P5 (kWh)	P6 (kWh)
ENERO	1.690.886,00	120.536,97	22.161,67	348.422,00	560.367,00	-	-	-	782.097,00
FEBRERO	1.779.880,00	126.881,02	22.161,67	366.760,00	589.860,00	-	-	-	823.260,00
MARZO	1.868.874,00	133.225,07	22.161,67	385.098,00	619.353,00	-	-	-	823.261,05
ABRIL	2.401.492,00	148.611,25	25.209,71	-	-	-	-	1.340.711,00	1.060.781,00
MAYO	1.524.420,00	93.725,42	22.161,67	-	-	-	-	801.600,00	722.820,00
JUNIO	1.631.129,40	100.286,20	22.161,67	-	-	-	-	857.712,00	773.417,40
JULIO	1.763.177,70	95.996,21	22.161,67	-	-	-	-	-	1.763.177,70
AGOSTO	1.895.890,00	103.221,73	22.161,67	-	-	-	-	-	1.895.890,00
SEPTIEMBRE	1.765.980,00	112.970,82	22.161,67	-	-	365.590,00	565.230,00	-	835.160,00
OCTUBRE	2.123.422,00	130.629,49	25.209,71	-	-	-	-	1.192.042,00	931.380,00
NOVIEMBRE	2.515.174,00	161.589,42	25.209,71	-	-	503.000,00	859.900,00	-	1.152.274,00
DICIEMBRE	2.680.544,00	185.094,77	25.209,71	493.531,00	781.911,00	-	-	-	1.405.102,00
kWh totales	23.640.869,10								

Tabla 2. Consumos en el año 2019

El gasto energético total del centro es de 23.640.869 kWh.

		Importe
€ Energía Variable total		1.512.768,37
€ Terminio fijo		278.132,20
€ En bruto (Variable +fijo)	1.512.768,37€ + 278.132,2€	1.790.900,57
5,11269632% Impuesto sobre la electricidad	5,11269632% sobre 1.790.900,57€	91.563,31
Alquiler de equipos	193,32*12	2.319,84
Total sin IVA		1.884.783,72
IVA	21% sobre 1.884.783,72	395.804,58
Total Factura anual (€)		2.280.588,30

Tabla 3. Cálculo de la factura de la energía anual en el año 2019

El importe total facturado por la compañía distribuidora en un año es de 2.280.558,30€.

Para el cálculo del precio de la energía variable:

€ Energía Variable Total	1.512.768,37
Energía Total	23640869,1
Precio Energía Variable	0,06398954 €
IVA	21%
Impuesto sobre la electricidad	5,11270%
Precio Energía Variable con impuestos	0,08138597 €

Tabla 4. Cálculo del precio de la energía variable

1.3 FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Una instalación fotovoltaica está compuesta por:

- -Paneles/módulos: Dispositivos rectangulares de dimensiones que rondan entre 1,6 y 2 m² por lo general. Su peso se encuentra alrededor de 20kg por unidad. Estos captan la radiación solar y por efecto fotovoltaico crean una corriente continua. El efecto fotovoltaico se produce cuando los fotones, o partículas de luz, inciden sobre las células del panel golpeando electrones libres de átomos generando un flujo de electricidad. Los módulos están compuestos por un número distintos de células según el fabricante o modelo. Estas células son dispositivos montados en serie elaborados con un material semiconductor, el silicio, e impurezas de elementos químicos. En la última órbita de los átomos de silicio es donde se encuentra el electrón de valencia que choca con el fotón incidente. Este electrón, si la fuerza que recibe del fotón es suficiente, sale de su órbita y se mueve a través del material, momento en el que el silicio se convierte en conductor. Los movimientos de estos electrones crean cargas eléctricas y pequeñas diferencias de potencial.

Tipos de células:

- Células de silicio monocristalino: Se obtienen enfriando silicio fundido de forma gradual, el cual solidifica en un cristal muy grande. Su proceso de fabricación es más lento debido al mayor tiempo de enfriamiento. Son las células con mejor rendimiento y más expandidas en el mercado. Tienen la ventaja de que funcionan bien a temperaturas altas. Rendimiento: Hasta 23%
- Células de silicio policristalino: Su proceso de fabricación es más sencillo que el de las células monocristalinas con el inconveniente de que, durante el enfriamiento del silicio fundido, se crean varios cristales y aparecen más impurezas. Son más asequibles, pero cuentan con un menor rendimiento y menor tolerancia a temperaturas altas. Rendimiento: Hasta 17%

- Células de silicio amorfo: Funcionan con menos luz y son las más baratas de producir. Tienen un rendimiento muy bajo y no se utilizan en la generación eléctrica. Sirven para aplicaciones que requieran muy poca energía como las calculadoras o los relojes solares.

Rendimiento: 5-7%

- Células tándem: Se obtienen superponiendo dos células distintas, haciendo que el rango de longitudes de onda que absorben sea mayor. Su costo es elevado ya que requiere más material y un proceso de fabricación más complicado. Rendimiento: 34-47%

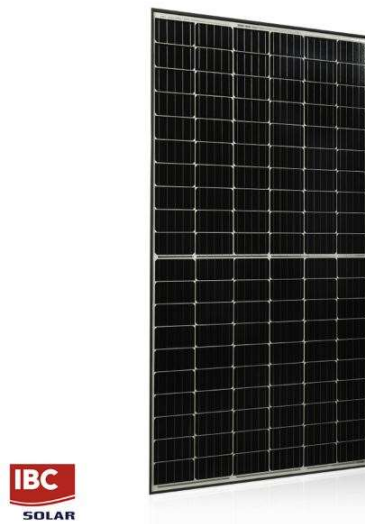


Figura 1. Módulo monocristalino IBC Monosol 320 OS5-HC (IBC Solar)



Figura 2. Módulo policristalino IBC PolySol 280 CS5 (IBC Solar)

Los paneles utilizados en las instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo son de células monocristalinas y policristalinas. Existen paneles bifaciales, fabricados con una lámina posterior transparente que obtienen un mayor rendimiento, aunque su coste es muy elevado. Estos paneles se utilizan en pérgolas o sitios donde el sol puede tener buena reflexión alrededor. En el caso de utilizar este tipo de paneles, es conveniente que el suelo sea de un color claro para favorecer la reflexión del sol.



Ilustración 5. Pérgola bifacial fotovoltaica en BMW Group España.

- Estructura de fijación de módulos: Es la estructura sobre la que se montan los paneles para su fijación y estabilidad. Varía según la superficie donde se pretenden fijar los paneles.
 - Cubierta inclinada: En tejados inclinados se utilizan estructuras que se anclan al tejado con espárragos o taco químico, enrasando el panel con la pendiente del tejado. Tanto si es pizarra, teja convencional u otro material, hay que distinguir entre tejados que ofrezcan garantía de sujeción (rígidos y compactos), en los que se perfora la teja y el material sobre el que está la teja sustentada (hormigón, madera), y tejados que no ofrezcan esta garantía. En los tejados rígidos, se realiza un agujero y sobre el agujero perforado se introduce un tamiz que se rellena de pasta química y al meter el taco se introduce el tornillo. Si las tejas no son consistentes y son desmontables, hay que levantar la teja e insertar ganchos salvatejas de sujeción en la estructura del tejado (viga, traviesas u hormigón).
 - Cubierta plana: Estas estructuras suelen ser de aluminio y tienen distintas inclinaciones. Tiene una inclinación de fábrica y debe ser lastrada para evitar los efectos adversos del viento. Existen también estructuras prefabricadas de hormigón con inclinación que, por el propio hormigón, ya van lastradas.
 - Suelo: La fijación de los paneles en suelo puede hacerse de dos modos distintos. El primer modo es perforando el suelo e introduciendo un poste, el cual puede ir directamente al suelo o sobre dados de hormigón enterrados en el caso de que se requiera mayor resistencia al viento o al corrimiento de tierras. En el caso de no perforar el suelo, lo que se suele hacer es colocar unas bases de hormigón sobre el suelo sobre las que una estructura de aluminio fija los paneles.

- Inversor o inversores: Son dispositivos electrónicos que transforman la corriente continua creada por los paneles en corriente alterna para su uso. Los inversores se pueden dividir según:

- Número de fases: -Monofásicos
-Trifásicos
- Modo de conexión: -Conexión a red: Vuelcan el excedente de energía a la red, de forma que la energía que no se esté consumiendo en el centro se vierta a la red eléctrica.
-Vertido cero: Son inversores en los que, mediante un control dinámico, se regula la potencia generada para que no se produzcan excedentes. Es decir, regula la potencia generada para que, en caso de que la potencia consumida por el centro sea menor, no se genere más energía de la requerida. Existen inversores de vertido cero a los cuales se les puede conectar una batería, de modo que, a través del control dinámico, se carguen las baterías en los momentos en los que la energía generada es mayor que la energía consumida.
- Número de strings: Los paneles se conectan en serie o en paralelo en distintos strings o ramales, siendo en serie la forma más común de conexión. Como la intensidad es común en cada ramal al estar conectados en serie, cada string capta tanta electricidad como el panel menos eficiente del string en cada momento. Es por esta razón que el estudio de sombras y orientaciones es muy importante ya que, si un panel del string no funciona bien debido a una sombra, el resto del ramal se verá afectado. Esto quiere decir que a mayor número de strings, mejores configuraciones se pueden conseguir ya que se logra minimizar este efecto de cuello de botella producido por sombras o fallos en los paneles.

También se comercializan inversores híbridos con conexión a red, a los cuales se les puede conectar una batería para almacenar energía excedente.



Figura 3. Inversor monofásico Fronius Primo 3.0-1 (Fronius)

➤ Cableado: El cableado se divide:

- Cableado de corriente continua previo al inversor.
- Cableado de corriente alterna entre el inversor y el cuadro eléctrico.
- Cableado de datos entre los sensores y el inversor.
- Cableado de puesta a tierra.
- Cableado entre medidor e inversor.

La sección y la longitud del cableado influyen en las pérdidas en la conducción, por lo que es muy importante la correcta ubicación de los equipos y el dimensionamiento del cableado.

➤ Elementos de protección:

- En el lado de corriente continua: En cada string, junto al inversor, deben colocarse fusibles para evitar las sobreintensidades y ofrecer seguridad al

inversor ante subidas de corriente. También se instala un cable a tierra para aislar la estructura de aluminio de fijación de los paneles.

- En el lado de corriente alterna: Es necesario la instalación de interruptores magnetotérmicos y diferenciales en cada línea. Los magnetotérmicos son dispositivos que cortan la corriente eléctrica del circuito cuando esta sobrepasa cierto valor. De esta forma se evita que por los cables circulen intensidades que estos no pueden soportar. Los interruptores diferenciales protegen de la derivación de corrientes en la instalación, saltando para evitar el paso de corriente. Los elementos en el lado de corriente alternan pueden agruparse en un cuadro eléctrico o en el propio inversor, si este lo permite.
- Elementos de protección contra sobretensiones: Protegen sobre intensidades y ruidos externos que puedan afectar a los equipos de la instalación. Filtran ruido.

➤ Sensores: Son dispositivos electrónicos de muy pequeño tamaño que miden variables climatológicas. Los sensores no se utilizan siempre, pero son un elemento útil para revisar el correcto funcionamiento de la instalación. Los sensores se conectan al inversor, que es el encargado de almacenar y procesar los datos. Se pueden utilizar sensores de temperatura ambiente, temperatura de los módulos, irradiación y viento, para revisar el rendimiento de los paneles bajo ciertas condiciones climatológicas. Con los sensores es posible comprobar si una producción es baja debido a las condiciones climatológicas o debido a un fallo en la instalación. Con los sensores de temperatura de los módulos se comprueba si el rendimiento de los módulos es óptimo y se pueden contrastar los datos con los sensores de temperatura ambiente para ver en qué cantidad influye la temperatura del ambiente al calentamiento de los módulos. No se utilizan siempre ya que suponen un coste adicional, aunque en instalaciones más grandes puede suponer un ahorro a largo plazo ya que facilita la detección de posibles fallos.

- Contador: Es el elemento encargado de contabilizar la energía. Cuando se produce más energía de la que se consume, la lectura del contador es negativa y el valor absoluto de esta lectura es la electricidad vertida a la red. En la actualidad todos los contadores son electrónicos y bidireccionales, esto quiere decir que miden tanto la energía que se vierte a la red, como la demandada de ella. El contador pertenece a la compañía eléctrica.

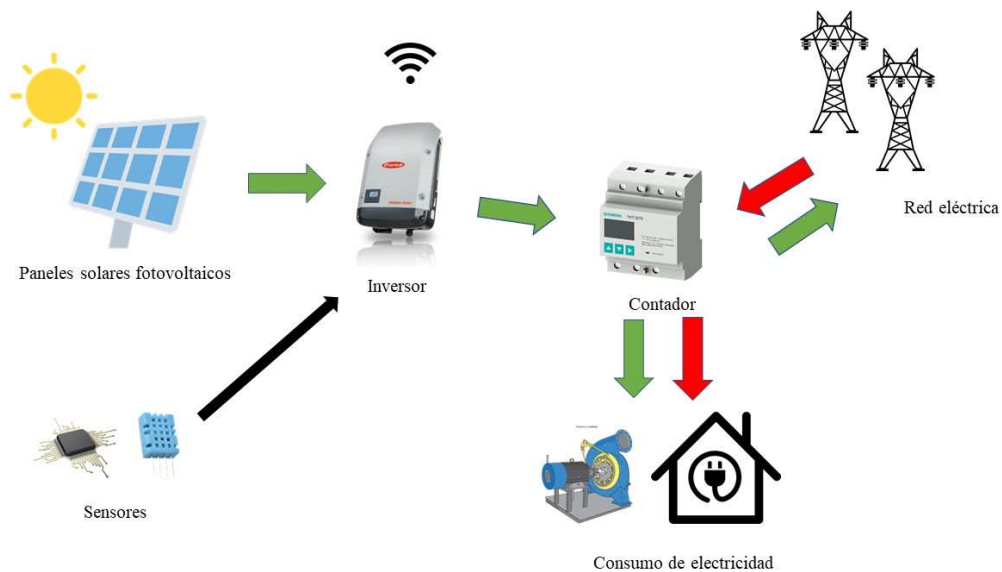


Figure 2. Funcionamiento de una instalación fotovoltaica

Actualmente casi todos los inversores cuentan con conexión a red WiFi. Fabricantes como Fronius o Huawei, entre otros, cuentan con sistemas operativos que permiten la visualización de las instalaciones desde el ordenador o desde aplicaciones en el móvil. Estas aplicaciones son de gran utilidad ya que permiten ver la generación de la instalación y el consumo de electricidad en tiempo real y en diferido, permitiendo analizar el funcionamiento y rendimiento de la instalación.

1.4 MODALIDADES DE FUNCIONAMIENTO

Durante el funcionamiento de una instalación fotovoltaica con conexión a red existen varias modalidades de consumo.

- Modo 100% autoconsumo: La electricidad generada por la instalación es exactamente la misma que la que se consume. En este modo ni se vuelca electricidad a la red, ni se demanda de ella.
- Modo exportación a la red: Los paneles solares generan más electricidad que la que se está consumiendo. El excedente de energía es volcado a la red eléctrica. Este excedente puede ser compensado por la compañía eléctrica, según se recoge en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Modo consumo de la red: Cuando el consumo es mayor que la electricidad generada por los paneles, se demanda la electricidad faltante de la red de distribución. Esta es la modalidad menos eficiente ya que se paga por parte de la electricidad, o por su total, cómo es el caso del horario nocturno.



Ilustración 6. Modalidades de funcionamiento

Es posible realizar diseños específicos para cada modalidad. En la modalidad 100% autoconsumo se instala un inversor con un sistema de vertido cero, de manera que no haya exportación a la red y toda la generación sea destinada al consumo, bien sea por la propia demanda que se abastece o por la demanda de la resistencia del sistema de vertido cero creada.

La forma que se aborda en el proyecto es la más común entre las instalaciones para autoconsumo y es la de compartir las tres modalidades. El balance energético a lo largo de un día sería similar al de la ilustración 9, habiendo momentos de bajo consumo y alta generación en los que se exporte a la red energía sobrante y momentos con baja o nula generación en los que será preciso demandar energía de la red eléctrica para abastecer las facilidades. El modo 100% autoconsumo se dará en momentos puntuales en los que la generación sea exactamente la misma que el consumo.

Las centrales solares fotovoltaicas funcionan siempre en el modo 100% exportación a la red, exportando toda la energía producida al sistema eléctrico.

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 HISTORIA DE LA GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La electricidad siempre ha estado presente en el mundo, aunque no fue hasta el año 1646 que se investigó y nació la palabra “electricidad”. En este año, Thomas Browne publica “Pseudodoxia Epidémica” a partir de experimentos realizados por William Gilbert sobre electricidad y magnetismo. Bien es cierto que previo a esto se podían observar fenómenos como los rayos, que son el más claro ejemplo de fenómeno eléctrico natural. Constan textos del Antiguo Egipto donde los autores hablan de descargas eléctricas emitidas por peces y rayas eléctricas.

La publicación de Thomas Browne despertó el interés y la intriga de muchos científicos, que siguieron investigando más acerca de la electricidad y el electromagnetismo. A principios del siglo XIX empiezan a aparecer figuras importantes como André-Marie Ampère, Georg Ohm o Michael Faraday.

Alejandro Volta (Italia, 1745-1827) invento en 1800 la pila. Este acontecimiento fue muy importante, ya que hasta entonces solo se conocía la electricidad estática obtenida por fricción o frotamiento. Volta utilizó reacciones químicas para cargar crear ánodos y cátodos, electrodos con carga positiva y negativa respectivamente. Cuando entre estos dos electrodos se introduce un conductor, la diferencia de voltaje o potencial conduce una corriente eléctrica. Estos experimentos constituyen la base de los fundamentos de la energía eléctrica y de la energía eléctrica fotovoltaica.

En 1864 James Clerk Maxwell decide juntar los estudios sobre electricidad y magnetismo y estudiar ambos fenómenos de manera unificada. De esta forma, Maxwell introdujo las famosas ecuaciones de Maxwell, que explicaban los fenómenos electromagnéticos, dando un gran paso hacia el uso de la electricidad.

La iluminación eléctrica comenzó a mediados del siglo XIX con el invento de la bombilla. Quién fue realmente el hombre que inventó la bombilla es una cuestión que ha sido un quebradero de cabeza para muchos historiadores. Distintas teorías apuntan al químico británico Humphry Davy, quien creó la lámpara de Davy o al alemán Heinrich Gödel, quien introdujo un filamento de bambú carbonizado en una botella. La teoría más respaldada es la que afirma que el responsable de la invención fue el inventor americano Thomas Edison. Una de las razones por la que esta teoría es la más respaldada es que la bombilla de Edison lograba emitir luz por periodos muchos más largos y bajo condiciones más adversas que los inventos de sus competidores.

Barcelona fue la primera ciudad de España en aplicar el alumbrado. En 1852 el farmacéutico Doménech consiguió un suministro de pilas para galvanoplastia que, instaladas en un sistema de alumbrado que el mismo ideó, lograron iluminar su farmacia. A lo largo de ese mismo año, la idea del alumbrado con pila galvánica pasó a utilizarse en el Congreso de los Diputados en Madrid. En 1886 otra ciudad catalana, en este caso Gerona, fue la primera en instaurar el alumbrado público.

Con la instauración del alumbrado vino la industria eléctrica. En 1858 se publicó un Real Decreto que establecía la implementación de la asignatura de “Aplicaciones de la electricidad y de la luz” en el programa de estudios de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales. En 1875 se construyó la primera central eléctrica de España en Barcelona y no sería la última. A principios del siglo XX se construirían las centrales hidroeléctricas de Bilbao y Albacete. En esta época, la energía hidráulica era una de las principales fuerzas motrices para la generación de energía eléctrica, constituyendo el 39% de los 127.940 caballos de vapor de potencia instalada. En 1940 la energía hidráulica llegó a suponer más del 90% de la generación eléctrica en España. El último gran acontecimiento en el sector eléctrico de España ocurriría en 1968, con la inauguración de la central nuclear de Guadalajara.

2.2 APARICIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El efecto fotovoltaico fue descubierto en el año 1839 por el francés Alexandre-Edmond Becquerel. Este efecto consiste en la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o a una radiación electromagnética.

Los primeros pasos para la creación de los paneles fotovoltaicos fueron dados en 1883 por el norteamericano Charles Fritts, quien construyó una celda solar utilizando como semiconductor Selenio con una capa delgada de oro. Esta celda no era muy eficiente y además era muy costosa. En 1940 se empezó a desarrollar la Celda de Silicio que hoy en día se utiliza en el sector.

Los primeros usos de la energía fotovoltaica solar fueron en el sector aeroespacial. Los paneles se empezaron a usar en naves espaciales y satélites a partir de 1954 por parte de los gobiernos de la URSS y Estados Unidos. Actualmente este sector sigue dando un gran uso a esta forma de energía renovable para abastecer, por ejemplo, a la Estación Espacial Internacional.

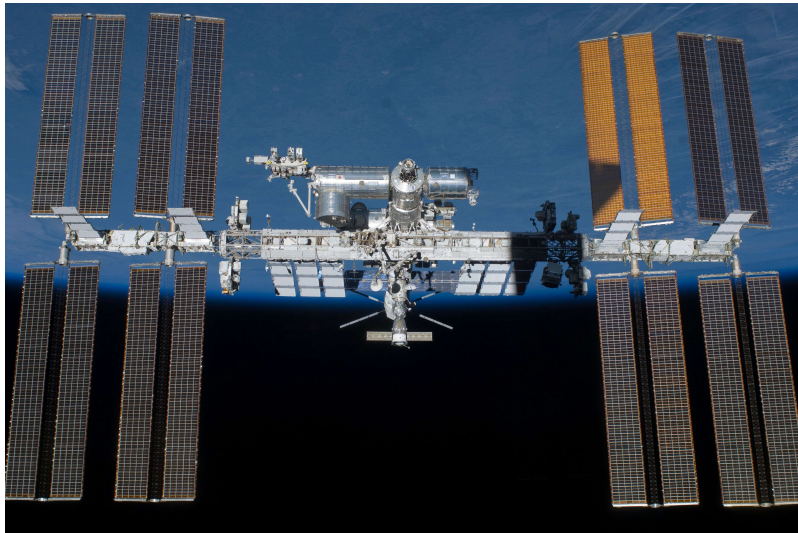


Ilustración 7. Estación Espacial Internacional. Fuente: NASA

Es importante diferenciar entre la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica. La generación de electricidad en la solar fotovoltaica se basa en los principios del efecto fotovoltaico, mientras que la solar térmica funciona concentrando el haz de la luz en una torre o en una tubería a través de la reflexión de múltiples paneles reflectantes para calentar un fluido que, al evaporarse a alta presión, mueve una turbina que, a su vez, acciona un generador eléctrico. España cuenta con la central de energía solar térmica más grande de Europa, ubicada en la provincia extremeña de Cáceres.



Ilustración 8. Plataforma solar térmica de Extremadura Solaben.

La primera central solar fotovoltaica de España fue llevada a cabo por Iberdrola en 1984 en San Agustín de Guadalix. Desde entonces el crecimiento de esta energía renovable ha contado con numerosas trabas legislativas en España hasta abril de 2019, fecha en la que se publica el Real Decreto 244. Este decreto fue un paso hacia delante en la legislación española en la dirección de las energías renovables ya que permite la compensación en las instalaciones fotovoltaicas. La compensación consiste en que, cuando la potencia que se produce es mayor que la que estamos consumiendo, esta potencia se vuelca a la red y luego este volcado es compensado con lo que nosotros demandamos de la red en momentos cuando la potencia de las placas no es suficiente o es de noche.

2.3 SITUACIÓN DE LA ENERGÍA ACTUALMENTE EN ESPAÑA

Durante el año 2019 la demanda nacional en España fue de 264.550 GWh. La comunidad que más demanda eléctrica presentó fue Cataluña con 46.873 GWh, seguida por Andalucía y Madrid, con 39.799GWh y 28.478GWh respectivamente.

A pesar de que la capacidad eléctrica instalada en España ya se compone en iguales cantidades de energía renovable y no renovable, la generación de las no renovables sigue siendo ligeramente mayor. Este porcentaje se prevé que aumente considerablemente durante 2020 y los próximos años debido al imparable ritmo de crecimiento de las renovables, especialmente la energía eólica y la solar fotovoltaica.

Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable y no renovable [%]

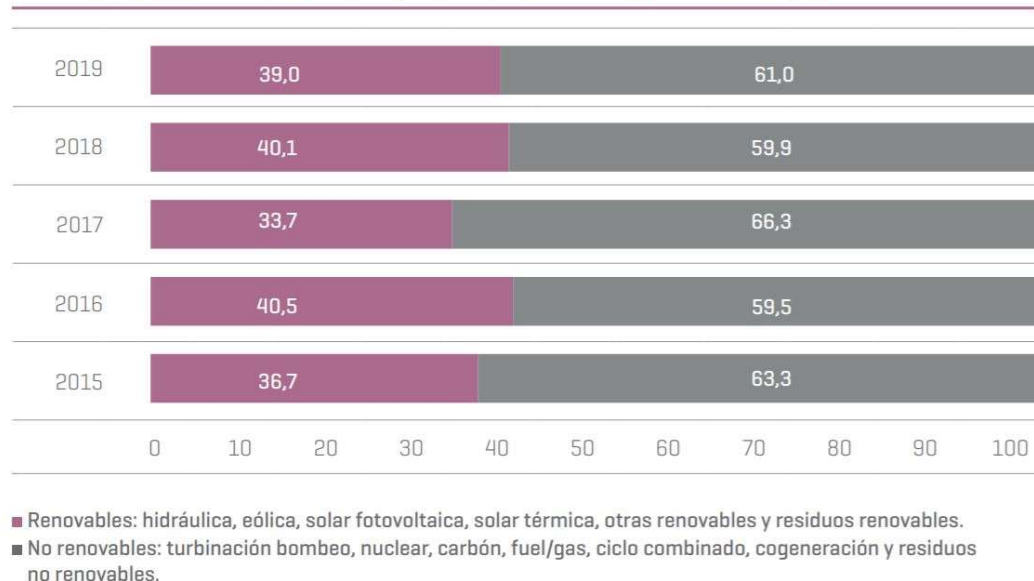


Ilustración 9. Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable y no renovable [%]. Red eléctrica de España

La generación eléctrica renovable en el territorio peninsular español se compone principalmente de energía eólica, que comenzó a crecer de manera fuerte en 2009. Seguido de la energía eólica se encuentra la energía hidráulica. La energía hidráulica, que ahora toma

un rol secundario dentro de las energías renovables, antes era el principal motor de energía eléctrica en la península.

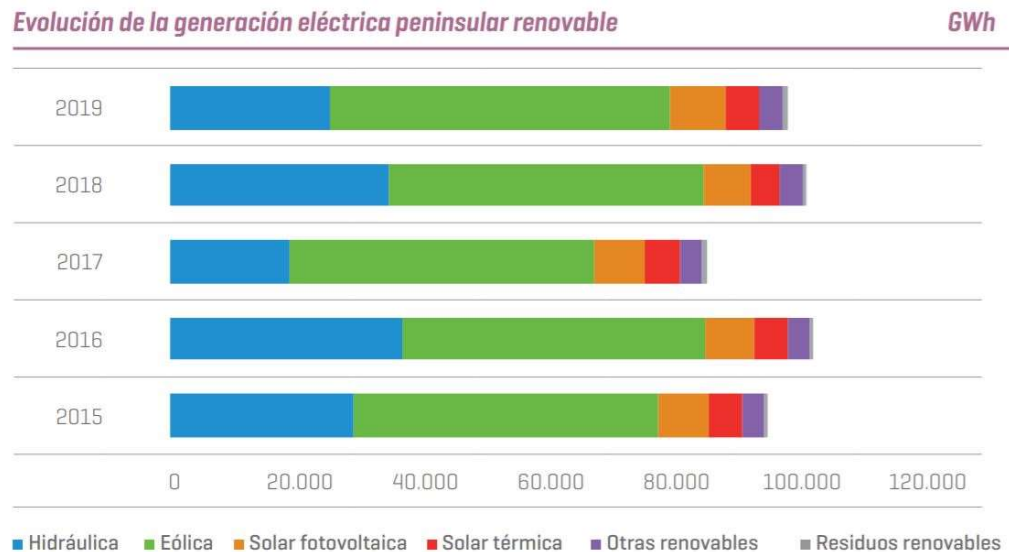


Ilustración 10. Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable [GWh]. Red eléctrica de España

Evolución de la potencia renovable instalada por tecnologías (MW)

Sistema eléctrico peninsular | 2006-2019

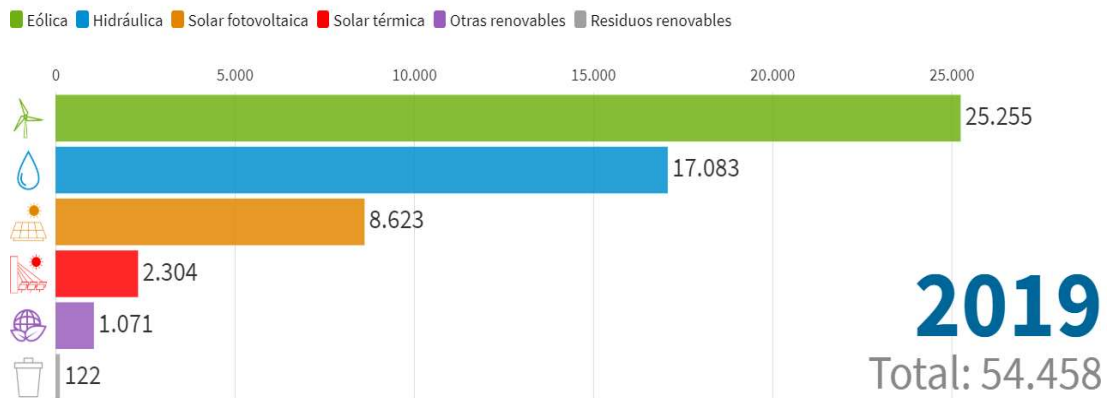


Ilustración 11. Evolución de la potencia renovable instalada por tecnologías (MW). Red eléctrica de España

Para entender el mercado de la energía en España es fundamental comprender el término “pool”. El pool es el mercado mayorista de la electricidad, en el que comercializadoras y consumidores emiten sus ofertas de compra y venta de energía. Estas ofertas se realizan para cada hora del año y los precios se obtienen cruzando la demanda y la oferta, aunque la electricidad tiene una peculiaridad y es que, al no ser almacenada, tiene que ser generada y consumida a la vez.

Este mercado es gestionado en la península ibérica por el Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE). El OMIE gestiona los mercados diarios e intradiarios y se encarga de la facturación de la energía compartida y vendida. El sistema de venta funciona de manera similar a una subasta, comprando y vendiendo MWh, aunque los precios están limitados por arriba y por abajo. Al finalizar la subasta el precio de casamiento es en el que se cruzan la oferta y la demanda y este precio es único para todos los compradores y vendedores independientemente del valor ofertado previamente.

Al tratarse de un mercado complejo, el precio de la electricidad es muy volátil, dependiendo fuertemente de:

- Volumen de ofertas con precios bajos: En centrales donde la generación no se puede parar o el coste variable de generación es nula se dan momentos en los que se tiene que ofertar la energía a precios bajos.
- Volumen de demanda inelástica: Cantidad de consumidores que están dispuestos a pagar cualquier precio por la electricidad.
- Volumen de demanda a precios medios-altos:
- Otros factores como la climatología, laborabilidad o el precio de las materias primas.

Estas variables hacen que el precio del mercado resulte impredecible y genera una tendencia hacia la independencia energética, que puede ser adquirida por particulares y empresas a través del uso de la energía fotovoltaica.

2.4 PREVISIONES DE FUTURO

2020 parece ser un año de inflexión para el sector de la energía eléctrica renovable. Según recoge Red Eléctrica de España, durante el año 2019 la potencia instalada de origen renovable experimentó un crecimiento del 13,4%, sumando 6.500 MW “verdes”. Con este crecimiento las energías renovables constituyen el 50% de la capacidad de generación instalada en España.

En el Avance del Informe del sistema eléctrico español 2019 realizado por Red Eléctrica de España cabe destacar que el aumento de la potencia solar fotovoltaica aumento un 88,3% por encima de la del año 2018.

La energía solar fotovoltaica tiene un gran potencial de crecimiento en España por múltiples razones:

- España es uno de los países de la UE con mayor irradiación y horas de sol.
- El precio del sol es nulo, por lo que su precio en el pool energético no es tan volátil como el caso de las centrales térmicas que dependen materias como el gas o el carbón. El silicio con el que se fabrican las células es de los materiales más abundantes en la tierra.
- Nuevas legislaciones y permisos que quitan trabas a las instalaciones fotovoltaicas, como el Real Decreto de abril 2019.
- La capacidad instalada es muy pequeña si lo comparamos con otros países más avanzados en este sector, lo que aumenta el margen de mejora y las oportunidades.
- La concienciación de la población y la tendencia cada vez mayor hacia el uso de energías renovables. La fotovoltaica en este sentido cuenta con ventaja respecto a la hidráulica y la eólica, ya que puede ser integrada en domicilios y empresas con facilidad.

En 2019, Alemania produjo cinco veces más energía solar que España pese a contar con unas condiciones geográficas y climatológicas muchísimo mas pobres para el aprovechamiento del sol. Esto se debe a que la capacidad del parque solar fotovoltaico alemán ronda los 50.000 MW, mientras que el español solo contaba con 8.623 MW a final de año.

España, como ya se ha mencionado anteriormente, cuenta con una posición climatológica privilegiada. Según fuentes oficiales europeas, España es el país de Europa con más potencial para el aprovechamiento de la electricidad solar.

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

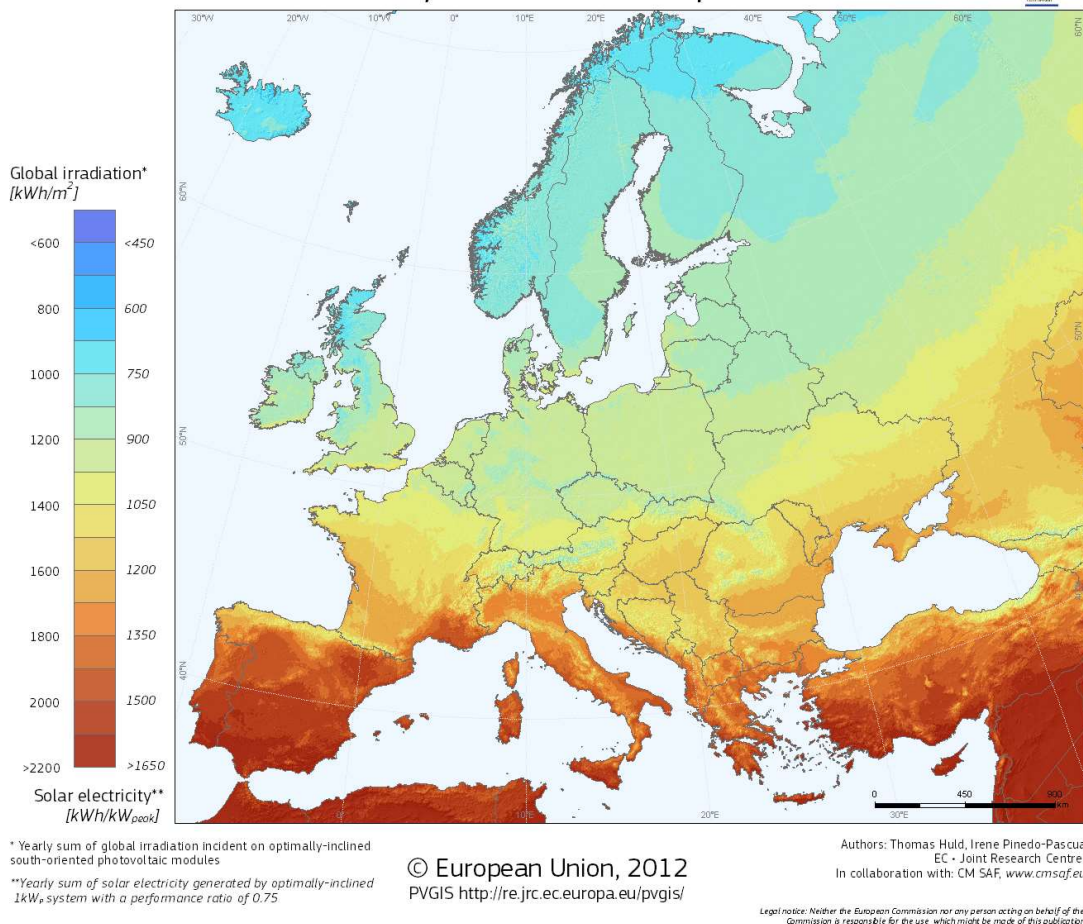


Ilustración 12. Potencial fotovoltaico en Europa. Comisión Europea.

Estas circunstancias climatológicas hacen que España se haya convertido en un reclamo para inversores tanto nacionales como extranjeros. En los últimos años ha ido creciendo el interés por el mercado español, aunque hasta este último año los inversores no terminaban de decidirse completamente por las trabas legislativas que se imponían. Tras el Decreto ley 244 de Abril 2019, estas trabas fueron en gran medida suprimidas, atrayendo el interés por la realización de proyectos en el país. En 2020 se están realizando numerosos proyectos y se prevé que aumente de manera significativa en el 2021.

Con la nueva situación global provocada por el Covid-19, el consumo de energía, como otras muchas cosas, esta innegablemente cambiando. La gente tiende más a teletrabajar en casa ya que es un lugar mucho más seguro y las empresas están viendo que, si hay implicación por parte del trabajador, se pueden ahorrar costes que conllevan a un incremento del beneficio y de la producción. Esto está haciendo que el consumo en los hogares aumente y que la gente se esté planteando formas alternativas de energía como la fotovoltaica para disminuir el incremento ocasionado en las facturas mensuales.

Capítulo 3. LEGISLACIÓN

Normativas que cumplir:

- Inversores: Directiva de baja tensión 2014/35/UE y directiva de compatibilidad electromagnética Directiva 2014/30/UE.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Publicado en: «BOE» núm. 310, de 27 de diciembre de 2000.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Publicado en: «BOE» núm. 268, de 8 de noviembre de 2001.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Publicado en: «BOE» núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. Publicado en: «BOE» núm. 224, de 18 de septiembre de 2007.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. Publicado en: «BOE» núm. 295, de 8 de diciembre de 2011.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica. Publicado en: «BOE» núm. 312, de 30 de diciembre de 2013.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Publicado en: «BOE» núm. 310, de 27/12/2013.

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Publicado en: «BOE» núm. 140, de 10 de junio de 2014.
- Real Decreto Ley 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Publicado en:«BOE» núm. 242, de 6 de octubre de 2018.
- Directiva UE 2018/2001 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Publicado en: «BOE» núm. 83, de 6 de abril de 2019.
- Normativa europea CPR (Construction Product Regulation). Este reglamento clasifica los materiales de construcción según su comportamiento frente al fuego. Es de común aplicación en toda Europa y es necesario cumplirlo en todos los productos que sean destinados a su instalación de forma permanente en obras de construcción.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión REBT.

Capítulo 4. ENTORNO Y LIMITACIONES

Siguiendo el documento básico de Seguridad estructural y acciones en le edificación (SE-AE), el edificio se encuentra en la zona A de acción del viento, estableciéndose la velocidad básica de viento en 26 m/s.



Ilustración 13. Valor básico de la velocidad del viento.

Siguiendo este mismo documento, la zona climática de invierno para el cálculo de la carga de nieve es la zona 4.



Ilustración 14. Zonas climáticas de invierno.

Las zonas climáticas a las que pertenece la ubicación han sido consideradas en el cálculo estructural, prestando especial atención a la acción del viento, para evitar el vuelo o desplazamiento de los paneles.

Los cables que discurren por el interior de edificios, naves, etc. deben de ser, para cumplir con la normativa europea CPR (Construction Product Regulation) actual, libres de halógenos y de baja o nula emisión de humos LSZH (Low Smoke Zero Halogen).

Por la situación del edificio en las proximidades del aeropuerto, los paneles deben contar con un certificado anti-destello.

La tubería para la canalización debe ser tipo Acero, con racores metálicos y sin plástico, con el fin de evitar el deterioro, al ser una zona continuamente expuesta al sol, a la lluvia y a altas temperaturas. En caso de necesitarse algún tipo de sujeción, las abrazaderas utilizadas serán metálicas. Las bandejas y las cajas utilizadas en el guiado de los cables también deben ser metálicas. La estética será cuidada en todo momento utilizando colores uniformes y haciendo un montaje de paneles y un guiado de cables ordenado y estructurado.

Capítulo 5. SOLUCIÓN

5.1 SELECCIÓN DE LOS PANELES

La selección de los paneles se realiza en función a ocho parámetros fundamentales:

- Potencia Nominal. Capacidad de generación del panel.
- Precio por kW pico €/kWp. El coste del módulo en función de la potencia que es capaz de generar.
- Rendimiento. Lo eficiente que es el módulo en cuanto a aprovechamiento de la irradiación solar.
- kWp por metro cuadrado kWp/m². La capacidad de generación del panel por espacio que ocupa. Cuanto mayor sea este número, mayor será la potencia total instalada.
- Tipo de Célula. Este parámetro influirá sobre el rendimiento del panel.
- Precio del Vatio por metro cuadrado. Este es un parámetro fundamental, pues supone optimizar el precio que cuestan los paneles respecto a lo que producen en relación con el área que ocupa.
- Precio del vatio efectivo: El vatio efectivo se obtiene de multiplicar el rendimiento del módulo por su potencia nominal.
- Precio del vatio efectivo por metro cuadrado: Precio que cuesta en la inversión la potencia nominal corregida con el rendimiento por metro cuadrado. Parámetro decisivo a la hora de elegir los módulos.

Para la elección de los paneles se ha realizado una tabla comparativa con los distintos parámetros de los paneles disponibles.

Tabla Comparativa de Paneles										
Marca	Modelo	Tipo de Célula	Potencia Nominal (W)	Precio €/W	Rendimiento	€/Wefectivo	Área (m²)	W/m²	€/ (W/m²)	€/ (Wefectivo/m²)
IBC Solar	IBC Monosol 360 OS6-HC	Monocristalina	360	0,258	19,3	1,337	1,868	192,683	0,482	2,498
IBC Solar	IBC PolySol 275 CS5	Policristalina	275	0,216	16,8	1,286	1,637	168,011	0,354	2,104
IBC Solar	IBC MonoSol 335 MS-HC	Monocristalina	335	0,263	19,9	1,322	1,687	198,534	0,444	2,230
SunGrow	SunPower SPR-MAX2-360	Monocristalina	360	0,579	20,36	2,844	1,768	203,650	1,024	5,027
SunGrow	SunPower SPR-MAX3-400	Monocristalina	400	0,736	22,6	3,257	1,768	226,278	1,301	5,757
Longi	Longi LR4-60HPH-365M	Monocristalina	365	0,245	20	1,225	1,822	200,363	0,446	2,232
Longi	Longi LR4-72HPH-435M	Monocristalina	435	0,2405	19,6	1,227	2,225	195,507	0,535	2,730
Jinko	JKM335M-60H-V	Monocristalina	335	0,255	19,85	1,285	1,687	198,534	0,430	2,168

Ilustración 15. Tabla Comparativa de Paneles

De la tabla de paneles disponibles se descartan los SunGrow por su elevado precio por Vatio. Estos Paneles pueden ser utilizados de manera aislada para alimentar bajos requerimientos de potencia, debido a su alta potencia nominal y alto rendimiento, pero no serían los idóneos para este tipo de instalación.

El panel IBC PolySol 275 CSS también se descarta ya que, aunque cuente con un precio por vatio/ m² muy bajo, el rendimiento es notoriamente inferior al del resto, haciendo que los vatios generados sean significativamente menores al resto.

De entre el resto de los paneles, los dos más competitivos son el IBC MonoSol 335MS-HC y el Longi LR4-60H PH-365M. Ambos cuentan con una relación W/ m² muy similar, aunque los paneles IBC cuentan con un ligero mayor rendimiento y un precio vatio efectivo por metro cuadrado menor. Finalmente se ha optado por los paneles IBC, siendo factor diferenciador la garantía que ofrecen respecto a durabilidad y fiabilidad.

El panel elegido es el IBC MonoSol 335 MS-HC.



Ilustración 16. Panel IBC MonoSol 335 MS-HC

El panel cuenta con las siguientes características:

- Dimensiones (mm): 1684 x 1002 x 40.
- Peso: 19 kg.
- Potencia pico: 335 Wp
- Eficiencia del módulo: 19,9%
- Garantía de producto: 15 años
- Garantía de potencia: 25 años lineal.

5.2 POTENCIA A INSTALAR

Al tener el edificio un consumo tan elevado, con el espacio disponible para instalar, la instalación solo funcionará en modo exportación a la red en situaciones puntuales como pueden ser días festivos en los que se produzca un mínimo consumo. Por ello, se intentará maximizar la potencia instalada, ubicando el mayor número de paneles posibles, sin invadir las zonas en las que haya equipos de refrigeración u otros dispositivos. También se evitarán las zonas donde pueda haber sombras, para no interferir en el rendimiento de la instalación.

Para el estudio de la disposición de paneles y los cálculos de la potencia generada por dichos paneles se ha utilizado el programa PV Manager. Este programa toma los datos de rendimiento de los módulos y los inversores elegidos y los datos climatológicos de Madrid, en función a una base de datos muy amplia. También se tiene en cuenta la orientación y la inclinación que a los propios módulos se les da en el diseño, así como la longitud y sección del cableado utilizado y a partir de estas variables saca los datos de generación y pérdidas.

5.3 AGRUPACIÓN DE LOS PANELES

Para un mejor control y una más fácil supervisión de la instalación, se ha decidido dividir la instalación en 8 grupos. La cubierta del edificio está dividida en 16 subcubiertas, 8 en la zona noroeste y 8 en la zona sureste.

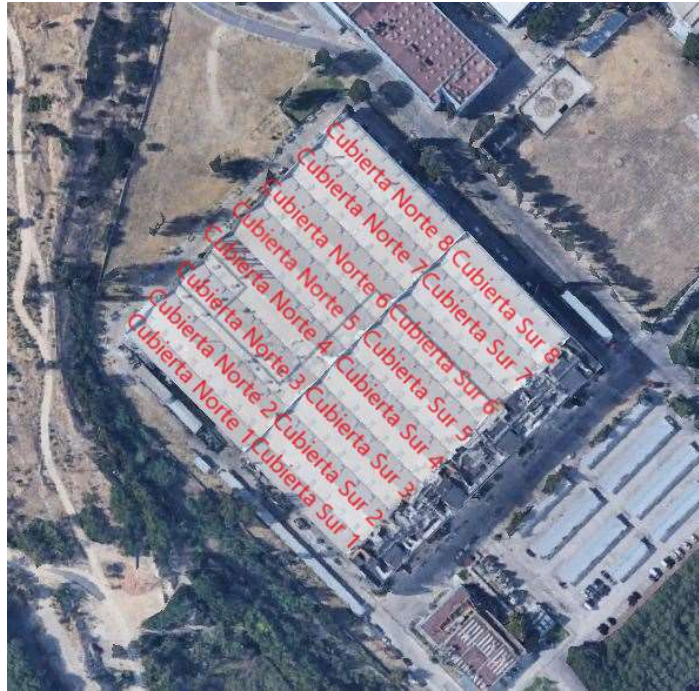


Ilustración 17. Numeración de cubiertas

Estas agrupaciones están compuestas por los paneles dispuestos en las cubiertas:

- Grupo 1: Cubierta Norte 1 y Cubierta Norte 2
- Grupo 2: Cubierta Norte 4
- Grupo 3: Cubierta Norte 5 y Cubierta Norte 6
- Grupo 4: Cubierta Norte 7 y Cubierta Norte 8
- Grupo 5: Cubierta Sur 1 y Cubierta Sur 2
- Grupo 6: Cubierta Sur 3 y Cubierta Sur 4
- Grupo 7: Cubierta Sur 5 y Cubierta Sur 6
- Grupo 8: Cubierta Sur 7 y Cubierta Sur 8

La cubierta Norte 3 se deja libre a petición del cliente para una futura recolocación de equipos de refrigeración y torres extractoras

Los Grupos 6,7 y 8 tienen la misma configuración al estar sus cubiertas totalmente despejadas y ser idénticas entre ellas.

5.3.1 GRUPO 1

- Nº paneles: 833
- Potencia pico: 279,06 kWp
- Inversores utilizados: -2 x Huawei Solar SUN2000-100KTL-M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-60KTL
- Potencia nominal instalada: 260 kW
- Dimensionamiento: 107,33 %
- Sombras: Provocadas por una chimenea en la cubierta norte 2.

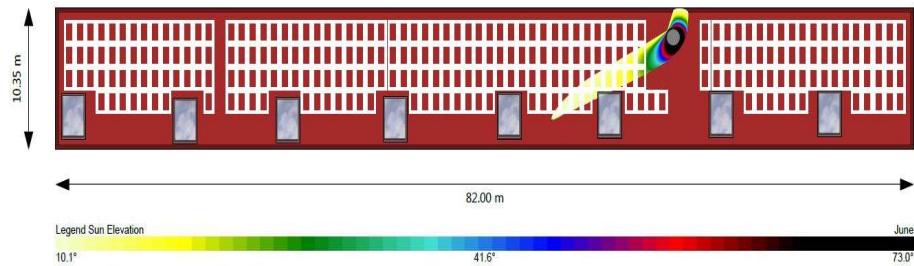


Ilustración 18. Sombras grupo 1

- Energía neta generada: 349.935 kWh
- Disposición:



Ilustración 19. Disposición grupo 1

5.3.1.1 Generación de Energía Grupo 1

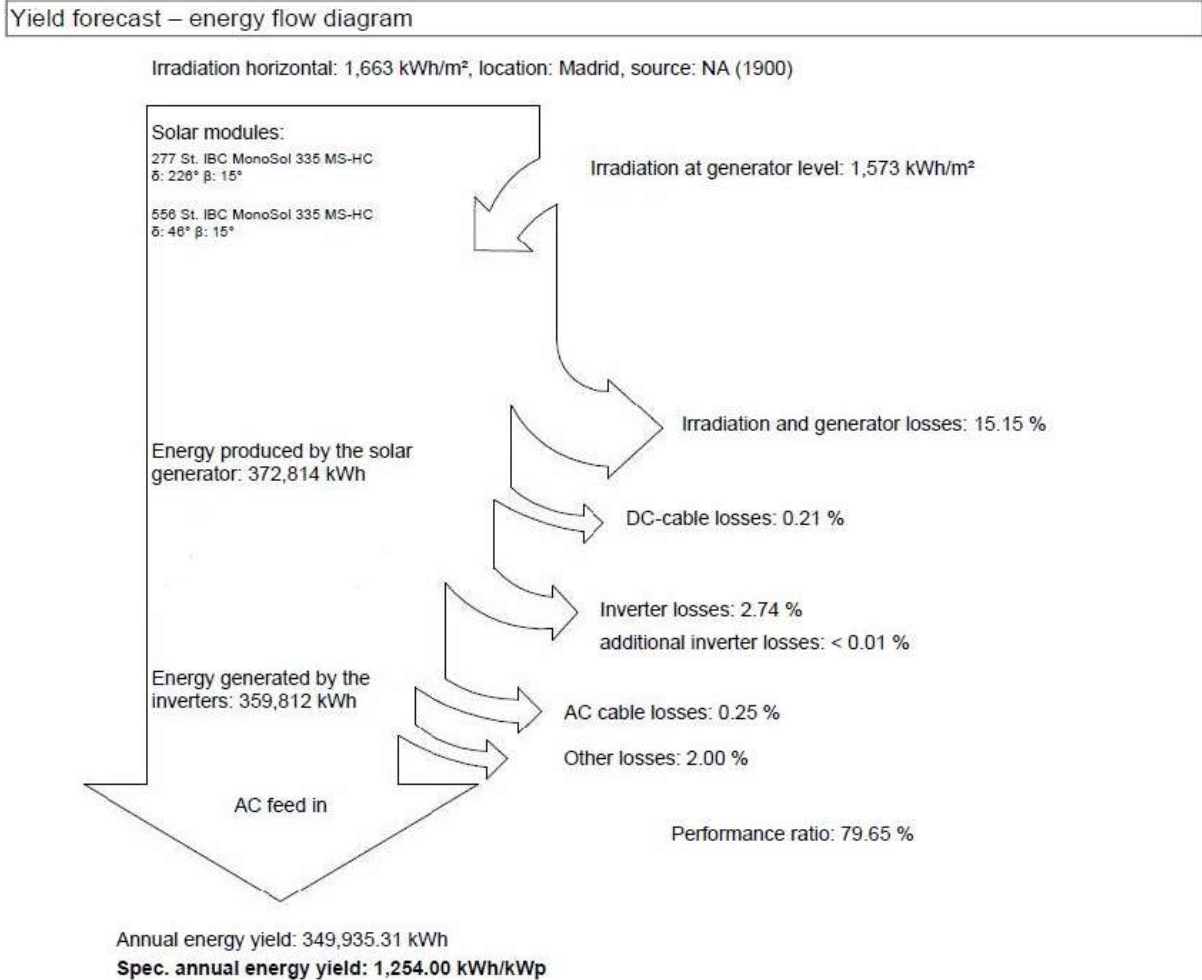


Ilustración 20. Diagrama de flujo de energía grupo 1

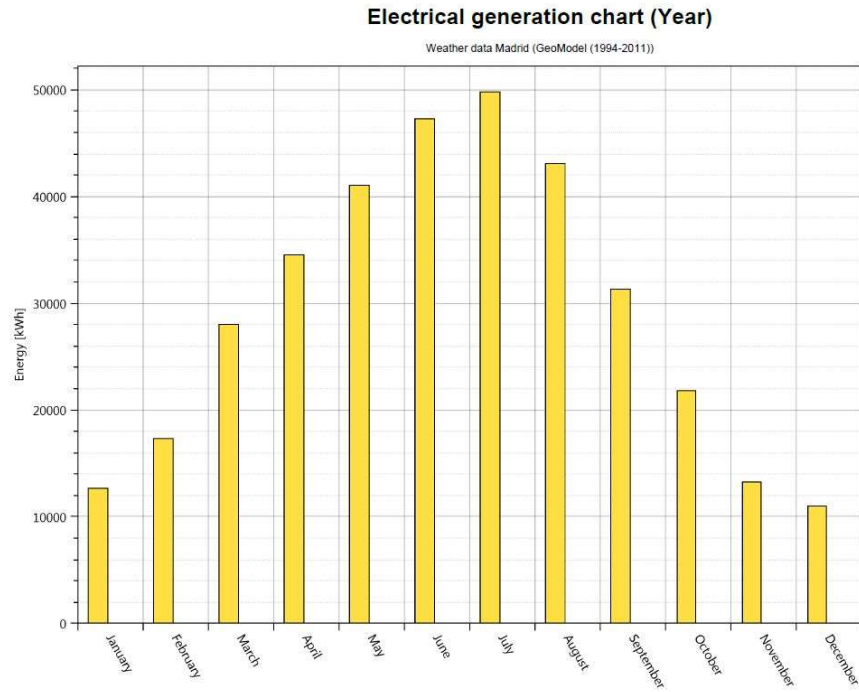


Ilustración 21. Generación anual grupo 1

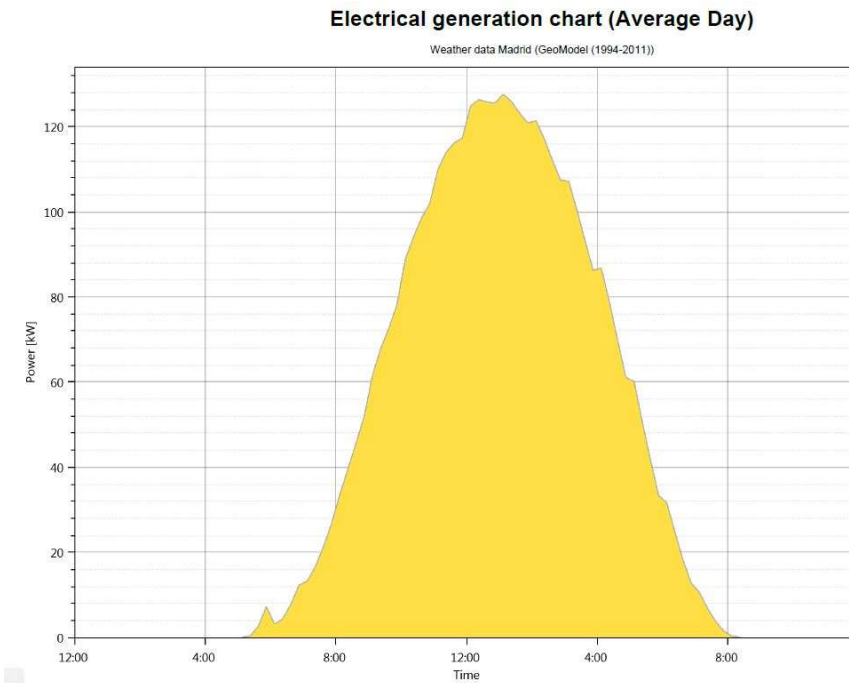


Ilustración 22. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 1

5.3.2 GRUPO 2

- N° paneles: 419
- Potencia pico: 140,37 kWp
- Inversores utilizados: -1 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-36KTL
- Potencia nominal instalada: 136 kW
- Dimensionamiento: 103,21 %
- Sombras: Provocadas por 6 chimeneas en la cubierta norte 4

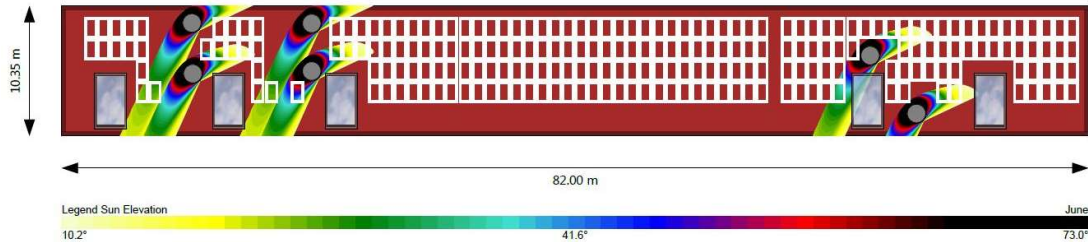


Ilustración 23. Sombras grupo 2

- Energía neta generada: 182.195 kWh
- Disposición:

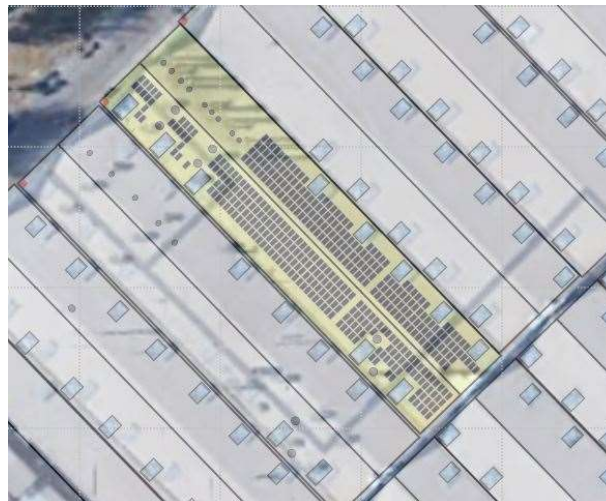


Ilustración 24. Disposición de paneles grupo 2

5.3.2.1 Generación de Energía Grupo 2

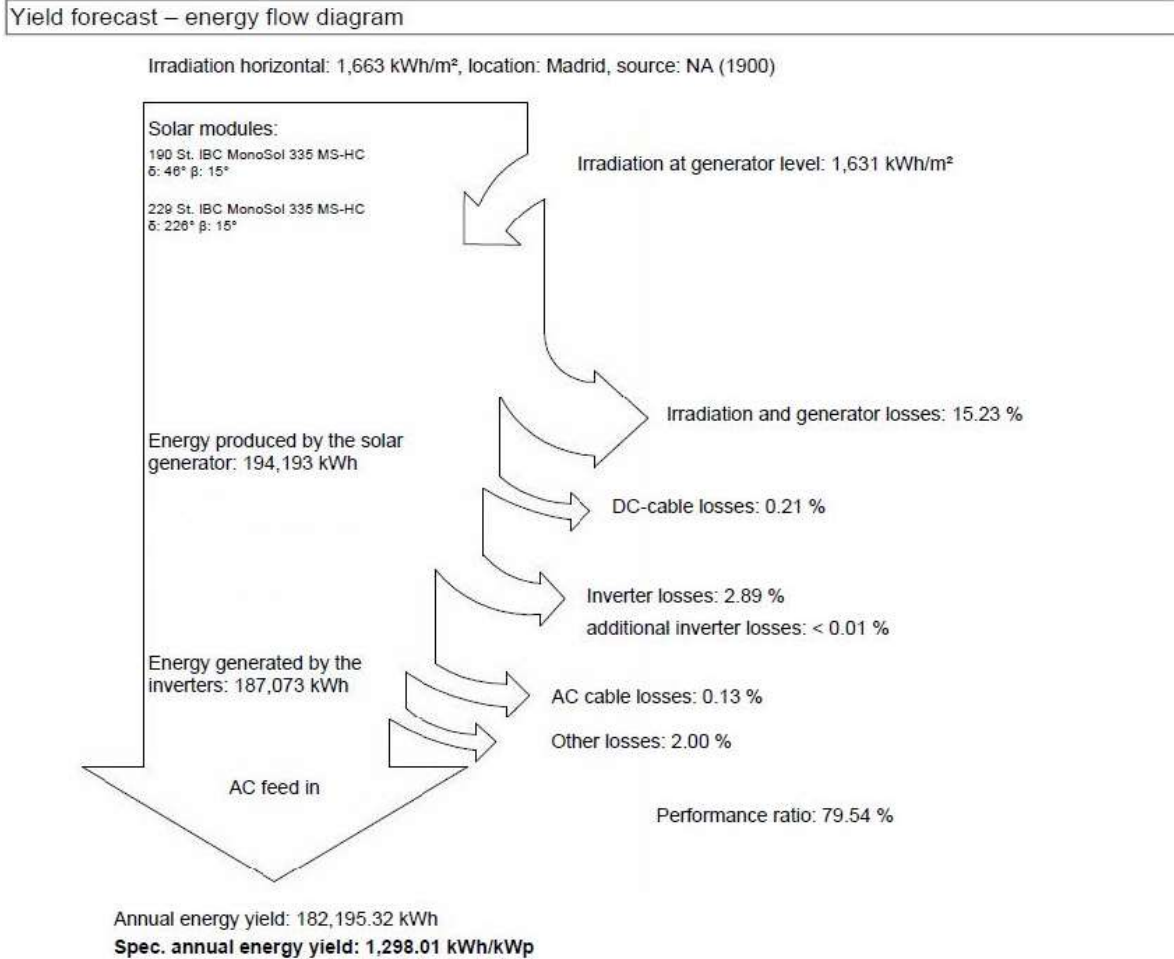


Ilustración 25. Diagrama de flujo de energía grupo 2

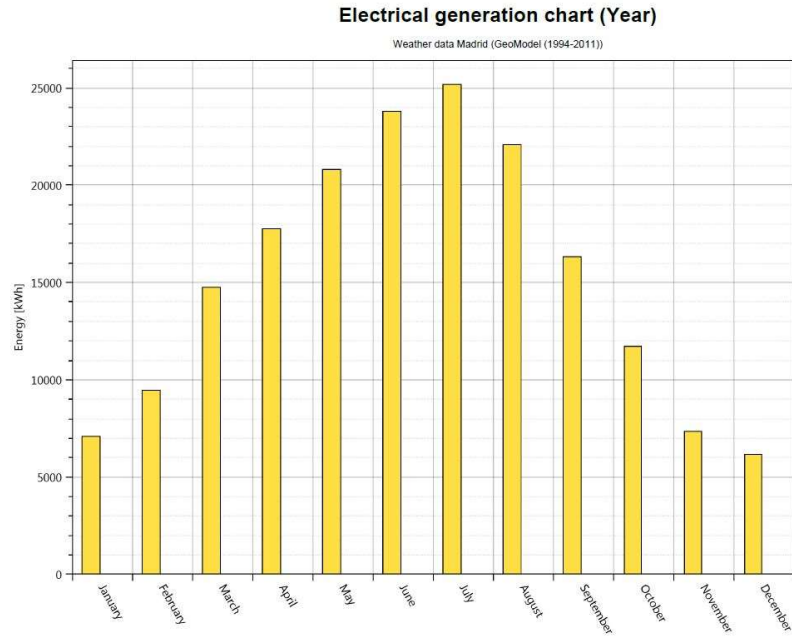


Ilustración 26. Generación anual de energía grupo 2

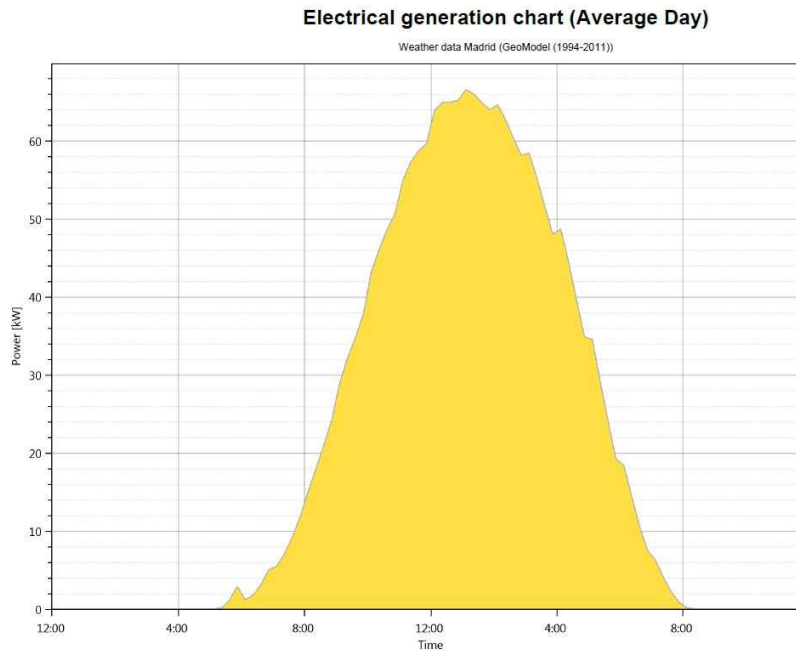


Ilustración 27. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 2

5.3.3 GRUPO 3

- Nº paneles: 1105
- Potencia pico: 367,44 kWp
- Inversores utilizados: -3 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-60KTL M0
- Potencia nominal instalada: 360 kW
- Dimensionamiento: 102,07 %
- Sombras: En esta cubierta no hay torres, chimeneas o equipos de refrigeración que puedan causar sombras.
- Energía neta generada: 471.230 kWh
- Disposición:



Ilustración 28. Disposición de paneles grupo 3

5.3.3.1 Generación de Energía Grupo 3

Yield forecast – energy flow diagram

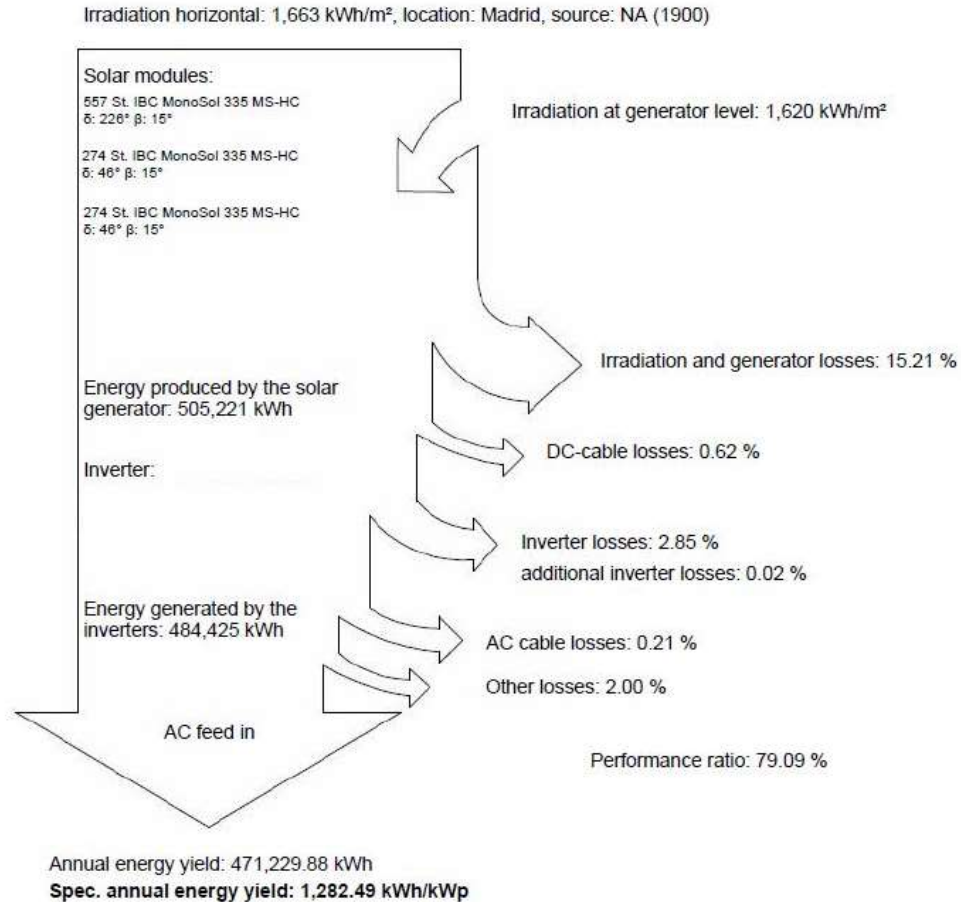


Ilustración 29. Diagrama de flujo de energía grupo 3

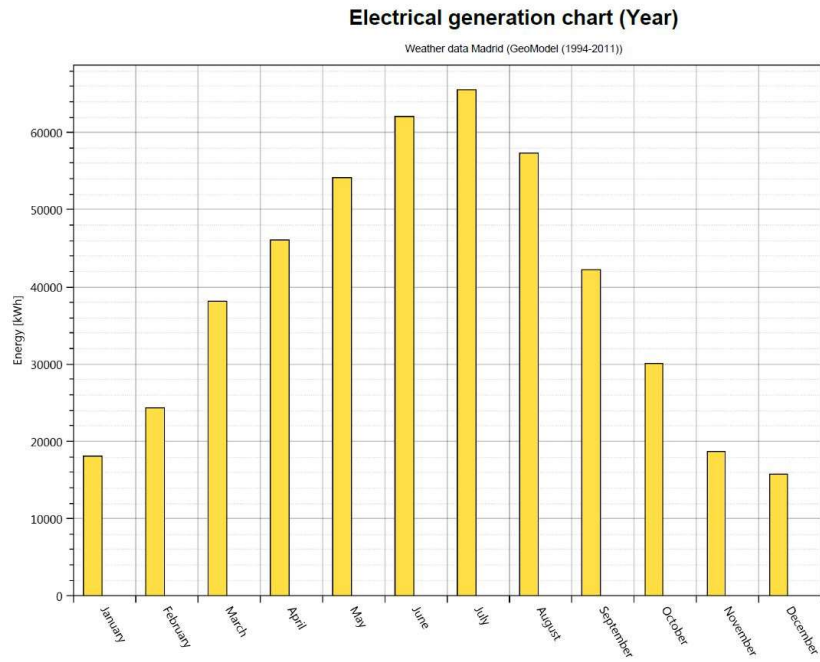


Ilustración 30. Generación anual de energía grupo 3

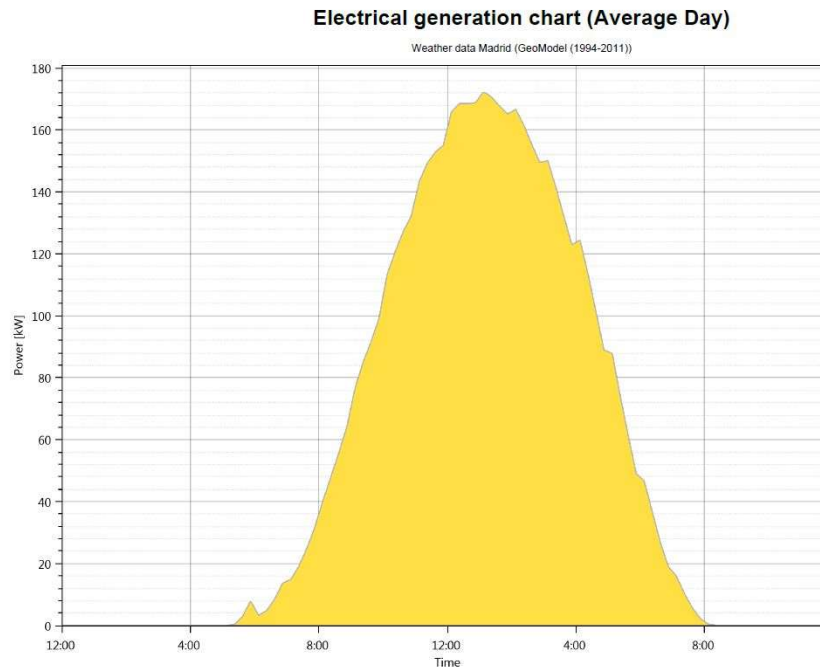


Ilustración 31. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 3

5.3.4 GRUPO 4

- Nº paneles: 1092
- Potencia pico: 365,82 kWp
- Inversores utilizados: -3 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-60KTL M0
- Potencia nominal instalada: 360 kW
- Dimensionamiento: 101,62 %
- Sombras: Provocadas por dos chimeneas en la cubierta norte 7 y una chimenea en la cubierta norte 8

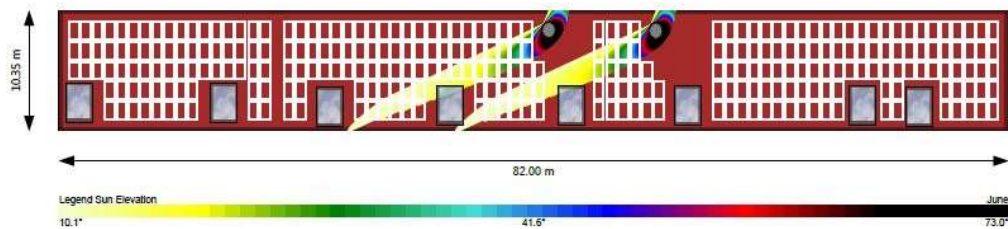


Ilustración 32. Sombras cubierta norte 7 grupo 4

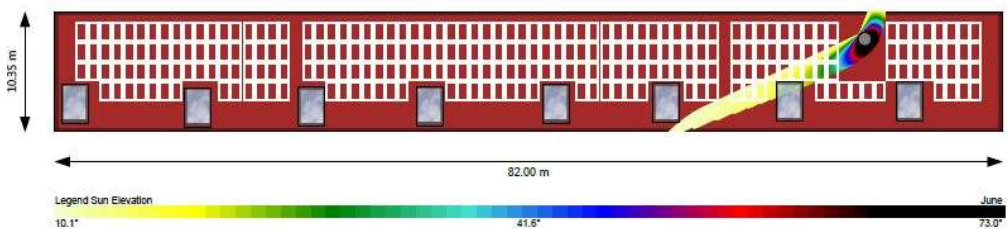


Ilustración 33. Sombras cubierta norte 8 grupo 4

- Energía neta generada: 467.593 kWh

- Disposición:



Ilustración 34. Disposición de paneles grupo 4

5.3.4.1 Generación de Energía Grupo 4

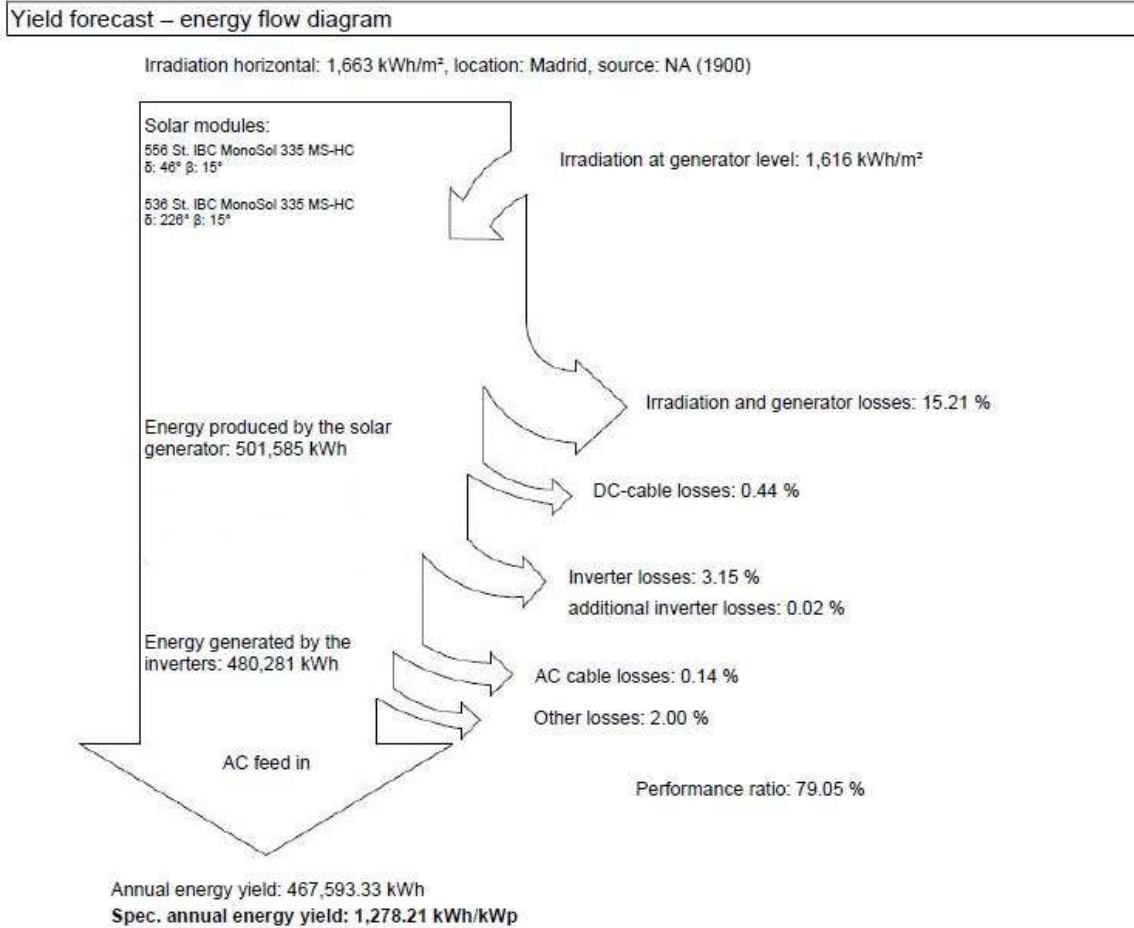


Ilustración 35. Diagrama de flujo de energía grupo 4

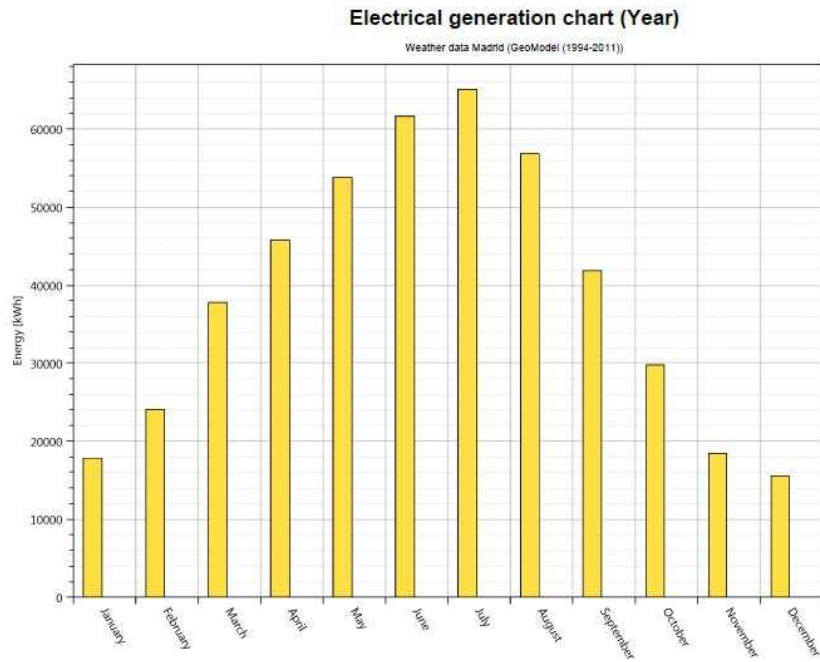


Ilustración 36. Generación anual de energía grupo 4

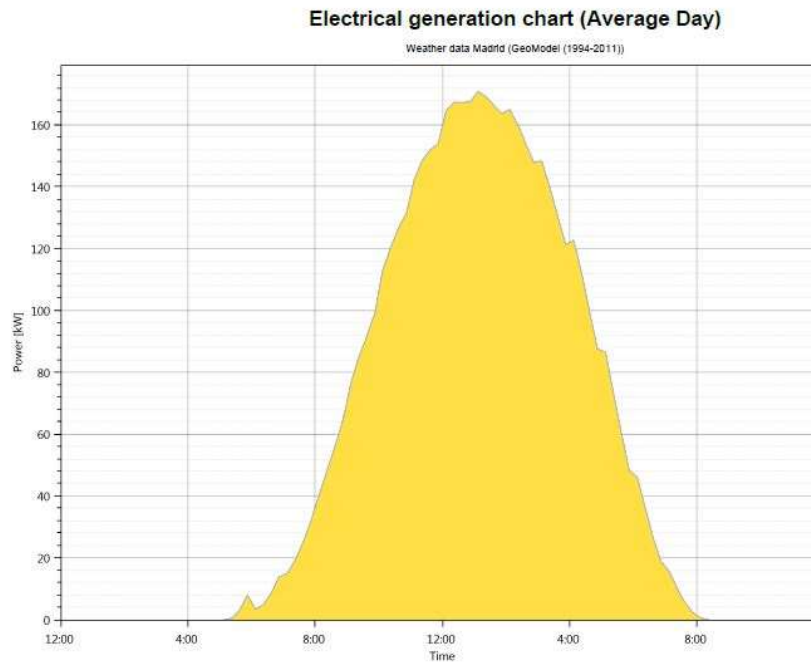


Ilustración 37. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 4

5.3.5 GRUPO 5

- Nº paneles: 672
- Potencia pico: 225,12 kWp
- Inversores utilizados: -2 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
- Potencia nominal instalada: 200kW
- Dimensionamiento: 112,56 %
- Sombras: En esta cubierta no hay torres, chimeneas o equipos de refrigeración que puedan causar sombras. Se ha tenido en cuenta la altura de la cubierta al noroeste, dejando 3 columnas de paneles libres para que no interfieran las sombras.
- Energía neta generada: 281.356 kWh
- Disposición:



Ilustración 38. Disposición de paneles grupo 5

5.3.5.1 Generación de Energía Grupo 5

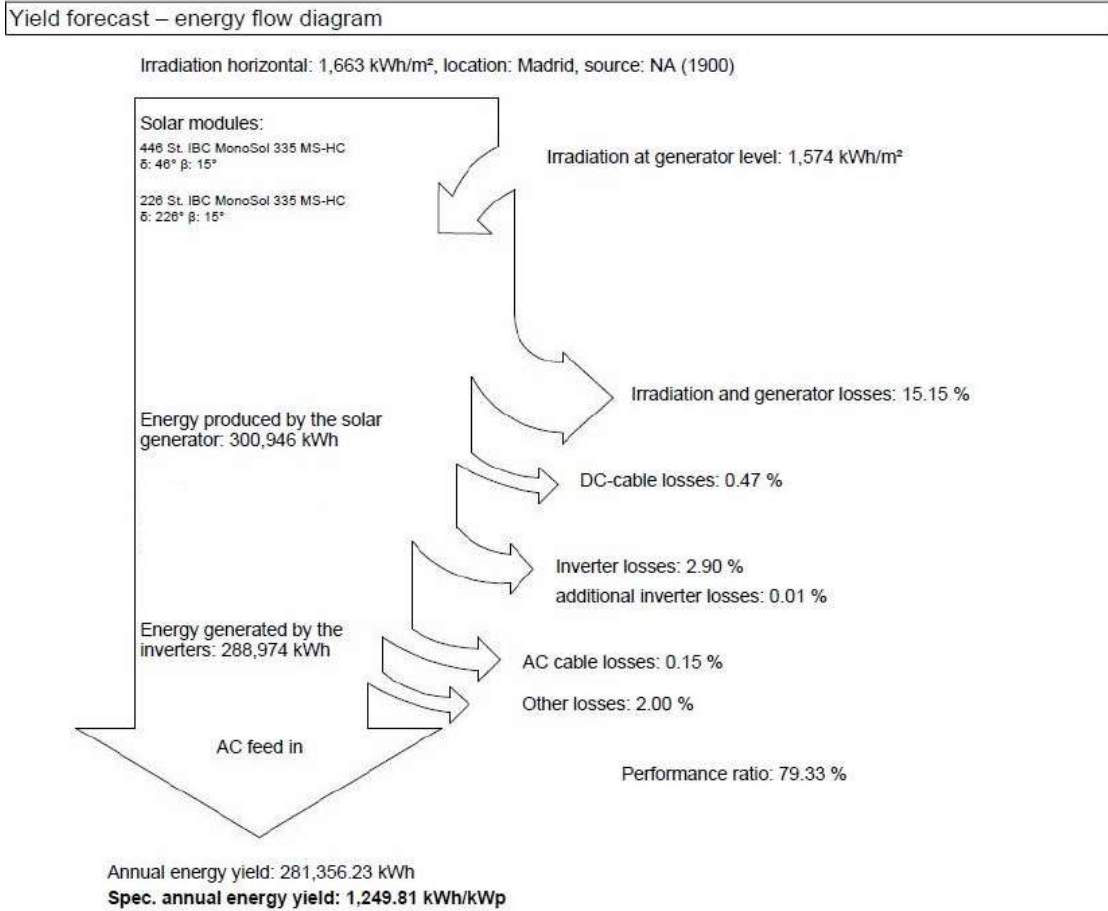


Ilustración 39. Diagrama de flujo de energía grupo 5

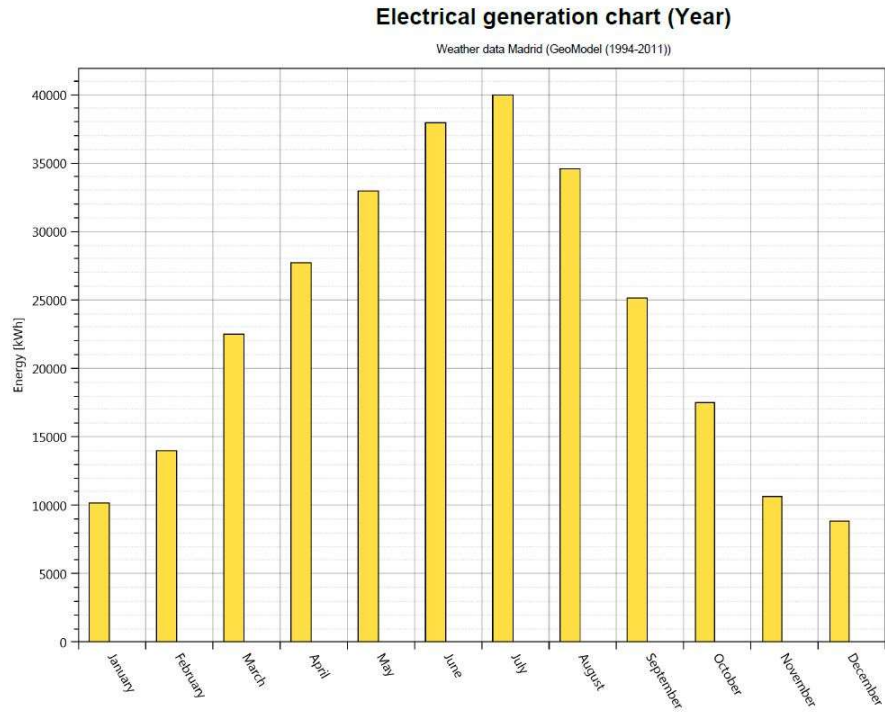


Ilustración 40. Generación anual de energía grupo 5

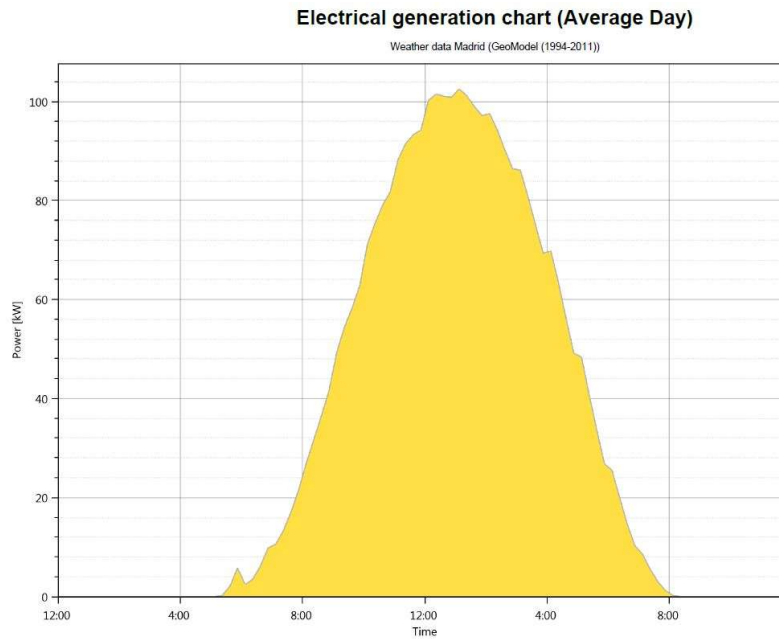


Ilustración 41. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 5

5.3.6 GRUPO 6

- N° paneles: 1072
- Potencia pico: 359,12 kWp
- Inversores utilizados: -3 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-36KTL
- Potencia nominal instalada: 336 kW
- Dimensionamiento: 106,88 %
- Sombras: En esta cubierta no hay torres, chimeneas o equipos de refrigeración que puedan causar sombras. Se ha tenido en cuenta la altura de la cubierta al noroeste, dejando 3 columnas de paneles libres para que no interfieran las sombras.
- Energía neta generada: 457.224 kWh
- Disposición:



Ilustración 42. Disposición de paneles grupo 6

5.3.6.1 Generación de Energía Grupo 6

Yield forecast – energy flow diagram

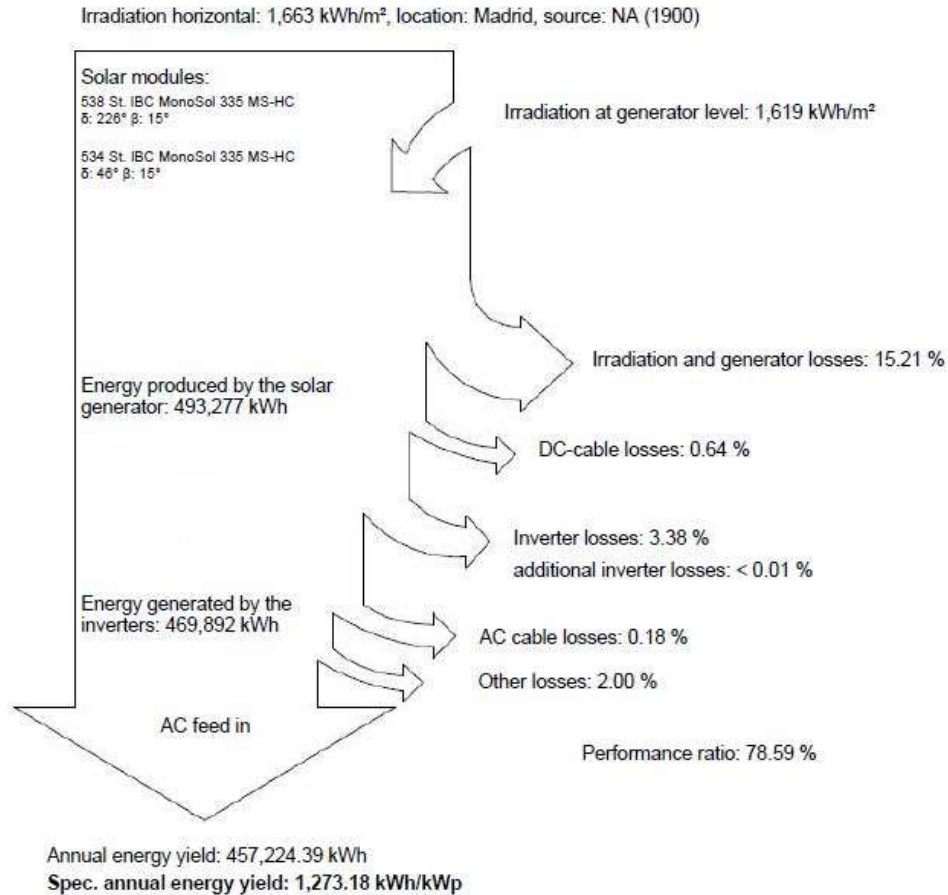


Ilustración 43. Diagrama de flujo de energía grupo 6

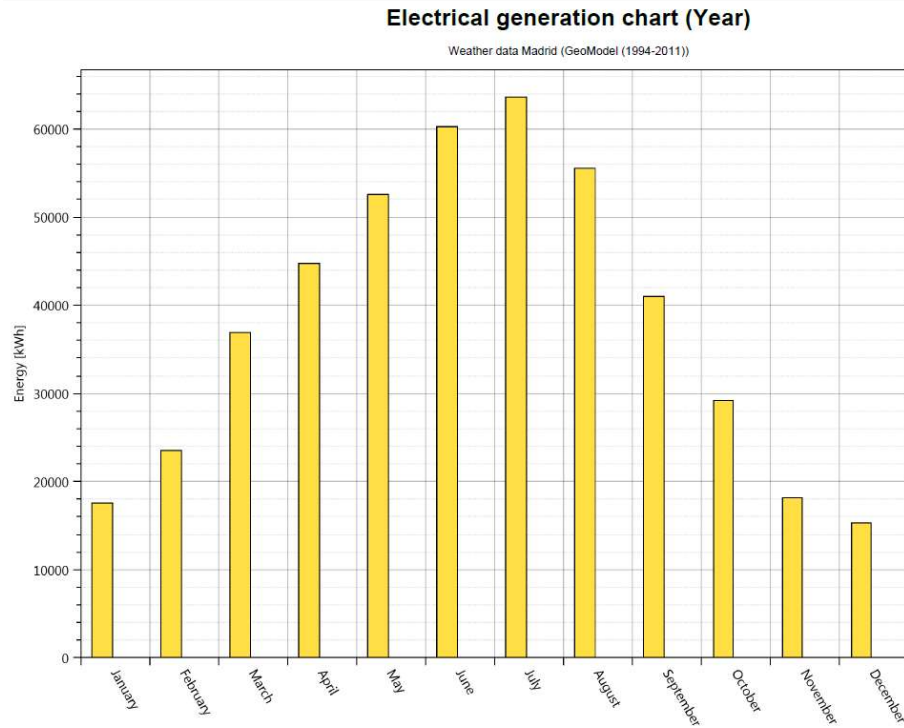


Ilustración 44. Generación anual de energía grupo 6

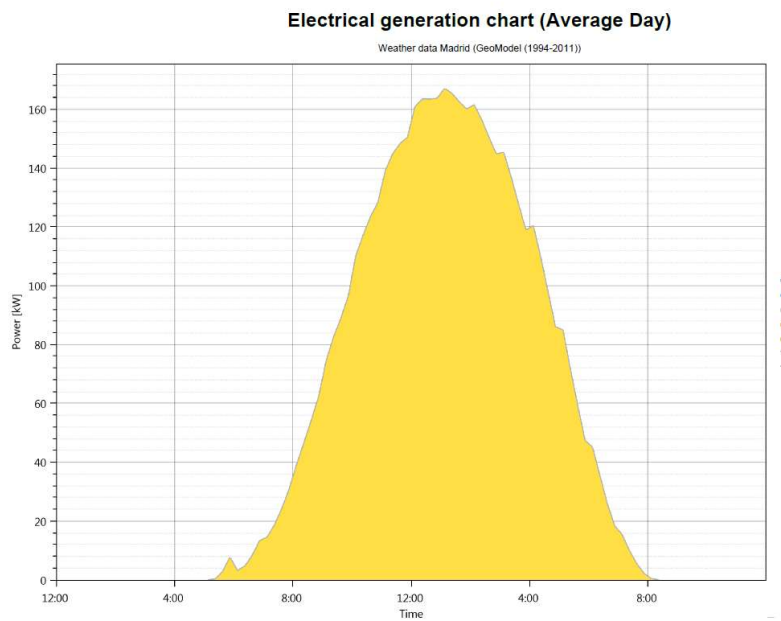


Ilustración 45. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 6

5.3.7 GRUPO 7

- Nº paneles: 1072
- Potencia pico: 359,12 kWp
- Inversores utilizados: -3 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-36KTL
- Potencia nominal instalada: 336 kW
- Dimensionamiento: 106,88 %
- Sombras: En esta cubierta no hay torres, chimeneas o equipos de refrigeración que puedan causar sombras. Se ha tenido en cuenta la altura de la cubierta al noroeste, dejando 3 columnas de paneles libres para que no interfieran las sombras.
- Energía neta generada: 457.224 kWh
- Disposición:

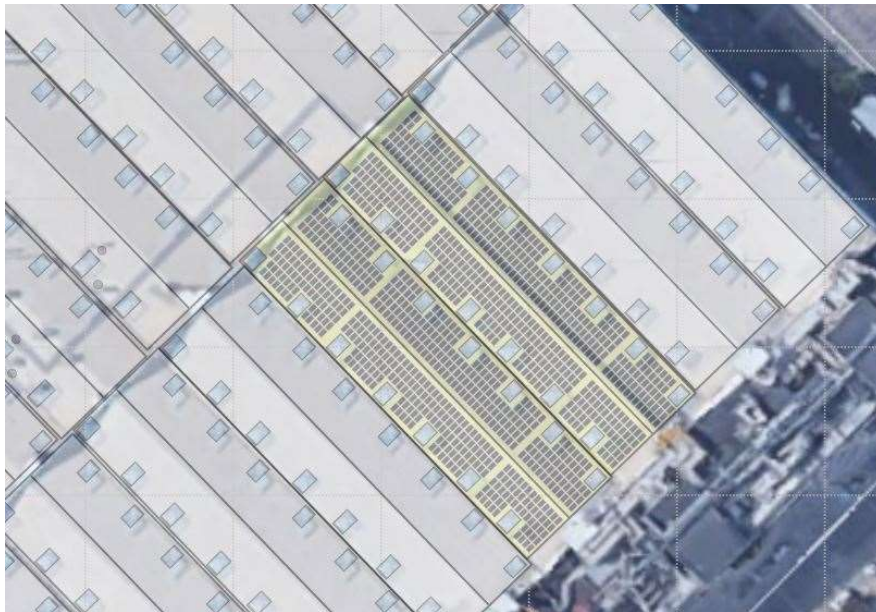


Ilustración 46. Disposición de paneles grupo 7

5.3.7.1 *Generación de Energía Grupo 7*

Yield forecast – energy flow diagram

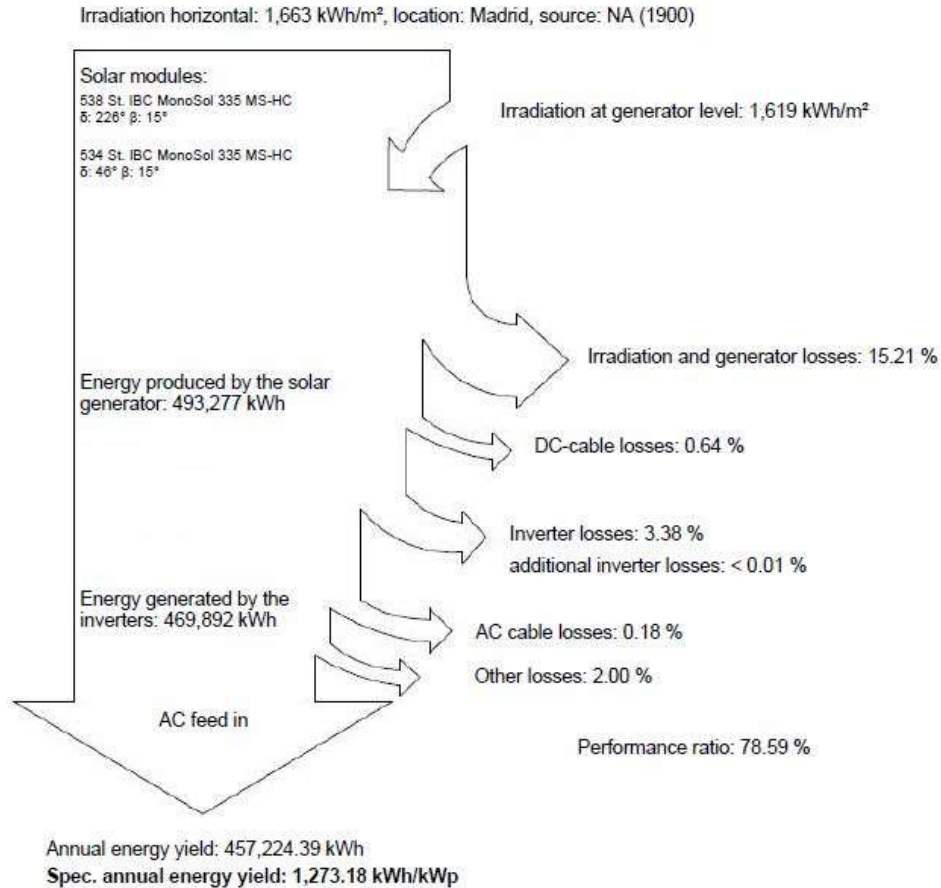


Ilustración 47. Diagrama de flujo de energía grupo 7

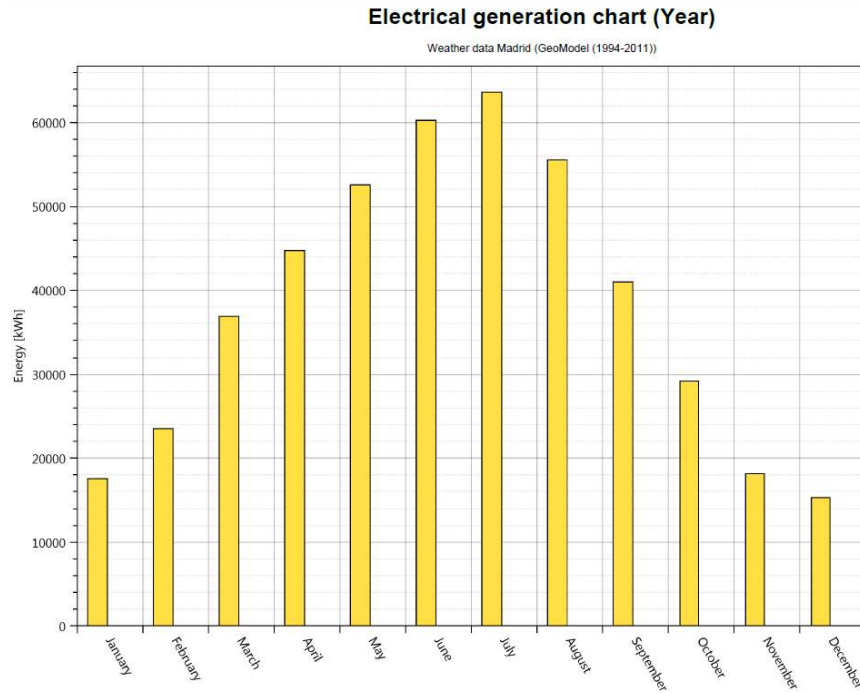


Ilustración 48. Generación anual de energía grupo 7

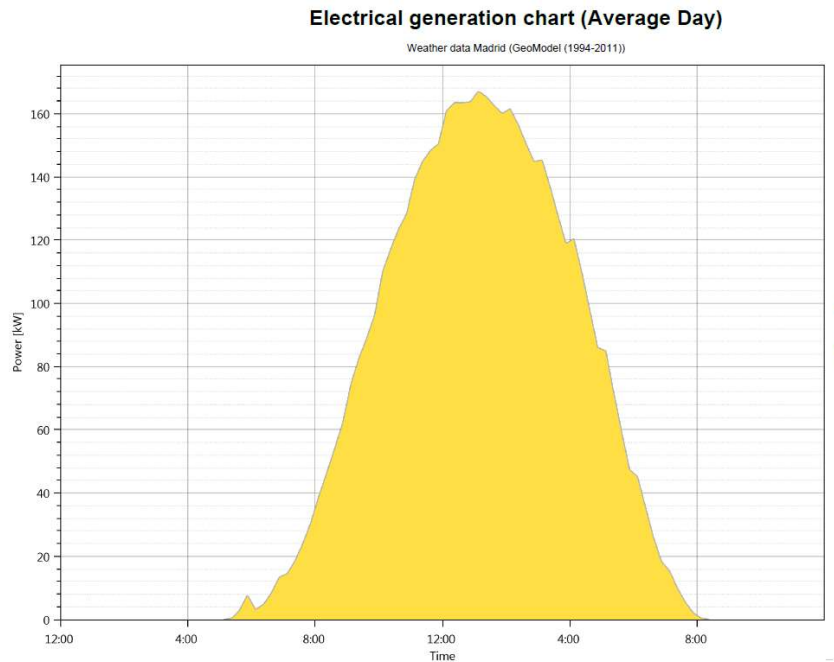


Ilustración 49. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 7

5.3.8 GRUPO 8

- Nº paneles: 1072
- Potencia pico: 359,12 kWp
- Inversores utilizados: -3 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-1 x Huawei Solar SUN2000-36KTL
- Potencia nominal instalada: 336 kW
- Dimensionamiento: 106,88 %
- Sombras: En esta cubierta no hay torres, chimeneas o equipos de refrigeración que puedan causar sombras. Se ha tenido en cuenta la altura de la cubierta al noroeste, dejando 3 columnas de paneles libres para que no interfieran las sombras.
- Energía neta generada: 457.224 kWh
- Disposición:



Ilustración 50. Disposición de paneles grupo 8

5.3.8.1 Generación de Energía Grupo 8

Yield forecast – energy flow diagram

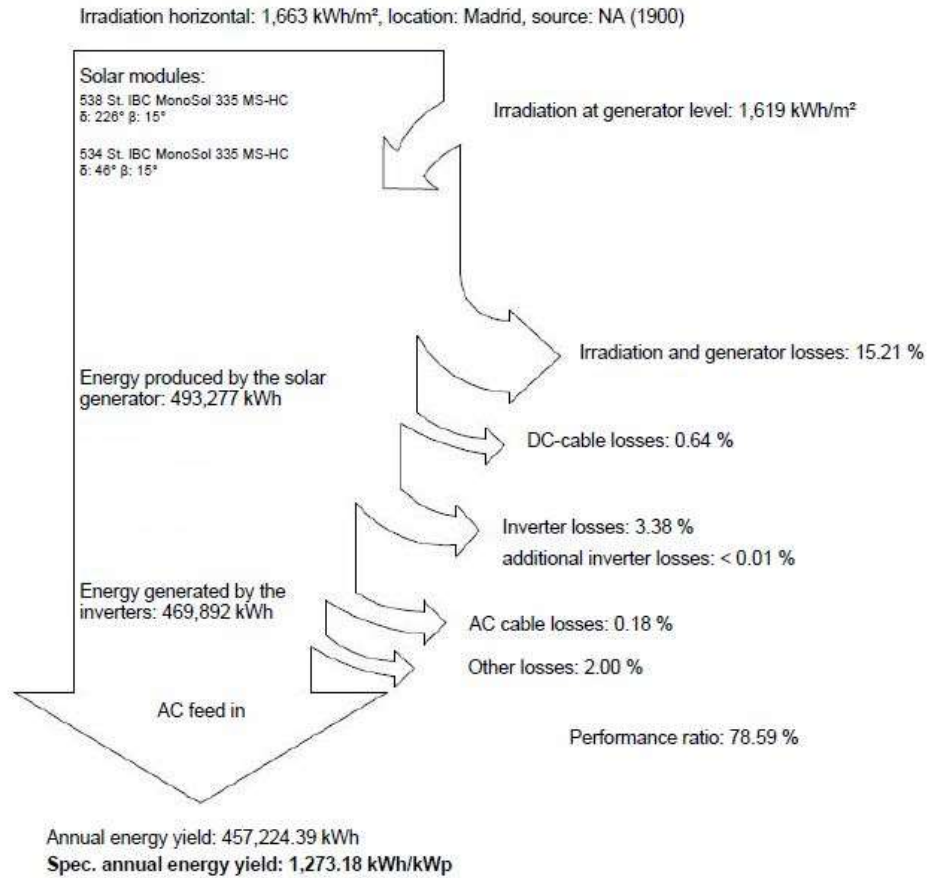


Ilustración 51. Diagrama de flujo de energía grupo 8

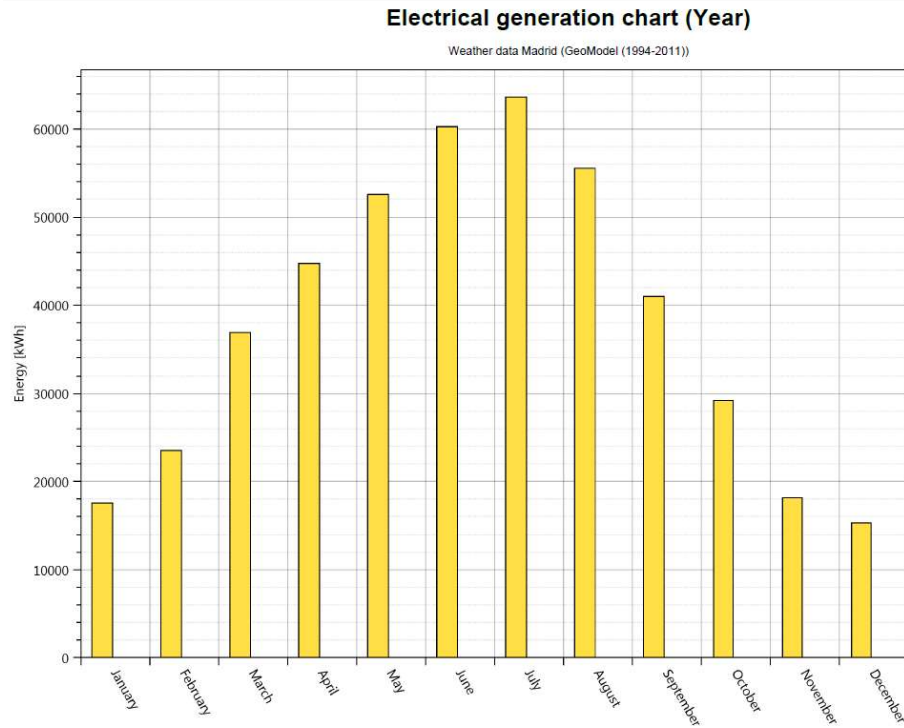


Ilustración 52. Generación anual de energía grupo 8

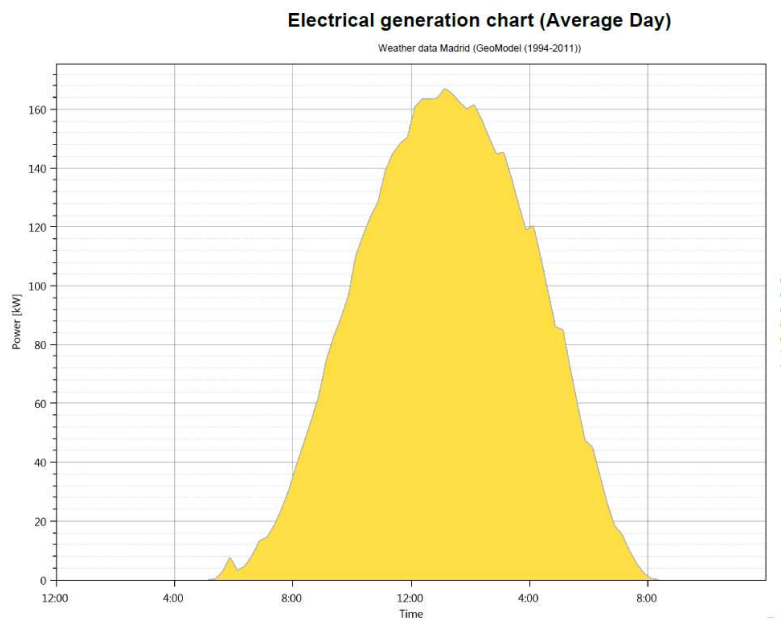


Ilustración 53. Generación diaria de energía en un día promedio grupo 8

5.4 ELECCIÓN DE INVERSORES

Los inversores disponibles se muestran en la tabla a continuación:

Tabla Comparativa de Inversores						
Marca	Modelo	Fase	Potencia Nominal (kW)	Precio €/W	Rendimiento (%)	Peso
Fronius	Primo	Monofásico	Hasta 8,2	0,144	97,9	21,5 kg
Fronius	Symo	Trifásico	Hasta 20	0,094	97,9	43,4 kg
Huawei	Home SUN2000L	Monofásico	Hasta 5	0,156032	98	10,6 kg
Huawei	SUN2000L-XKTL	Trifásico	36, 60 o 100	De 0,063 a 0,0456	98,80%	74kg (100kW)
Sungrow	Sungrow SG110CX	Trifásico	110	0,0364	98,5	76 kg
SMA	SHP 100-20	Trifásico	100	0,0548974	98,8	98kg

Tabla 5. Tabla comparativa de inversores

De entre los inversores disponibles, se han de utilizar los que tengan conexión a red trifásica, ya que el uso es industrial y la acometida eléctrica es trifásica.

De los inversores trifásicos, se descartan el Fronius Symo y el SMA debido a su elevado precio. Además, utilizando los inversores Symo haría falta el uso de muchos más, elevando así el coste de instalación y dificultando la ubicación de los propios inversores.

Entre los dos inversores restantes, los Huawei SUN2000L-XKTL y el Sungrow SG110CX, se opta por los inversores Huawei. El motivo de esta decisión es que, aunque el inversor Sungrow es más barato, los Huawei permiten más versatilidad a la hora de dimensionar la instalación ya que se puede elegir entre tres potencias nominales distintas, favoreciendo así el abanico disponible de potencias nominales.

Otro factor diferenciador es el mayor rendimiento de los inversores Huawei que, aunque solo sea un 0,3% mayor, en una instalación con tantos kWh generados, puede suponer un aumento muy significativo de la energía generada y, por tanto, un ahorro muy grande en la factura, favoreciendo la inversión. Con el dato de la energía neta generada a lo largo de los veinte años de la instalación obtenida en el apartado 5.5, utilizando el inversor Sungrow se obtendría aproximadamente la siguiente pérdida de energía, siendo:

$$\text{Pérdida generación} = 57.985.799 \text{ kWh} \times 0,003 = 173957 \text{ kWh}$$

Ecuación 1. Pérdida de generación en inversores Sungrow

La pérdida de generación traducida a € tomando como referencia el precio de la energía y sin tener en cuenta la inflación:

$$\text{Pérdida Monetaria} = 173957 \text{ kWh} \times 0,0639895 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 11.131 \text{ €}$$

Ecuación 2. Pérdida monetaria en inversores Sungrow

La pérdida monetaria que supone instalar los inversores Sungrow con menor rendimiento que los Huawei es suficiente para justificar la decisión. Además, los inversores Huawei cuentan con un software de monitorización mucho más avanzado y visual que el utilizado por los inversores Sungrow. La marca Huawei ha demostrado en los últimos años ser una marca de garantías en el campo de la energía fotovoltaica, siendo una de las marcas más competitivas en cuanto a fiabilidad, rendimiento y precio.

5.4.1 HUAWEI SUN2000-36KTL

Características principales:

- Potencia nominal: 36.000W
- Eficiencia máxima: 98,8%
- Dimensiones: 930 x 550 x 283 mm
- Peso: 62kg
- Número de Strings: 8



Ilustración 54. Inversor Huawei SUN2000-36KTL

5.4.2 HUAWEI SUN2000-60KTL M0

Características principales:

- Potencia nominal: 60.000W
- Eficiencia máxima: 98,7%
- Dimensiones: 1075 x 550 x 300 mm
- Peso: 74 kg
- Número de Strings: 12



Ilustración 55. Inversor Huawei SUN2000 60KTL M0

5.4.3 HUAWEI SUN2000-100KTL M1

Características principales:

- Potencia nominal: 100.000W
- Eficiencia máxima: 98,8%
- Dimensiones: 1035 x 700 x 365 mm
- Peso: 90 kg
- Número de Strings: 12



Ilustración 56. Inversor Huawei SUN2000 100KTL M1

5.5 TOTALES DE LA INSTALACIÓN

- N° paneles: 7.337
- Potencia pico: 2.457,895 kWp
- Inversores utilizados: -20 x Huawei Solar SUN2000-100KTL M1
-3 x Huawei Solar SUN2000-60KTL M0
-4 x Huawei Solar SUN2000-36KTL
- Potencia nominal instalada: 2324 kW
- Dimensionamiento: 105,76 %
- Energía neta anual generada primer año: 3.123.981 kWh

Aunque haya momentos puntuales en los que la instalación funcione en el modo exportación a la red, estos van a ser mínimos y, dado que la energía consumida por el centro es mucho mayor que la energía generada por la instalación, se puede suponer que el porcentaje de autoconsumo de la energía anual generada por la instalación será del 100%.

Para el cálculo de la independencia obtenida de la red para la generación del primer año y un consumo igual al del ejercicio 2019:

$$Independencia = \frac{Energía\ autoconsumida}{Energía\ consumida\ total} \times 100 = \frac{3.123.981}{23.640.869} \times 100 = 13\%$$

Ecuación 3. Cálculo de independencia obtenida

25 year linear power warranty by IBC SOLAR



Ilustración 57. Garantía rendimiento lineal de los módulos

Tomando el gráfico de IBC Solar del rendimiento de los módulos se obtiene la disminución del rendimiento lineal con la siguiente fórmula:

$$\Delta\eta = \frac{80 - 100}{25} = -0,8 \frac{\%}{Año}$$

Ecuación 4. Cálculo de la disminución del rendimiento de los módulos

Se ha tomado como vida útil de la instalación 20 años. La generación neta obtenida en la instalación se obtiene corrigiendo la energía generada por la disminución del rendimiento con la siguiente fórmula:

$$\text{Generación Total en 20 años} = \sum_{n=1}^{n=20} \frac{3.123.981}{(1 + 0,008)^{n-1}} = 57.985.799 \text{ kWh}$$

Ecuación 5. Cálculo de la generación total de la instalación

Capítulo 6. MANTENIMIENTO

6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En todos los grupos se han dejado pasillos para la supervisión de la instalación y para facilitar el mantenimiento. Con periodicidad anual se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de los paneles fotovoltaicos.
 - Tensión CC de cada ramal o string.
 - Corriente CC de cada ramal o string.
 - Conexionado firme de cables.
 - Longitud de cables en el interior de las cajas.
 - Prensaestopas bien fijados.
 - Conexiones sin corrosión.
 - Cajas cerradas y estancas.
 - Limpieza de paneles. Eliminación de suciedad mediante manguera de agua y producto de limpieza de especial uso en paneles fotovoltaicos.
 - Verificación de la fijación de los paneles a la estructura.
 - Comprobación de sujeción de los paneles.
 - Uniones y Anclajes.
 - Observación de grietas o defectos en la estructura. En caso de haber grietas se procederá a la detallada supervisión mediante ensayos no destructivos.
- Comprobación de los inversores.
 - Estado general.
 - Fijación de prensaestopas correcta.
 - Longitud de cables en interior de prensaestopas correcta.
 - Comprobación del estado mecánico de cables terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformador, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza interna.

- Corrosión y conexión eficaz
- Firmeza en la sujeción del aparato.
- Funcionamiento: Verificación de la medida de tensiones y corrientes.
- Comprobación de las protecciones eléctricas internas.
- Comprobación de la instalación eléctrica.
 - Caídas de tensión entre campos fotovoltaicos e inversores dentro del margen.
 - Caídas de tensión entre inversores y punto de conexión dentro del margen.
 - Estado del cableado, conductos de protección y canalizaciones.
 - Sujeción correcta de conductores.
 - Tomas de tierra.
 - Reapriete de bornas.

6.2 *MANTENIMIENTO CORRECTIVO*

El mantenimiento correctivo consiste en el mantenimiento una vez detectada una avería, defecto o irregularidad en la instalación. Para dicho mantenimiento se dejará indicado el teléfono de contacto en los inversores para que se pueda notificar con facilidad la incidencia.

Gracias al sistema de control remoto, las averías en los distintos campos fotovoltaicos pueden ser detectadas con facilidad al haber disminuciones de generación respecto a días con condiciones climatológicas similares o con respecto al resto de grupos. Para ello es fundamental el uso de sensores de irradiación y temperatura.

En el mantenimiento correctivo se deberán arreglar las incidencias reportadas, bien sea sustituyendo material dañado o haciendo las operaciones eléctricas necesarias. Se atenderá la incidencia en un plazo máximo de 24 horas, salvo causas de fuerza mayor, con la visita de uno o varios operativos a la instalación durante el mismo día o al día siguiente de la llamada. Tras la resolución de la incidencia se hará un seguimiento remoto de una semana de duración para comprobar que todo se haya resuelto correctamente.

Capítulo 7. FASES DEL PROYECTO

Para la ejecución del proyecto es necesario la realización de las siguientes actividades:

- Tramitación de la información acerca del proyecto: Tras recibir la información del proyecto, es necesario consultar las condiciones de entrega, la situación y las limitaciones que tiene el proyecto.
- Diseño de la instalación: Esta fase incluye la elección de los paneles e inversores, la cantidad, ubicación y orientación de estos. Con el programa informático utilizado se obtienen los datos de generación y pérdidas necesarios para la siguiente fase.
- Elaboración del análisis económico y propuesto formal: En esta fase se elabora el presupuesto y se hace un estudio económico para analizar la rentabilidad de la inversión.
- Negociaciones y tramitaciones con el cliente: Se ajusta el presupuesto y se negocia con el cliente posibles cambios en el diseño de la instalación, bien sea por petición suya o por cambios ocurridos.
- Cierre de contratos con el cliente: Se firma el contrato con el cliente revisando el clausulado al que ambas partes se ciñen.
- Negociación con proveedores: Es necesario negociar con los proveedores el precio final de venta y el transporte.
- Cierre de contratos con los proveedores: Se firma el contrato con los proveedores revisando el clausulado al que ambas partes se ciñen.
- Transporte de material: El transporte de material debe coordinarse con los proveedores y realizarse al propio lugar de instalación, llegando con el campamento de obra ya establecido.
- Establecimiento de campamento de obra: Dada la duración de la obra, es necesario montar un campamento de obra para los operarios. Este campamento debe contar con oficinas, baños y vestuarios.

- Limpieza y despeje de la cubierta: La cubierta debe ser barrida y limpiada, para que el contacto entre la estructura de fijación y la cubierta esté libre de suciedad.
- Izado de estructuras de fijación y módulos a cubierta: Las estructuras de fijación y los paneles se suben a la cubierta con un camión grúa de tamaño medio.
- Ubicación de estructuras de fijación: Esta fase incluye la ubicación de las estructuras y el lastrado de las mismas para evitar el desplazamiento por fuerzas externas.
- Fijación de módulos: Montaje de los paneles sobre las estructuras de fijación previamente ubicadas.
- Cableado de strings entre paneles: Se monta el cableado entre paneles formando los distintos strings que posteriormente se conectarán a los inversores
- Ubicación de inversores: Fijación de los inversores en pared.
- Instalación de elementos de protección: Se instalan elementos de protección para proteger al personal de sobretensiones.
- Conexión de strings con los inversores: Una vez ubicados los inversores e instalados los elementos de protección se procederá a conexionar los string montados previamente a los inversores.
- Conexión de inversores al cuadro eléctrico: Los inversores deben conectarse a la acometida eléctrica del centro mediante cableado de corriente alterna.
- Pruebas: Se realizarán distintas pruebas para comprobar que las tensiones e intensidades de los circuitos eléctricos están dentro del margen de seguridad.
- Puesta en Servicio: Una vez se realicen de forma satisfactoria las pruebas, se procederá a realizar la puesta en servicio.
- Comprobación perfecto funcionamiento: Tras la puesta en servicio es necesario comprobar que todos los circuitos eléctricos funcionan correctamente y que no hay tensiones o intensidades fuera del margen de seguridad.
- Instalación de aplicaciones en los equipos de usuario para control remoto: Para controlar la instalación se habilitará al cliente final un usuario desde el cual pueda monitorizar la generación y consumo del edificio. Se habilitará también un usuario a todo personal de la empresa contratista que el cliente vea oportuno.

Las distintas actividades, así como su fecha de inicio, fecha fin y duración se encuentran recogidas en la tabla a continuación.

ACTIVIDADES	FECHA INICIO	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA FIN
Tramitación de la información acerca del proyecto	3-feb.	4	7-feb.
Diseño de la Instalación	7-feb.	31	9-mar.
Elaboración de análisis económico y propuesta formal	2-mar.	14	16-mar.
Negociaciones y tramitaciones con el cliente	16-mar.	140	3-ago.
Cierre de contratos con el cliente	4-ago.	2	6-ago.
Negociación con proveedores	7-ago.	14	21-ago.
Cierre de contratos con los proveedores	21-ago.	3	24-ago.
Transporte de material	1-sep.	10	11-sep.
Establecimiento de campamento de obra	1-sep.	7	7-sep.
Limpieza y despeje de la cubierta	7-sep.	4	11-sep.
Izado de estructuras de fijación y módulos a cubierta	11-sep.	5	16-sep.

Ubicación de Estructuras de Fijación	13-sep.	40	23-oct.
Fijación de módulos	15-oct.	30	14-nov.
Cableado de Strings entre paneles	14-nov.	12	26-nov.
Ubicación de Inversores	26-nov.	2	28-nov.
Instalación de elementos de protección	28-nov.	2	30-nov.
Conexión de strings con los inversores	30-nov.	1	1-dic.
Conexión de inversores al cuadro eléctrico	1-dic.	1	2-dic.
Pruebas	2-dic.	2	4-dic.
Puesta en Servicio	5-dic.	1	6-dic.
Comprobación perfecto funcionamiento	6-dic.	1	7-dic.
Instalación de aplicaciones en los equipos de usuario para control remoto	7-dic.	1	8-dic.
Entrega de planos as built	10-dic.	1	11-dic.

Tabla 6. Tabla de actividades del proyecto

Las distintas fases del proyecto, así como sus respectivas duraciones, se encuentran representadas de forma gráfica en el diagrama de Gantt expuesto a continuación:

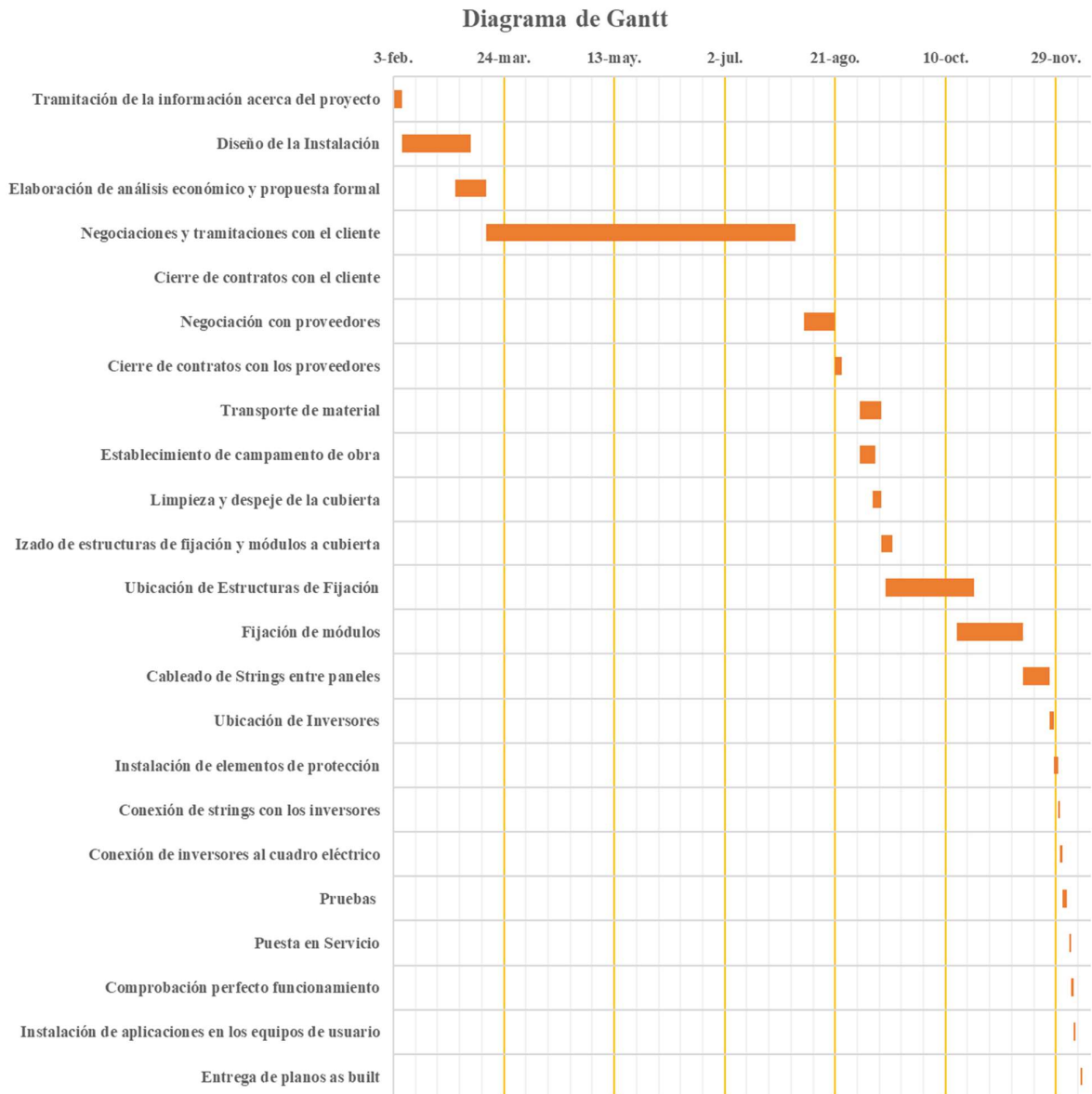


Ilustración 58. Diagrama de Gantt de las distintas fases del proyecto

Capítulo 8. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 PRESUPUESTO

En este apartado se ven los costes de los suministros, los servicios, las visitas y desplazamientos necesarios y otros gastos de gestión, supervisión y garantía. Este presupuesto incluye tanto los costes directos, es decir, los costes de los suministros, como los costes indirectos. El total del presupuesto supone el coste de la inversión inicial que el cliente ha de realizar.

8.1.1 SUMINISTROS

	Concepto	Cant	P/U (Eur)	Total (Eur)
1. Suministros	Módulos IBC MonoSol 335 MS-HC	7.337	88,14	646.683,18
	Inversor Huawei Solar SUN2000-36KTL	4	2.294,48	9.177,92
	Inversor Huawei Solar SUN2000-60 KTL M0	3	3.024,50	9.073,50
	Inversor Huawei Solar SUN2000-100KTL M1	20	4.560,90	91.218,00
	Sensor de irradiación	1	86,37	86,37
	Sensor de temperatura módulo	1	88,19	88,19
	Estructura AeroFix / TopFix 200	1	181.961,62	181.961,62
	Cable Flexium 1x6mm2 bk & PV junction box	1	45.872,34	45.872,34
	Huawei Smart Dongle	1,0	50,6	50,60
	Total			984.211,71

Tabla 7. Presupuesto de suministros

8.1.2 SERVICIOS

	Concepto	Cant	P/U (Eur)	Total (Eur)	
2. Servicios	Montaje y pequeño material, incluyendo cuadro de protecciones en CC y AC, incluye lastres si proceden. Incluye transporte a sitio, legalización y boletín	1,0	299.655,30	299.655,30	
	Supervisión instalación (días)	2,0	172,35	344,70	
	Transporte	1,0	24.966,18	24.966,18	
	Total			324.966,18	1.309.177,89

Tabla 8. Presupuesto de servicios

8.1.3 VIAJES

	Concepto	Cant	P/U (Eur)	Total (Eur)
3. Viajes	Visitas previas	2	400,00	800,00
	Total			800,00

Tabla 9. Presupuesto de viajes

8.1.4 VARIOS

	Concepto	Cant	P/U (Eur)	Total (Eur)	
4. Varios	Seguros (Responsabilidad Civil, montaje, transporte)			22.754,05	1,50%
	Garantía sobre instalación			30.322,73	2,00%
	Supervisión instalación, Administración & varios			30.338,73	2,00%
	Total			83.415,50	

Tabla 10. Presupuesto de costes varios

8.1.5 COSTES TOTALES DE LA INVERSIÓN INICIAL

Coste total (Eur)	1.382.010,67
MB (Eur)	153.556,74
MB%	10,00%
Precio Venta (Eur)	1.535.567,41
<i>PVP con IVA (Eur)</i>	1.858.037

Tabla 11. Presupuesto total

8.1.6 COSTES DE MANTENIMIENTO

Los costes de mantenimiento están pensados para cubrir el coste de 20 paneles y un inversor de 100kW al año, así como el coste de las horas pagadas a los operarios, con un margen del 10%, margen estándar en el sector. De esta forma, en caso de haber averías y ser necesaria la sustitución de algún elemento, se garantiza la existencia de stock para su sustitución sin necesidad de realizar ninguna derrama y afectar al rendimiento de la inversión, en cuyos cálculos se tiene en cuenta dichos costes.

Mantenimiento			
Servicio	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Paneles	20	88,14	1.762,80
Inversor Huawei Solar SUN 2000-100KTL M1	1	4.560,90	4.560,90
Varios pequeño material	1	771,20	771,20
Mantenimiento Preventivo RRHH	1	8.000	8.000
Mantenimiento Correctivo RRHH	1	12.000	12.000
Total (€/Año)			27.094,90
Total(€/Año) con margen del 10%			29.804,40

Tabla 12. Costes de mantenimiento

8.2 ESTUDIO ECONÓMICO

Para el análisis de la inversión se han tomado como referencia los siguientes valores:

- Duración de la inversión: Se toman 20 años como valor de vida útil de la instalación.
- Precio de la energía en el primer año: Valor medio de la energía obtenido de las facturas de los consumos del ejercicio de 2019.

- Inflación: Se ha tomado un 1 % de inflación anual como valor de la inflación del precio de la energía y de los costes de mantenimiento a lo largo de los 20 años.
- Coste inversión inicial: Se toma el valor PVP con IVA incluido de 1.858.037 €, pagado al contado en el momento del desembolso inicial.
- La energía producida cada año se toma como 3.123.981 kWh el año inicial y se tiene en cuenta la variación del -0,8% de la producción anual calculada en el apartado 5.5.
- Gasto mantenimiento: Es un gasto anual cuyo valor inicial es 29.804 € y que será aumentado cada año un 1% debido a la inflación.

8.2.1 RETORNO DE LA INVERSIÓN

En la siguiente tabla se muestran los valores de generación, precio de la energía, el ahorro en energía en términos monetarios y el gasto por mantenimiento de cada año de vida útil de la inversión.

Año	Generación(kWh)	Precio kWh (€)	Ahorro en kWh (€)	Gasto mantenimiento(€)	VAN
1	3.123.981,00	0,08138597	254.248,22 €	29.804,00 €	-1.633.592,78 €
2	3.099.187,50	0,08219983	254.752,68 €	30.102,04 €	-1.408.942,13 €
3	3.074.590,77	0,083021828	255.258,15 €	30.403,06 €	-1.184.087,05 €
4	3.050.189,26	0,083852046	255.764,61 €	30.707,09 €	-959.029,53 €
5	3.025.981,41	0,084690567	256.272,08 €	31.014,16 €	-733.771,61 €
6	3.001.965,68	0,085537472	256.780,56 €	31.324,30 €	-508.315,36 €
7	2.978.140,56	0,086392847	257.290,04 €	31.637,55 €	-282.662,86 €
8	2.954.504,52	0,087256776	257.800,54 €	31.953,92 €	-56.816,24 €
9	2.931.056,07	0,088129343	258.312,05 €	32.273,46 €	169.222,34 €
10	2.907.793,72	0,089010637	258.824,57 €	32.596,20 €	395.450,72 €
11	2.884.716,00	0,089900743	259.338,11 €	32.922,16 €	621.866,67 €
12	2.861.821,42	0,090799751	259.852,67 €	33.251,38 €	848.467,96 €
13	2.839.108,56	0,091707748	260.368,25 €	33.583,89 €	1.075.252,32 €
14	2.816.575,95	0,092624825	260.884,86 €	33.919,73 €	1.302.217,44 €
15	2.794.222,17	0,093551074	261.402,48 €	34.258,93 €	1.529.361,00 €
16	2.772.045,80	0,094486584	261.921,14 €	34.601,52 €	1.756.680,62 €
17	2.750.045,44	0,09543145	262.440,82 €	34.947,53 €	1.984.173,91 €
18	2.728.219,68	0,096385765	262.961,54 €	35.297,01 €	2.211.838,44 €
19	2.706.567,15	0,097349622	263.483,29 €	35.649,98 €	2.439.671,75 €
20	2.685.086,45	0,098323119	264.006,07 €	36.006,48 €	2.667.671,35 €
Total	57.985.799,13		5.181.962,74 €	656.254,40 €	2.667.671,35 €

Tabla 13. Retorno de la inversión

El ROI se calcula como:

$$ROI(\%) = \frac{\text{Ingresos} - \text{Gastos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100 = \frac{\text{Beneficio} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$$

Ecuación 6. Ecuación general del ROI

Tomando los ingresos como el ahorro en kWh y los gastos de mantenimiento se obtiene la siguiente ecuación:

$$ROI(\%) = \frac{5.181.962,74 - 656.254,4 - 1.858.037}{1.858.037} \times 100 = 144\%$$

Ecuación 7. Cálculo del ROI

Lo que significa que, por cada euro invertido, se obtienen 1,44€ de retorno.

El Valor Actual Neto de la inversión (VAN) se calcula como:

$$VAN = -\text{Inversión} + \sum_{n=1}^{n=2} \frac{FCn}{(1+t)^{n-1}}$$

Ecuación 8. Ecuación general del VAN

Donde inversión representa el desembolso inicial y el sumatorio representa los flujos de caja de cada año actualizados con la tasa de descuento t. En este caso, como ya tenemos todos los flujos de caja actualizados en la [tabla 13](#), se calcula el VAN como:

$$VAN = -1.858.037 + (5.181.962,74 - 656.254,40) = 2.667.671,35 \text{ €}$$

Ecuación 9. Cálculo del VAN

El VAN es positivo, lo que significa que la inversión es rentable. Además, este valor se iguala a cero en el año 8, lo que significa que el periodo de retorno de la inversión se establece entre ocho y nueve años.

Capítulo 9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Las energías renovables son una gran solución al problema que supone el uso de combustibles fósiles para la obtención de energía. El cambio climático, que se manifiesta principalmente con la subida de las temperaturas y el aumento del nivel del mar debido al descongelamiento glaciar, lleva siendo desde hace muchos años un problema global al que cada vez se da más importancia. Este cambio climático se ve potenciado por la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero, como el metano o el dióxido de carbono. El dióxido de carbono es liberado al quemar combustibles fósiles, como puede ocurrir en una central de ciclo combinado.

La instalación fotovoltaica llevada a cabo en el proyecto genera electricidad de forma limpia, obteniéndola de un recurso renovable como es el sol. Toda la energía producida por esta instalación será energía que no hará falta obtener de la red eléctrica, cuya energía es obtenida en gran parte proveniente de fuentes no renovables. Según datos recogidos en un informe sobre factores de emisión de las distintas comercializadoras energéticas del Ministerio para la transición ecológica y el reto democrático, el Factor del mix energético en 2019 (kg CO₂/kWh) por parte de la comercializadora asociada al centro es de 0,2 kg CO₂/kWh. Entendiendo que el mix energético va a ir evolucionando a lo largo de los próximos años hacia un mix formado por más energías renovables y valorando el factor de años anteriores, se han realizado los cálculos teniendo en cuenta que cada año se va a reducir un 5% este factor, obteniéndose la siguiente tabla de kg de CO₂.

Año	Generación (kWh)	Factor	kg CO ₂
1	3123981,000	0,200	624.796,20
2	3099187,500	0,190	588.845,63
3	3074590,774	0,181	554.963,63
4	3050189,260	0,171	523.031,20
5	3025981,408	0,163	492.936,15
6	3001965,683	0,155	464.572,76
7	2978140,559	0,147	437.841,39
8	2954504,522	0,140	412.648,14
9	2931056,074	0,133	388.904,50
10	2907793,724	0,126	366.527,06
11	2884715,996	0,120	345.437,21
12	2861821,425	0,114	325.560,86
13	2839108,556	0,108	306.828,19
14	2816575,949	0,103	289.173,39
15	2794222,171	0,098	272.534,45
16	2772045,805	0,093	256.852,90
17	2750045,441	0,088	242.073,67
18	2728219,684	0,084	228.144,83
19	2706567,147	0,079	215.017,44
20	2685086,455	0,075	202.645,41
Total	57.985.799,13		7.539.335,01

Tabla 14. Emisión de CO₂ evitada

El total de kg CO₂ que se evita que se emitan a la atmósfera es de 7.539.335 kg.

Según los estándares de estudios medioambientales, un vehículo emite, por término medio, alrededor de 120g de CO₂ por kilómetro recorrido y un árbol adulto retiene media tonelada de CO₂ al año. Siguiendo estos estándares, con la instalación se conseguiría un ahorro de CO₂ equivalente a recorrer 62.827.791 km en coche o plantar 15.078 árboles, o lo que es lo mismo, alrededor de un 80% del número de árboles que hay en el parque del retiro.

Otros beneficios adicionales para el medio ambiente:

- **Ruido:** El sistema fotovoltaico es muy silencioso. Es un aspecto muy importante a tener en cuenta ya la instalación se encuentra en un ambiente de trabajo.
- **Suelo y Geología:** Los materiales empleados en la fabricación de los paneles son principalmente silicio y aluminio, elementos muy abundantes en la naturaleza. No se generan vertidos ni contaminantes. No es necesaria la modificación del suelo ni del entorno para la implementación del sistema fotovoltaico.
- **Refrigeración:** Los propios paneles disipan el efecto calorífico que el sol tiene sobre el edificio. Además, se genera una corriente de convección entre los paneles y la cubierta, ventilando naturalmente. Esto conlleva al menor uso de energía para la refrigeración del centro, especialmente en los meses de julio y agosto.

Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] www.ibcsolar.com
- [2] www.Solar-energia.net
- [3] S. P. Bremner, Levy, M. Y., y Honsberg, C. B., «Analysis of tandem solar cell efficiencies under {AM1.5G} spectrum using a rapid flux calculation method», Progress in Photovoltaics: Research and Applications, vol. 16, pp. 225–233, 2008.
- [4] Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (Noviembre 2019: Última versión actualizada y completada)
- [5] www.boe.es
- [6] www.solarweb.com
- [7] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [8] https://www.ree.es/sites/default/files/1912_NP_Cierre_2019.pdf Nota de prensa “Previsiones de cierre de año de Red Eléctrica” de Red Eléctrica de España.
- [9] Avance del Informe del sistema eléctrico español 2019 de Red Eléctrica de España https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElctrico/2020/Avance_ISE_2019.pdf
- [10] <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-historia-de-la-electricidad>
- [11] https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html
- [12] El periódico de la energía. www.elperiodicodelaenergia.com
- [13] <https://www.opengy.com/el-precio-del-pool-como-funciona-y-que-variables-influyen/>
- [14] Operador de mercado eléctrico designado OMIE www.omie.es
- [15] EU Science Hub. Comisión Europea <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [16] SEAE Documento básico de seguridad estructural y acción sobre la edificación.
- [17] Informe sobre factores de emisión de las distintas comercializadoras energéticas del Ministerio para la transición ecológica y el reto democrático. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf
- [18] Artículo “Why it Matters” de las Naciones Unidas respecto a la acción por el clima. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/13-Spanish_Why-it-Matters.pdf

ANEXO I



**EEEEASILY
MORE.**

Excellent. Efficient. Expert.

De Voordeel-Modules van de IBC SOLAR Line.

IBC MonoSol 330, 335, 340 MS-HC

Eerste klas solar module uit monokristallijn silicium (PERC cel concept)



25 jaar lineaire vermogens- en 15 jaar productgarantie¹



Positieve vermogenstolerantie (-0/+3 %)



Verhoogde mechanische stabiliteit (5400 Pa)



Duitse garantieverlener



100% geteste kwaliteit; PID getest



Verbeterde schaduw management dankzij de half-cut-technologie

**IBC SOLAR – wereldwijd een sterke partner voor zonne-
stroom**

IBC SOLAR AG is sinds meer dan **35 jaar** succesvol en behoort tot een van de internationale leidende energie bedrijven, die met intelligente photovoltaïsche systemen vermogenssterke installaties in ieder formaat en voor iedere aanwending biedt.

De **economische kracht en financiële onafhankelijkheid** worden door wereldwijde rating bureaus bevestigd.

Smart Systems for Solar Power dankzij perfect op elkaar afgestemde componenten, **meer dan 1.000 hoog gekwalificeerde partners** wereldwijd, evenals **meer dan 4.200 Megawatt geïnstalleerd vermogen** en meer dan **160.000 photovoltaïsche systemen** pleiten voor de hoge competentie van IBC SOLAR.

Overtuigt u zich van de energie oplossing van IBC SOLAR!

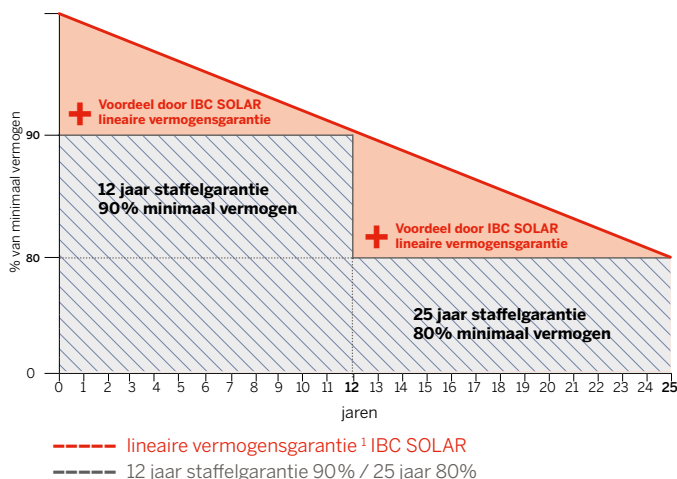
TECHNISCHE DATA

IBC MonoSol	330 MS-HC	335 MS-HC	340 MS-HC
Artikelnummer	2002800029 2002800030 2002800031	2002800024 2002800027	2002800025 2002800028
Elektrische data (STC):			
STC Vermogen Pmax (Wp)	330	335	340
STC Nominaal spanning Umpp (V)	33.8	34.0	34.2
STC Nominaal stroom Imp (A)	9.77	9.86	9.95
STC Open circuit spanning Uoc (V)	41.3	41.5	41.7
STC Kortsluitstroom Isc (A)	10.61	10.73	10.82
Module rendement (%)	19.6	19.9	20.1
Vermogenstolerantie (Wp)	-0/+3%	-0/+3%	-0/+3%

Elektrische data (NOCT):			
800 W/m ² NOCT AM 1.5 Vermogen Pmax (Wp)	266.45	270.18	273.48
800 W/m ² NOCT AM 1.5 Nominaal spanning Umpp (V)	33.9	34.2	34.1
800 W/m ² NOCT AM 1.5 Open circuit spanning Uoc (V)	41.0	41.2	41.3
800 W/m ² NOCT AM 1.5 Kortsluitstroom Isc (A)	8.25	8.29	8.44
Relatieve werkingsgraad reductie bij 200 W/m ² (%)	3.0	3.0	3.0

Temperatuur coëfficiënt:			
NOCT (°C)	45	45	45
Tempcoëff Isc (%/°C)	+0.048	+0.048	+0.048
Tempcoëff Voc (mV/°C)	-115.64	-116.20	-116.76
Tempcoëff Pmpp (%/°C)	-0.36	-0.36	-0.36

25 jaar lineaire garantie van IBC SOLAR



¹ De lineaire vermogens- en productgarantie geldt alleen bij installatie binnen Europa en Japan. Garantie is alleen geldig wanneer betrokken product is geïnstalleerd in overeenstemming met de geldende montage-instructies. Standaard testvoorwaarden: instraling 1000W/m² bij spectrale verdeling van AM 1.5 en een cel temperatuur van 25°C. 800 W/m², NOCT. Declaratie volgens EN 60904-3 (STC). Alle waarden volgens DIN EN 50380. Fouten en veranderingen voorbehouden. De exacte voorwaarden en inhoud ontleent u de product- en vermogensgarantie in de actuele versie, te verkrijgen via uw IBC partner.

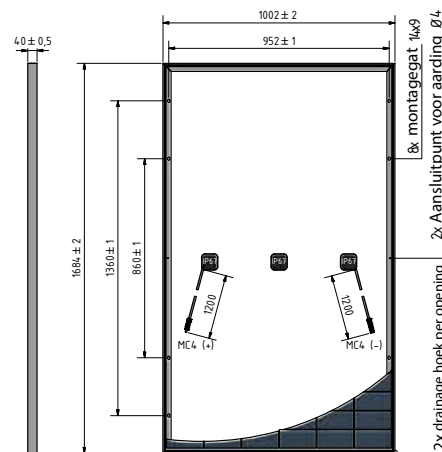
² Getest volgens IEC 61215, max. toegelaten vermogen is overeenkomstig de planningsvermogen/design vermogen.

Omgevingsparameters:	
Max. systeemspanning (V)	1500
Toepassingsklasse	A
Max. terugstroom Ir (A)	20
Stroomsterkte stringzekering (A)	15
Zekering voor parallelle strings	3

Mechanische eigenschappen:	
Afmetingen (L x B x H in mm)	1684 x 1002 x 40
Gewicht (kg)	19.0
Max. Test vermogen, druk/trek (Pa)	5400/2400
Max. Toegelaten vermogen ² , druk/trek (Pa)	3600/1600
Front sheet (mm)	3.2 (laag ijzergehalte solar glas en anti-reflectie coating)
Frame	stabiel geanodiseerd aluminium frame
Cellen	12 x 10 monokristallijne silicium cellen
Connector type	EVO2

Garanties en certificaten:	
Productgarantie	15 jaar ¹
Vermogensgarantie	25 jaar, lineair ¹
Certificering	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001

Verpakking gegevens:	
Aantal modules per pallet	26
Aantal pallets per 40' container	26
Afmetingen incl. pallet (L x B x H in mm)	1729 x 1105 x 1170
Bruto gewicht incl. pallet (kg)	537
Stapelbaarheid per pallet	3-maal



Gepresenteerd door:

ANEXO II

Smart Systems
for Solar Power



Bad Staffelstein, July 1, 2020

Declaration IBC MonoSol 335 MS-HC ARC glass

To whom it may concern,

Hereby IBC SOLAR AG confirms, that the solar modules **IBC MonoSol 335 MS-HC** use ARC (anti-reflection coated) glass.

With sunny regards

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Baier M.", written over a horizontal line.

i.A. Manuel Baier
Product management solar modules
IBC SOLAR AG

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "i.V. Anzi Antje", written over a horizontal line.

i.V. Anzi Antje
Director, SI
IBC SOLAR AG

IBC SOLAR AG
Postbox 1107 · Am Hochgericht 10
96231 Bad Staffelstein/Germany
Phone +49 95 73 / 92 24-0 · Fax 92 24-111

ANEXO III

SUN2000-100KTL-M1

Smart String Inverter



10
MPP Trackers



98.8% (@480V)
Max. Efficiency



String-level
Management



Smart I-V Curve Diagnosis
Supported



MBUS
Supported



Fuse Free
Design

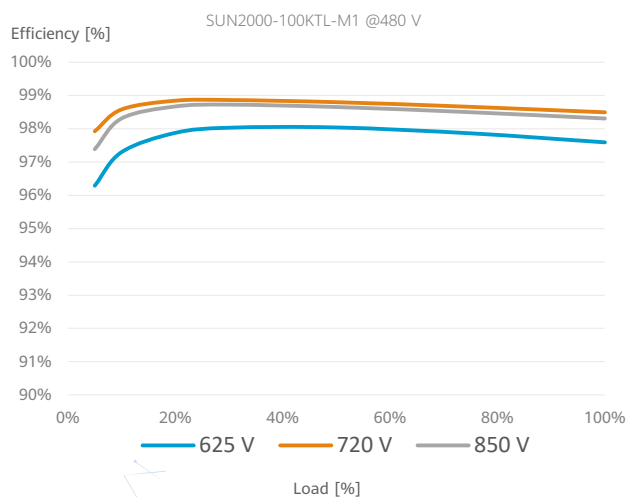


Surge Arresters for
DC & AC

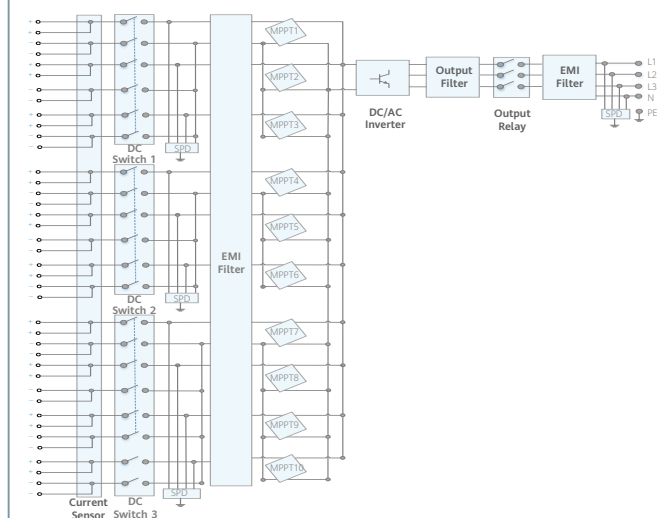


IP66
Protection

Efficiency Curve



Circuit Diagram



Technical Specification	SUN2000-100KTL-M1
Efficiency	
Max. efficiency	98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V
European efficiency	98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of MPP trackers	10
Max. number of inputs	20
Output	
Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. Output Current	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)	90 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

^{*1} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

^{*2} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

Version No.:03-(20200409)

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

ANEXO IV

SUN2000-60KTL-M0

Smart String Inverter



Smart

12 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.7%



Safe

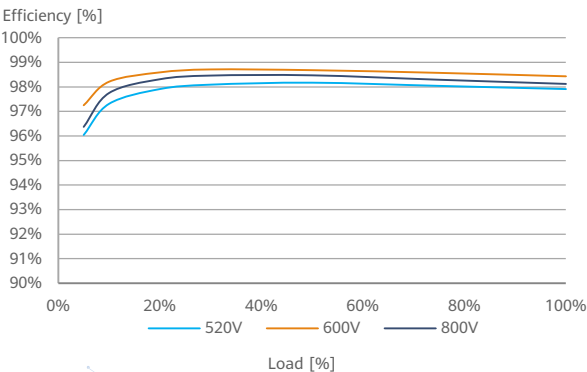
Fuse free design



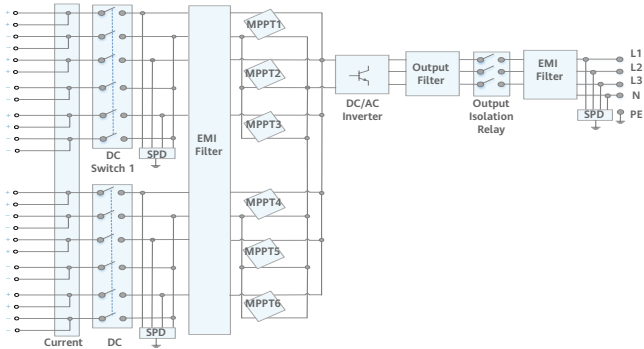
Reliable

Type II surge arresters for DC & AC

Efficiency Curve



Circuit Diagram



SUN2000-60KTL-M0

SUN2000-60KTL-M0
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-60KTL-M0
-------------------------	------------------

Efficiency	
Max. efficiency	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
European efficiency	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V

Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers	6
Max. number of inputs	12

Output	
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings; 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. Output Current	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Communication	
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)

General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2 W

Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

*1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
 *2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

ANEXO V

SUN2000-36KTL

Smart String Inverter



Inteligente

Monitorización a nivel de strings



Eficiente

Eficiencia máxima del 98,6 %



Seguro

Diseño sin fusibles



Confiable

Descargadores de sobretensión tipo II de CC y CA

Curva de eficiencia

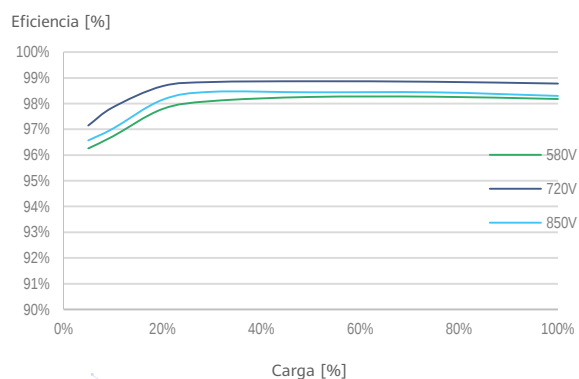
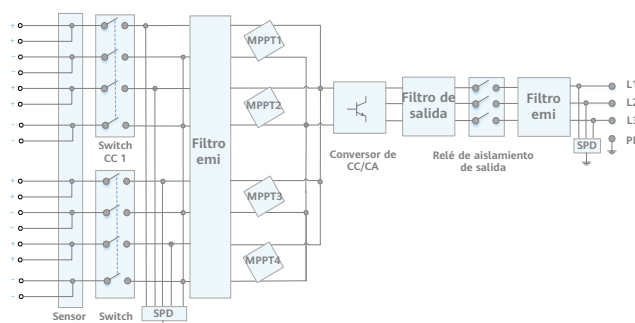


Diagrama de bloques



SUN2000-36KTL

SUN2000-36KTL

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000-36KTL
---------------------------	---------------

Eficiencia	
Máxima eficiencia	98.8% @480 V; 98.6% @380 V / 400 V
Eficiencia europea ponderada	98.6% @480 V; 98.4% @380 V / 400 V

Entrada	
Tensión máxima de entrada ¹	1,100 V
Corriente de entrada máxima por MPPT	22 A
Corriente de cortocircuito máxima	30 A
Tensión de arranque	250 V
Tensión de funcionamiento MPPT ²	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	620 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Cantidad de rastreadores MPP	4
Cantidad máxima de entradas por MPPT	8

Salida	
Potencia activa	36,000 W
Max. Potencia aparante de CA	40,000 VA
Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1)	Default 40,000 W; 36,000 W opcional en la configuración
Tensión nominal de salida	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE opcional en la configuración 277 V / 480 V, 3W + PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad nominal de salida	54.6 A @380 V, 52.2 A @400 V, 43.4 A @480 V
Max. intensidad de salida	60.8 A @380 V, 57.8 A @400 V, 48.2 A @480 V
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo
Distorsión armónica total máxima	< 3%

Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Monitorización a nivel de string	Sí
Descargador de sobretensiones de CC	Type II
Descargador de sobretensiones de CA	Type II
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí
Monitorización de corriente residual	Sí

Comunicación	
Display	Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485	Sí
USB	Sí
Monitorización de BUS (MBUS)	Sí

Datos generales	
Dimensiones (W x H x D)	930 x 550 x 283 mm
Peso (incluida ménsula de montaje)	62 kg
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C
Enfriamiento	Convección natural
Max. Altitud de operación	4,000 m
Humedad de operación relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Amphenol Helios H4
Conector CA	Terminal PG impermeable + conector OT
Grado de protección	IP65
Topología	Sin transformador
Consumo de noche la durante energía	< 2.5 W

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)	
Seguridad	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Estándares de conexión a red eléctrica	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2

*1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
 *2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.