



ANEXO I: PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

1- INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se realizará el predimensionamiento del sistema fotovoltaico. La energía generada por el sistema será utilizada para el consumo eléctrico de la instalación, incluyendo luminaria, maquinaria eléctrica y riego. Además, el excedente será vendido a la red obteniendo una retribución a cambio.

En primer lugar, se estudiarán las diferentes alternativas que ofrece actualmente el mercado y, a través de una estimación preliminar, se seleccionará con el tipo de sistemas con mayor retorno de la inversión.

2- EMPLAZAMIENTO

La superficie disponible es de 76,94 hectáreas divididas en 12 zonas. Cada zona dispone de una superficie de 6,41 hectáreas, con 302,24 metros de largo y 215,44 metros de ancho.

Las coordenadas de la ubicación:

- Latitud: 38.768° N
- Longitud: -3.194° W

Como se muestra en la figura 1, el emplazamiento está formado por 12 sectores de 6,41 hectáreas cada uno.

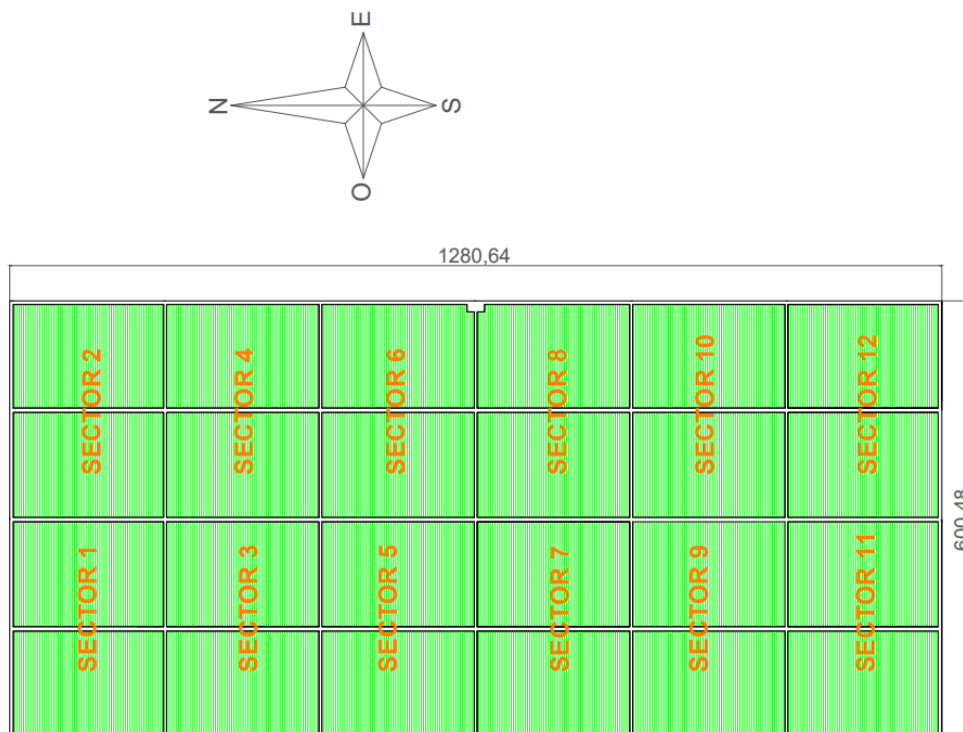


Figura 1: Sectorización del emplazamiento.

3- RECURSO SOLAR

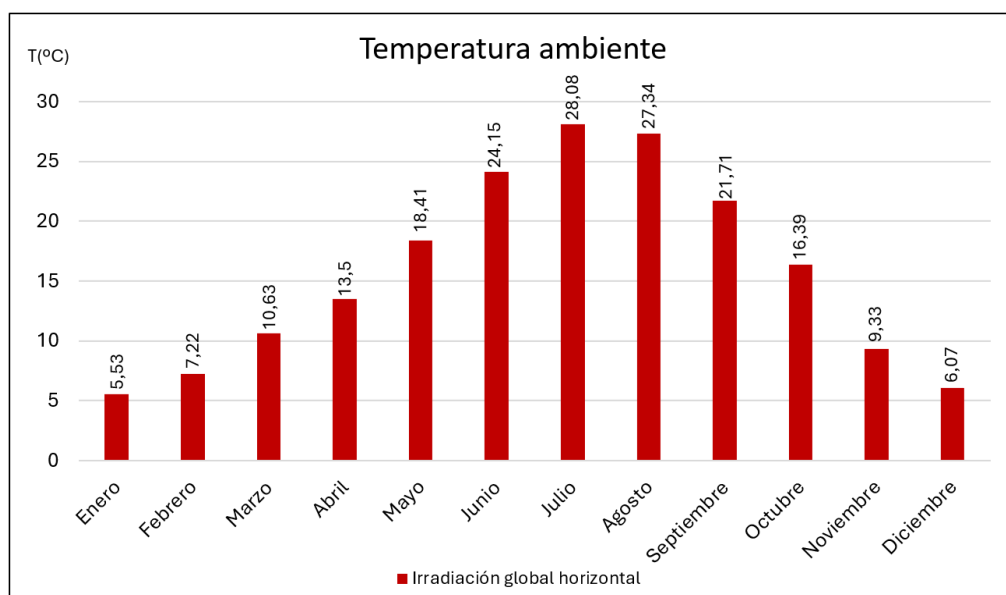
Para diseñar un sistema fotovoltaico en una plantación de viñedo en Valdepeñas, Ciudad Real, es fundamental entender el recurso solar disponible en la región. Este análisis incluye datos técnicos sobre la radiación solar, la irradiación y otros factores que afectan la generación de energía solar.



Figura 2: Radiación solar en España.

-Temperatura

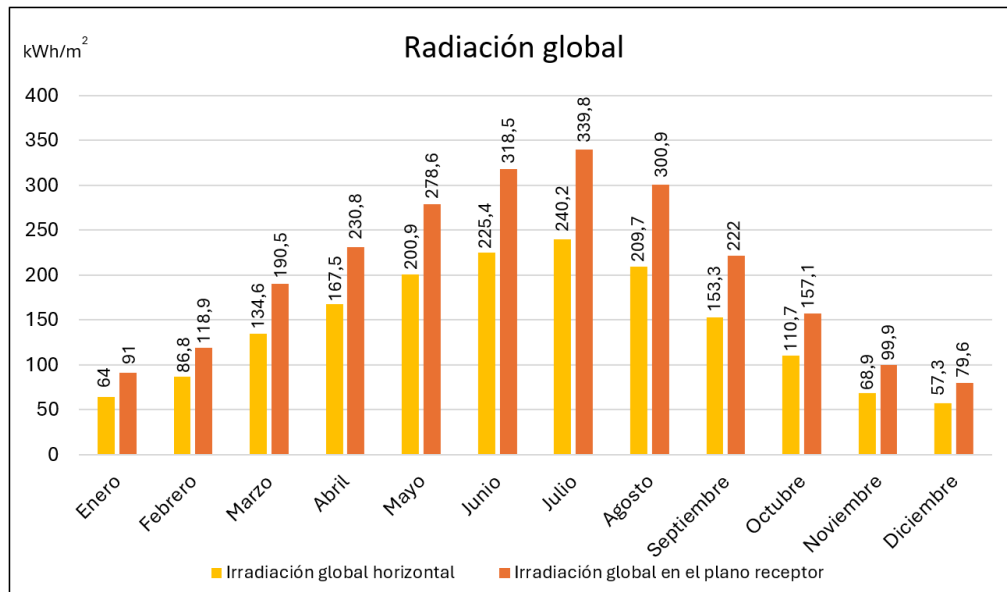
La temperatura media anual será de 15,75°C.



Gráfica 1: Temperatura ambiente en emplazamiento.

- Radiación Global

La radiación solar es una medida de la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra y se expresa en kWh/m². En Valdepeñas, los datos de radiación solar son favorables para la instalación de sistemas fotovoltaicos. Según la gráfica 2, la planta contará con una radiación global anual de 1.719,3 kWh/m² en plano horizontal y de 2.427,4 kWh/m² en el plano receptor de la instalación (sistema de orientación en eje horizontal).



Gráfica 2: Radiación global.

- Índice de Insolación:

El índice de insolación anual en Valdepeñas es alto, lo que indica una buena disponibilidad de luz solar durante la mayor parte del año. Esto es favorable para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

4- ALTERNATIVAS SEGÚN EL SISTEMA

A continuación, se obtienen datos de generación eléctrica en función del tipo de sistema. Posteriormente, se realizará una aproximación del coste e ingresos de cada sistema. Al ser una tecnología emergente, los precios serán orientativos (en el apartado 7 se realizará un estudio económico específico y completo del sistema seleccionado). Finalmente, a partir de la viabilidad económica y técnica de cada sistema, se seleccionará el sistema a implementar en nuestro proyecto. Se diferencia entre:

- Sistema fijo
- Sistema fijo con paneles semitransparentes
- Sistema con orientación a 1 eje N-S
- Sistema con orientación a 1 eje E-O

4.1 SISTEMA FIJO

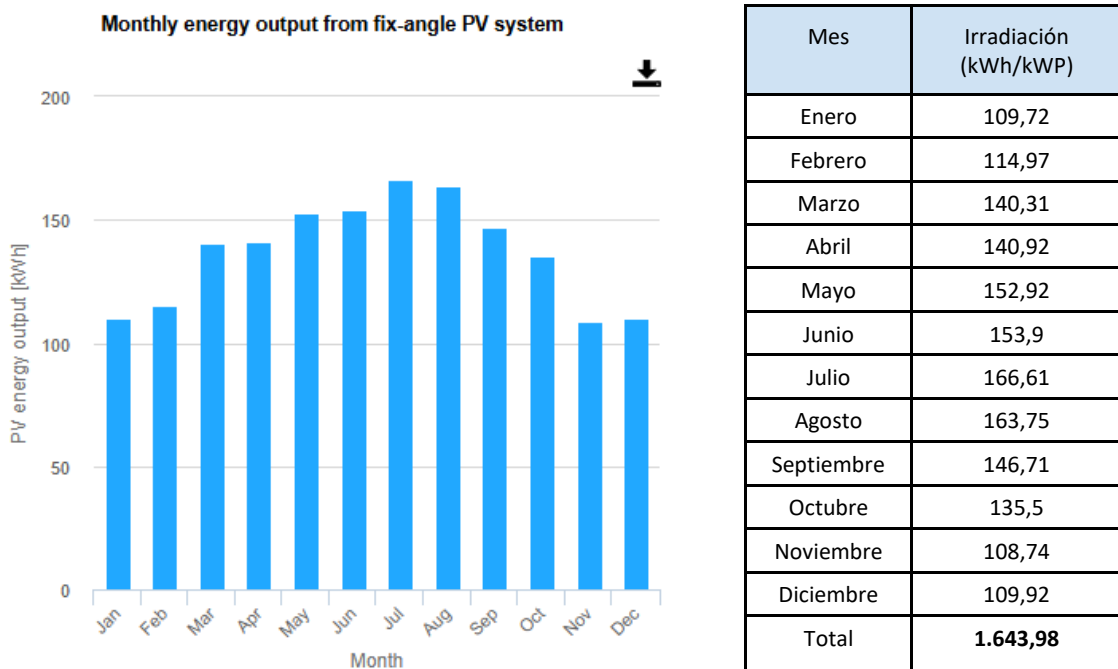
A continuación, se estudiará un sistema fotovoltaico fijo con inclinación óptima.

Este tipo de estructura daría siempre sombra a los cultivos. Esto no interesa para el óptimo desarrollo de los cultivos. Por lo tanto, la opción más interesante sería solo instalación fotovoltaica en una parte del emplazamiento total.

DATOS DE GENERACIÓN

Para la simulación de datos de generación, se utiliza el programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Simplemente se deben introducir los siguientes datos:

- **Coordenadas.** Ubicación de la parcela.
- **Potencia instalada.** En este caso, introducimos un valor genérico de 1 kWh y, de esta forma se observa cuánta energía (kWh) por potencia instalada (kW).
- **Pérdidas del sistema.** Se introduce el valor genérico de 14%.
- **Azimet=0°**
- **Inclinación= 36° (óptimo)**



Gráfica 3: Generación eléctrica en sistema fijo.

Se obtendría una energía anual de **1.643,98 kWh/kW** instalado, lo que es igual a **1.643,98 MWh/MW**.

DATOS ECONÓMICOS

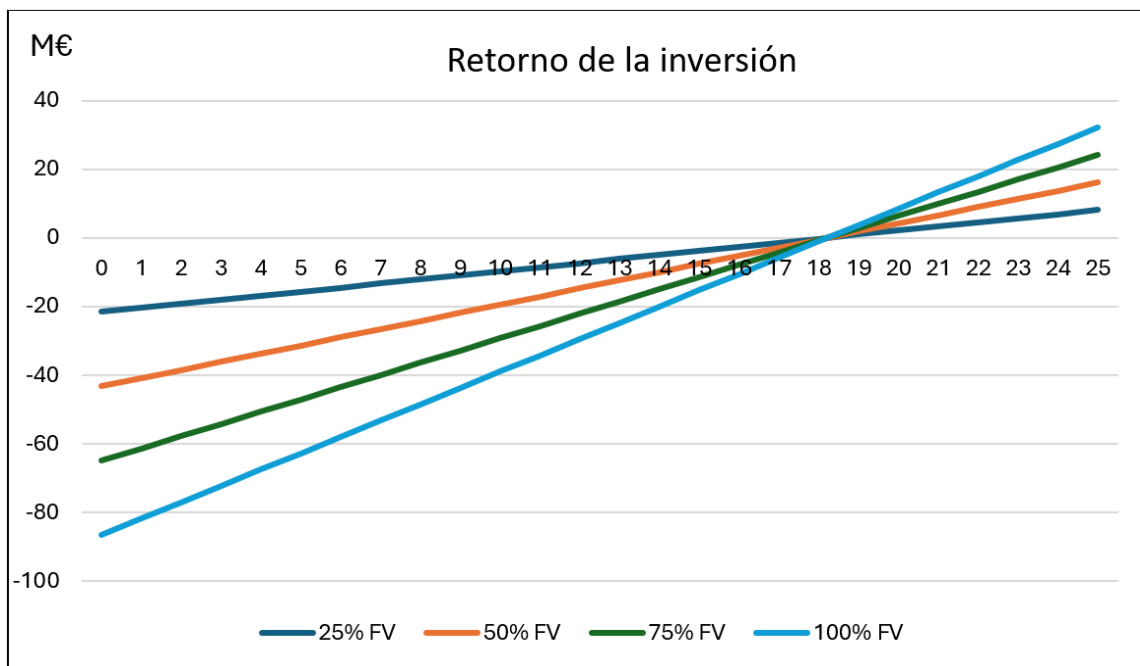
A continuación, se estima de forma aproximada el estudio económico del sistema fotovoltaico fijo con cuatro alternativas:

- 25% de fotovoltaica de la superficie total: 19,2 hectáreas.
- 50% de fotovoltaica de la superficie total: 38,5 hectáreas.
- 75% de fotovoltaica de la superficie total: 57,7 hectáreas.
- 100% de fotovoltaica de la superficie total: 76,9 hectáreas.

Además se estima que por hectárea se podrá colocar 1,25 MW de fotovoltaica.

En este caso, el coste inicial aproximado será de entre 750.000 euros y 1.100.000 por MW instalado. Se calculará con una base de 900.000 euros por MW. El precio aumenta debido a la estructura, que deberá ser de 4,5 metros.

Respecto a la venta de energía se calcula aproximando al precio de un PPA, por lo que se nota un valor de 30,5 euros/MWh.



Gráfica4: Retorno de la inversión en sistema fijo.

Se obtiene un periodo de retorno de la inversión de **18,27 años**.

4.2 SISTEMA FIJO CON PANELES SEMITRANSSPARENTES

A continuación, se estudiará un sistema fotovoltaico fijo con paneles semitransparentes.

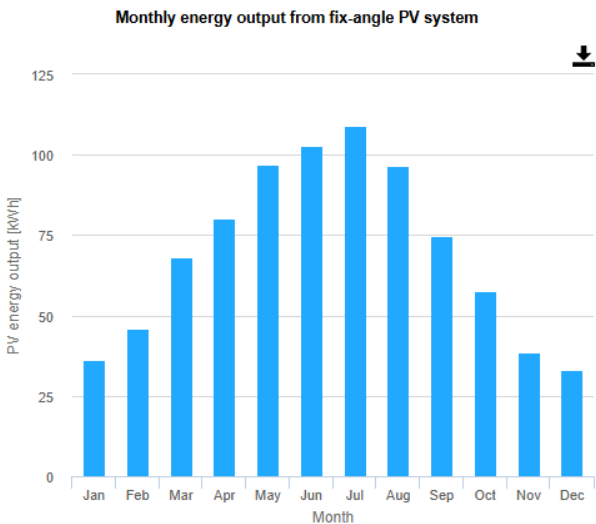
Los **paneles solares semitransparentes** son una solución ideal para proyectos agrovoltaicos, donde la generación de energía fotovoltaica se combina con la agricultura en el mismo terreno. Estos paneles permiten que una parte de la luz solar pase a través de ellos, proporcionando la iluminación necesaria para el crecimiento de los cultivos debajo, mientras capturan la energía restante para generar electricidad. Esta tecnología optimiza el uso del suelo, aumentando la productividad agrícola y energética simultáneamente, al mismo tiempo que protege los cultivos de condiciones climáticas extremas, mejorando la sostenibilidad y la rentabilidad de las explotaciones agrícolas.

DATOS DE GENERACIÓN

Para la simulación de datos de generación, se utiliza el programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Simplemente se deben introducir los siguientes datos:

- **Coordenadas.** Ubicación de la parcela.
- **Potencia instalada.** En este caso, introducimos un valor genérico de 1 kWh. De esta forma se observa cuánta energía (kWh) por potencia instalada (kW).
- **Pérdidas del sistema.** Se introduce el valor genérico de 14%. No obstante, cada panel fotovoltaico semitransparente tiene entre un 30-50% menos potencia que un panel normal y, por ello, se le reduce un 40% la energía calculada.
- **Azimet=0º**
- **Inclinación= 0º**

DATOS DE GENERACIÓN



Mes	Irradiación (kWh/kWP)
Enero	36,15
Febrero	45,77
Marzo	68,08
Abril	80,15
Mayo	97,01
Junio	102,84
Julio	108,99
Agosto	96,60
Septiembre	74,75
Octubre	57,70
Noviembre	38,47
Diciembre	33,18
Total	839,69

Gráfica 5:Datos de generación eléctrica en sistema fijo.

Se obtendría una energía anual de **839,69 kWh/kW** instalado, lo que es igual a **839,69 MWh/MW**.

DATOS ECONÓMICOS

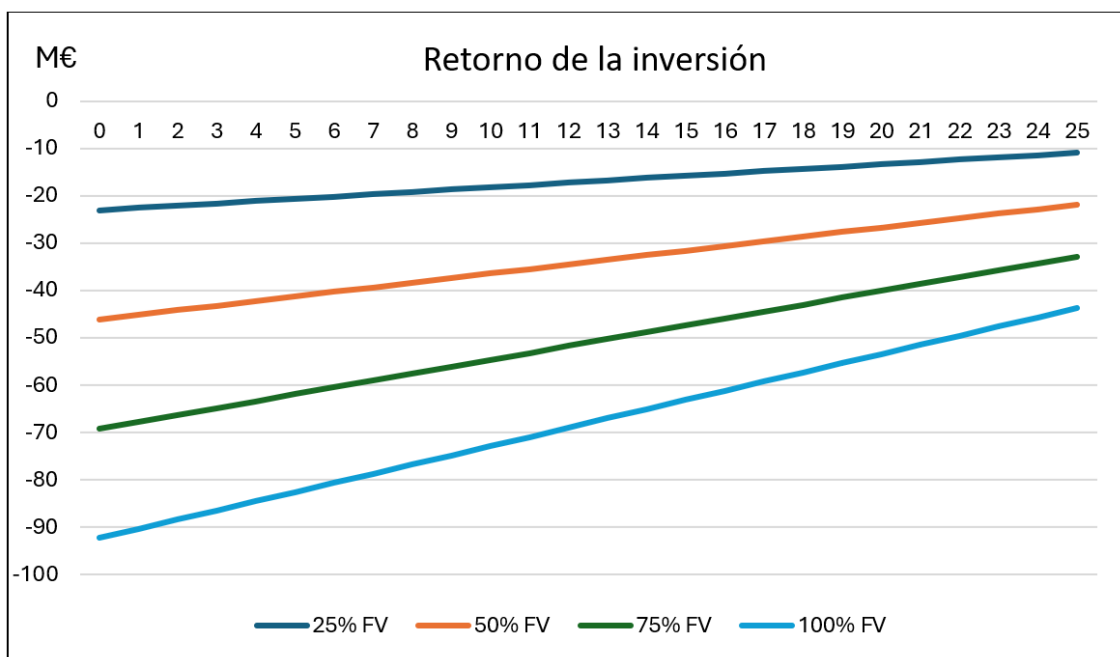
A continuación, se estima de forma aproximada el estudio económico del sistema fotovoltaico fijo con cuatro alternativas:

- 25% de fotovoltaica de la superficie total: 19,2 hectáreas.
- 50% de fotovoltaica de la superficie total: 38,5 hectáreas.
- 75% de fotovoltaica de la superficie total: 57,7 hectáreas.
- 100% de fotovoltaica de la superficie total: 76,9 hectáreas.

Se podrá colocar de 0,8-1,2 MWp por hectárea. En esta estimación inicial se calcula con 1 MW/ha.

El coste inicial aproximado será de entre 1.000.000 euros y 1.400.000 por MW instalado debido a que se trata de una tecnología novedosa.

Respecto a la venta de energía se calcula aproximando al precio de un PPA, por lo que se nota un valor de 30,5 euros/MWh.



Gráfica 6: Retorno de la inversión en sistema fijo con paneles semitransparentes.

No se consigue rentabilizar en los 25 años. El bajo rendimiento de las células y el alto coste de este tipo de tecnología complica la inversión. Sin embargo, se presenta como una opción muy interesante cuando se alcancen productos con precios competitivos.

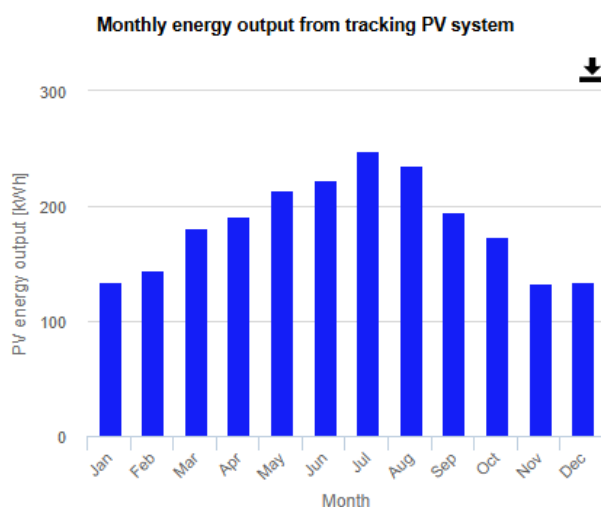
4.3 SISTEMA A 1 EJE

Los **sistemas fotovoltaicos con orientación a un eje** están diseñados para maximizar la captura de energía solar a lo largo del día. Equipados con un mecanismo de seguimiento que ajusta la posición de los paneles en función del movimiento del sol, estos sistemas optimizan el ángulo de incidencia de la luz solar, aumentando significativamente la generación de energía en comparación con los sistemas fijos.

DATOS DE GENERACIÓN

Para la simulación de datos de generación, se utiliza el programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Simplemente se deben introducir los siguientes datos:

- **Coordenadas.** Ubicación de la parcela.
- **Modo:** Tracking PV
- **Potencia instalada.** En este caso, introducimos un valor genérico de 1 kWh. De esta forma se observa cuánta energía (kWh) por potencia instalada (kW).
- **Pérdidas del sistema.** Se introduce el valor genérico de 14%.
- **Tipo de seguimiento:** Eje inclinado
- **Inclinación= 0º**



Mes	Irradiación (kWh/kWP)
Enero	134,04
Febrero	143,95
Marzo	181,4
Abril	190,64
Mayo	213,47
Junio	223,41
Julio	247,59
Agosto	235,48
Septiembre	195,37
Octubre	173,11
Noviembre	132,7
Diciembre	134,21
Total	2.205,4

Gráfica 7: Generación eléctrica en sistema de 1 eje.

Se obtendría una energía anual de **2.205,4 kWh/kW** instalado, lo que es igual a **2.205,4 MWh/MW**.

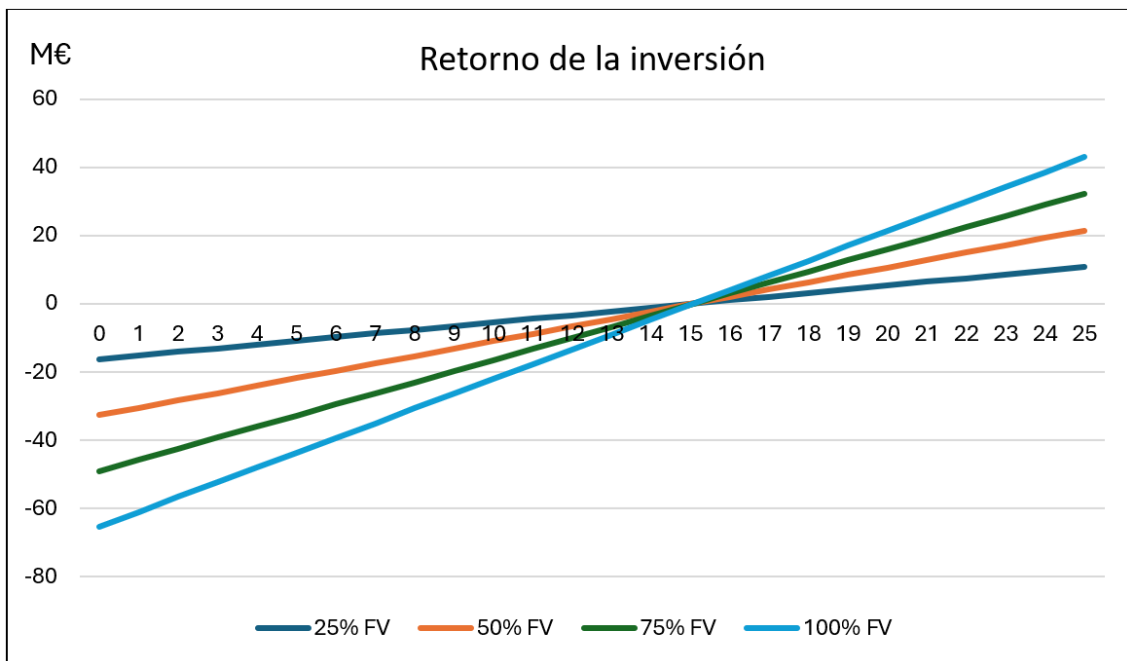
DATOS ECONÓMICOS

A continuación, se estima de forma aproximada el estudio económico del sistema fotovoltaico fijo con cuatro alternativas:

- 25% de fotovoltaica de la superficie total: 19,2 hectáreas.
- 50% de fotovoltaica de la superficie total: 38,5 hectáreas.
- 75% de fotovoltaica de la superficie total: 57,7 hectáreas.
- 100% de fotovoltaica de la superficie total: 76,9 hectáreas.

En este caso, el coste inicial aproximado será de entre 800.000 euros y 1.200.000 por MW instalado. Respecto a la venta de energía se calcula aproximando al precio de un PPA, por lo que se nota un valor de 30,5 euros/MWh.

Se podrán colocar entre 0,7-0,1 MW por hectárea.



Gráfica 8: Retorno de la inversión en sistema de 1 eje.

Se obtiene un periodo de retorno de la inversión de **15,08 años**.

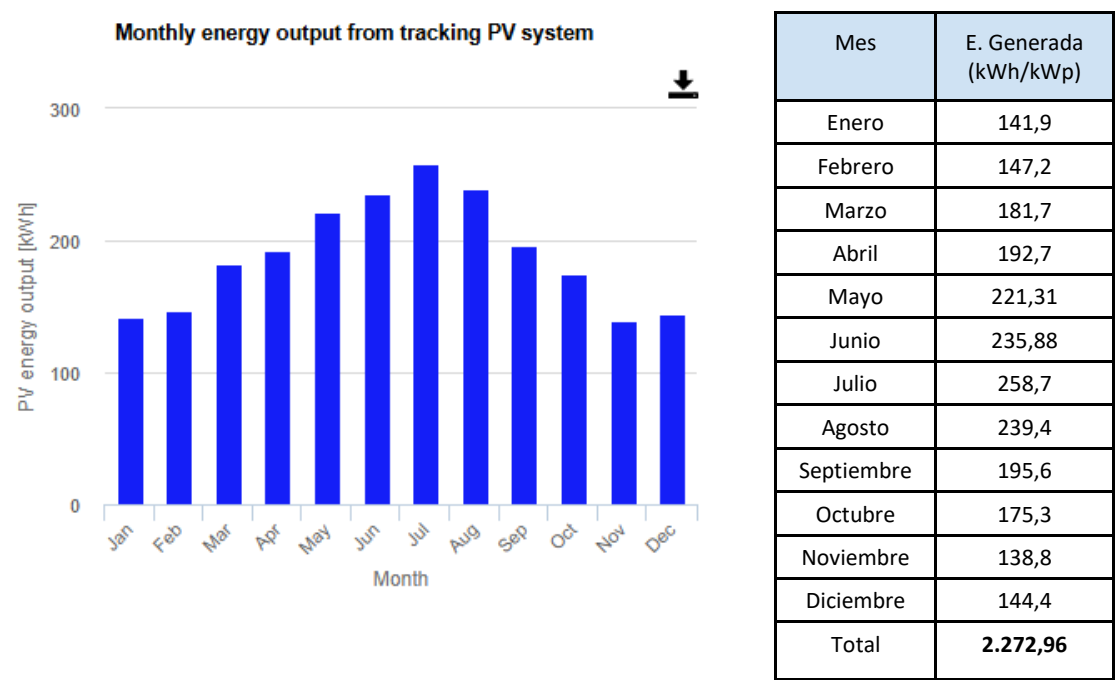
4.4 SISTEMA A 2 EJES

En proyectos agrovoltaicos, los **sistemas fotovoltaicos con seguimiento a dos ejes** optimizan la captura de energía solar al ajustar los paneles en dos direcciones para seguir al sol durante todo el día. Esta tecnología aumenta significativamente la generación de energía mientras ofrece sombra parcial que protege los cultivos y mejora su crecimiento. Ideal para maximizar el rendimiento tanto energético como agrícola en espacios compartidos.

DATOS DE GENERACIÓN

Para la simulación de datos de generación, se utiliza el programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Simplemente se deben introducir los siguientes datos:

- **Coordenadas.** Ubicación de la parcela.
- **Modo:** Tracking PV
- **Potencia instalada.** En este caso, introducimos un valor genérico de 1 kWh. De esta forma se observa cuánta energía (kWh) por potencia instalada (kW).
- **Pérdidas del sistema.** Se introduce el valor genérico de 14%.
- **Tipo de seguimiento:** 2 ejes



Gráfica 9: Generación eléctrica en sistema de 2 ejes.

Se obtendría una energía anual de **2.272,96 kWh/kW** instalado, lo que es igual a **2.272,96 MWh/MW**.

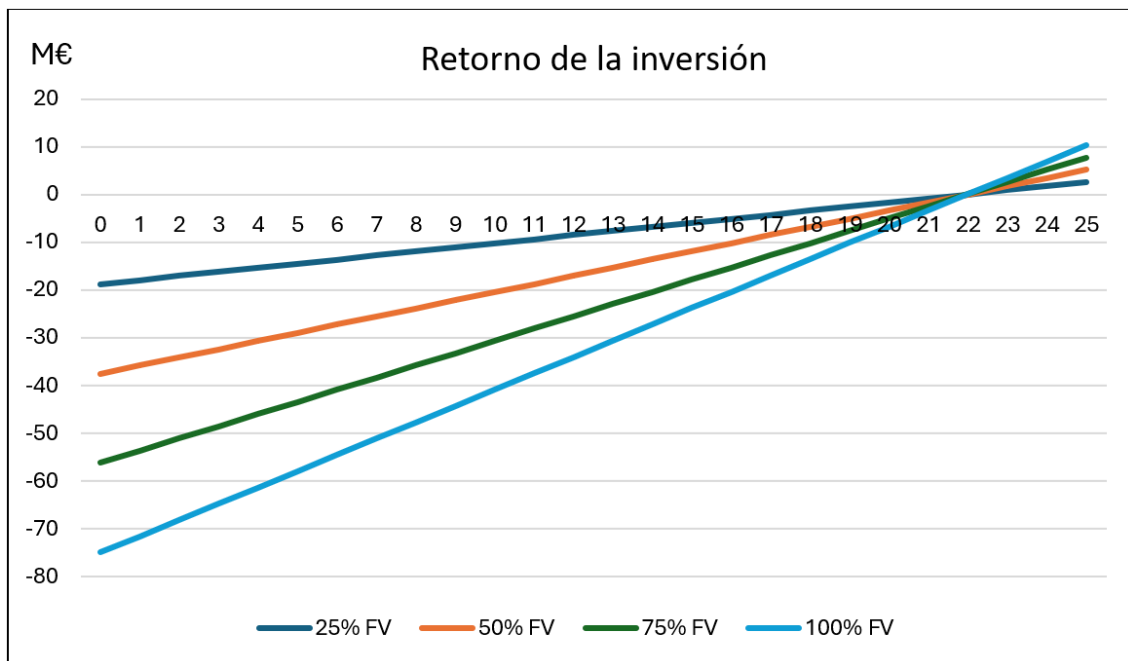
DATOS ECONÓMICOS

A continuación, se estima de forma aproximada el estudio económico del sistema fotovoltaico fijo con cuatro alternativas:

- 25% de fotovoltaica de la superficie total: 19,2 hectáreas.
- 50% de fotovoltaica de la superficie total: 38,5 hectáreas.
- 75% de fotovoltaica de la superficie total: 57,7 hectáreas.
- 100% de fotovoltaica de la superficie total: 76,9 hectáreas.

En este caso, el coste inicial aproximado será de entre 1.300.000 euros y 1.800.000 por MW instalado, se calculará con un coste de 1.500.000 euros/MW. Respecto a la venta de energía se calcula aproximando al precio de un PPA, por lo que se nota un valor de 30,5 euros/MWh.

Se podrán colocar entre 0,5-0,8 MW por hectárea.



Gráfica 10: Retorno de la inversión en sistema de 2 ejes.

Se obtiene un periodo de retorno de la inversión de **21,05 años**.

CONCLUSIÓN

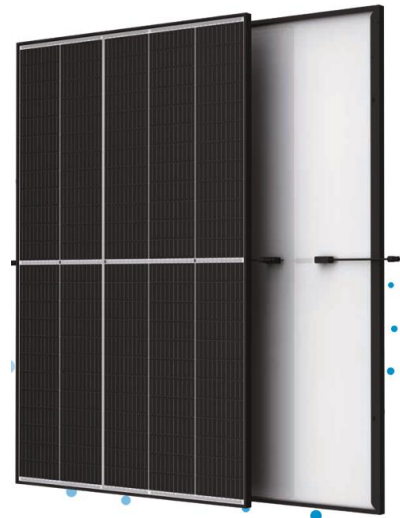
Finalmente se decide diseñar un **sistema con orientación a 1 eje**, ya que el periodo de retorno de la inversión es menor y el mayor beneficio al final de la vida útil de la instalación. Además, se mantiene prácticamente toda la superficie de cultivo y se podrá gestionar la sombra que reciben los cultivos.

5- PREDIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

5.1 Módulos utilizados

El módulo **TSM-400-NEG9.28** de Trina Solar es una solución fotovoltaica avanzada diseñada para maximizar la generación de energía en proyectos solares residenciales, comerciales e industriales. Este módulo destaca por su alta eficiencia de conversión y su innovador diseño de célula, lo que permite alcanzar una potencia de salida de 400 W con una mayor captación de luz y menor pérdida de energía.

Con tecnología de media celda, el **TSM-400-NEG9.28** reduce eficazmente el efecto de sombreado y mejora el rendimiento incluso en condiciones de baja irradiación, haciéndolo ideal para aplicaciones en diferentes entornos. Además, su robustez y durabilidad, combinadas con una resistencia mejorada a la degradación y a las condiciones climáticas adversas, aseguran un rendimiento estable y duradero a lo largo del tiempo, optimizando la inversión en energía solar.



Este módulo tiene un precio de 164 euros la unidad.

Como se demuestra en el apartado 6, se requieren 159.600 módulos.

Características de los módulos

DATOS ELÉCTRICOS	Potencia	400 kW
	Vmpp (V)	35,1
	I _{mp} (A)	11,41
	Voc (V)	41,9
	I _{sc} (A)	12,16
	Eficiencia (%)	20,6
DATOS MECANICOS	Largo (mm)	1770
	Ancho (mm)	1096
	Grosor (mm)	30
	Peso (kg)	21,5
	Células solares	Monocrystalinas

Tabla 2: Características módulo.

5.2 Inversores utilizados

En el contexto de un proyecto solar agrovoltaico, donde la generación de energía fotovoltaica se combina con la actividad agrícola para optimizar el uso del suelo y mejorar la eficiencia de ambos sectores, el inversor **Huawei SUN2000-150KTL-M0** se presenta como una opción ideal. Este inversor trifásico de alta potencia garantiza un rendimiento energético superior y ofrece características avanzadas de monitoreo y seguridad, esenciales para maximizar la productividad de las instalaciones solares en ambientes agrícolas.

Gracias a su alta eficiencia de conversión, robustez ante condiciones ambientales difíciles y capacidad para gestionar múltiples cadenas de módulos fotovoltaicos, el **SUN2000-150KTL-M0** permite una integración efectiva entre las necesidades energéticas y agrícolas, potenciando la sostenibilidad y la rentabilidad de los proyectos agrovoltaicos.

Tiene un coste de **1.893,42 euros**.



Características del inversor

ENTRADA	Tensión Max	150 kW
	I _{max} por MPPT	48 A
	I _{ccmax} por MPPT	66 A
	V _{max}	1.100 V
	V _{mín}	200 V
	Número de MPPT	7
	Entradas por MPPT	3
SALIDA	Potencia nominal	150 kW
	Tensión nominal	380 V /400 V /480 V
	Corriente nominal	227,9 A /216,5 A / 180,4 A
	Número de MPPTs	253,2 A /240,5 A / 200,5 A
OTROS DATOS	Potencia nominal	1,000 x 710 x395 mm
	Peso	102 kg
	Máxima eficiencia	98,6%
	Grado de protección	IP66

Tabla3: Características inversor.

Como se demuestra en el apartado 6, se necesitan 35 inversores.

5.3 Cableado

5.3.1 Cableado de continua

La elección de la sección del cable en DC depende de la distancia entre los módulos y el inversor, la corriente de cada cadena, y la caída de voltaje permitida.

$$S = L * \frac{I_{max}}{\Delta V * \rho} * 2$$

- S: Sección del cableado.
- ρ : resistividad al material conductor. Para el cobre será aproximadamente de $1,68 * 10^{-8} \Omega \cdot m$.
- L: longitud del cable. Se calcula la distancia máxima entre panel e inversor. En este caso será de 213 metros, pero se aproxima a 220 metros.
- I_{max} : corriente máxima que va a circular por el cableado. En este caso se sobredimensiona un 25% la I_{cc} de los módulos.

$$I_{max} = 1,25 * 12,16 A = 15,2 A$$

- ΔV : caída de tensión admisible. Según el PCT este tipo de instalaciones no debe superar el 1,5%. En este caso, se dispone de una tensión de aproximadamente 800V.

$$S = 14,29 \text{ mm}^2$$

Se deberán colocar 1.400 cables de continua (2 cables por cadena) por sector, es decir, en total 16.800 cables. Teniendo en cuenta que la media será de 110 metros, se necesitan unos **1.848.000 metros** de cable.

5.3.2 Cableado de alterna

Se calcula el cableado del inversor al punto de acceso y conexión a red. La elección de la sección del cable en AC depende de la distancia entre los módulos y el inversor, la corriente, y la caída de voltaje permitida.

$$S = L * \frac{I_{max}}{\Delta V * \rho} * 2$$

Cableado de inversores a cuadro eléctrico de cada sector:

- S: Sección del cableado.
- ρ : resistividad al material conductor. Para el cobre será aproximadamente de $1,68 * 10^{-8} \Omega \cdot m$.
- L: longitud del cable. Se calcula la distancia máxima entre inversor y caja de conexiones de alterna. En este caso se calcula una media de 200 m.
- I_{max} : corriente máxima que va a circular por el cableado. En este caso se sobredimensiona un 25% la I_{cc} del inversor que será de 250 A.
- ΔV : caída de tensión admisible. Según el PCT este tipo de instalaciones no debe superar el 3%. En este caso, se dispone de una tensión de aproximadamente 230V.

$$S = 292,17 \text{ mm}^2 = 300 \text{ mm}^2$$

Se deberán colocar 140 cables (3 fases + tierra por inversor) por sector, es decir, en total 1.680 cables. Teniendo en cuenta que la media será de 200 metros, se necesitan unos **336.000 metros** de cable.

5.4 Puestas a tierra

5.4.1 Puesta a tierra de los módulos.

Cable desde módulos a barra de tierra común. Se utilizarán conductores de cobre trenzado de al menos **6 mm²**. Se requieren un total de 159.600 cables de media 12 metros.

5.4.2 Puesta a tierra de los inversores

Cable desde inversores a barra de tierra común. Se utilizarán conductores de cobre trenzado de al menos **16 mm²**. Se requieren un total de 25 cables de media 10 metros.

5.5 Protecciones

5.5.1 Protecciones en Corriente Continua (DC)

Dado que tienes 20 cadenas de módulos fotovoltaicos conectados a un inversor, necesitamos asegurar la protección contra sobrecorrientes, sobretensiones, y fallos de aislamiento.

Fusibles de Protección DC

- Cada cadena de módulos debe tener un fusible en el lado positivo y otro en el lado negativo.
- La capacidad del fusible debe ser mayor que la corriente máxima de cortocircuito (ISC) de los módulos (12,16 A) pero menor o igual a la capacidad máxima del fusible especificada en el datasheet del módulo (20 A). Se recomienda un fusible de 15-20 A.
- Se utilizará el fusible 15 A 1000 VDC 10x38 ZTPV-25 de DC Solar Energy.
- Cuesta 4, 71
- Se utilizará un total de 319.200 fusibles.



Seccionadores de Corriente Continua

- Se requiere un interruptor seccionador de corriente continua por cada entrada del inversor para permitir el aislamiento seguro de cada cadena durante el mantenimiento o en caso de emergencia.
- Será necesario calcular la corriente nominal de la cadena y el voltaje máximo del sistema:

$$\text{Corriente máxima} = 11,57 \text{ A}$$

$$\text{Voltaje en circuito abierto} = 19 \times 41,1 \text{ V} = 818,9 \text{ V}$$

- Se utilizará el modelo KFD16.T204 del fabricante Kraus&Naimer.
- Tiene un coste de 49 EUROS por unidad.
- Se utiliza uno por cadena y, por tanto, un total de 8.400 unidades.



Protección contra Sobretensiones DC

- El inversor Huawei SUN2000-150K-MG0 ya tiene protección contra sobretensiones tipo II integrada, pero se recomienda colocar adicionalmente en la caja de conexiones de corriente continua.
- Se calcula la tensión máxima:
 $V_{\text{máx}} = 19 \times 41,1 \text{ V} = 818,9 \text{ V}$
- Se decide colocar un descargador de sobretensiones 1000V MD BF3-40 de Autosolar, cuyo disparo se produce a partir de 1.000 V.



5.5.2 Protecciones AC

Interruptor Automático

- Función: Protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Desconecta automáticamente el circuito cuando detecta una corriente que excede el valor nominal.
- El interruptor debe ser capaz de soportar la corriente máxima de salida:

$$I_{\text{max}} (380 \text{ V}) = 253,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{max}} (400 \text{ V}) = 240,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{max}} (480 \text{ V}) = 200,5 \text{ A}$$



Se decide utilizar el interruptor automático **Eaton Moeller LZMC2-A300 I**, un interruptor automático tripolar que combina protección térmica y magnética. Tiene una capacidad de corte de 25 kA.

Interruptor diferencial

- Este elemento protegerá frente a derivaciones y contactos directos en la instalación de alterna.
- De nuevo, el interruptor diferencial deberá aguantar los 253,2 A.
- Se decide utilizar el modelo 3VA9323-0RL30 de SIEMENS.
- Se utiliza 1 interruptor diferencial por cada inversor.
- Tienen un precio de 1.981,44€.



Limitador contra sobretensiones

- Este limitador protege a la instalación frente a sobretensiones.
- Se utiliza el protector de sobretensión transitoria 230/400 AC de la marca Solera.
- Se utiliza 1 interruptor diferencial por cada inversor.
- Tienen un precio de 389,84€.



5.6 Estructuras

Para colocar módulos fotovoltaicos a 4,5 metros con un sistema de seguimiento a 1 eje, necesitarás una estructura que pueda soportar el peso de los paneles y el mecanismo de seguimiento, a la vez que ofrezca estabilidad y ajuste adecuado.

5.6.1 Estructura de Soporte

Postes Verticales

Se colocan postes de acero galvanizado o aluminio de alta resistencia, anclados de manera segura al suelo. Estos postes soportan el sistema de seguimiento y la estructura de montaje de los paneles.

Base de Anclaje

Las bases deben ser firmemente ancladas al suelo mediante cimientos o anclajes en el caso de instalaciones en terrenos blandos. En terrenos duros, puede ser necesario el uso de bases de hormigón o pilas de hincas.

Travesaños y Refuerzos

Se utilizarán travesaños transversales y refuerzos en diagonal para proporcionar estabilidad adicional y reducir las cargas en los postes.

Todo ello se diseñará de forma que no afecte a los cultivos.

5.6.2 Sistema de Seguimiento a 1 Eje

Eje Horizontal: El sistema de seguimiento a 1 eje generalmente se basa en un eje horizontal que permite a los paneles girar a lo largo de un plano vertical. Asegúrate de que el eje sea robusto y esté bien alineado.

Mecanismo de Seguimiento: El mecanismo puede ser motorizado y controlado por sensores que ajustan el ángulo de los paneles en función de la posición del sol. Este sistema debe ser compatible con el tipo de estructura que estás usando.

Soportes de Paneles: Los paneles se montan sobre soportes que están conectados al eje de seguimiento. Estos soportes deben ser ajustables para permitir el correcto alineamiento y ajuste de los paneles.



Figura 3: Ejemplo de sistema de orientación a 1 eje.

6- PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

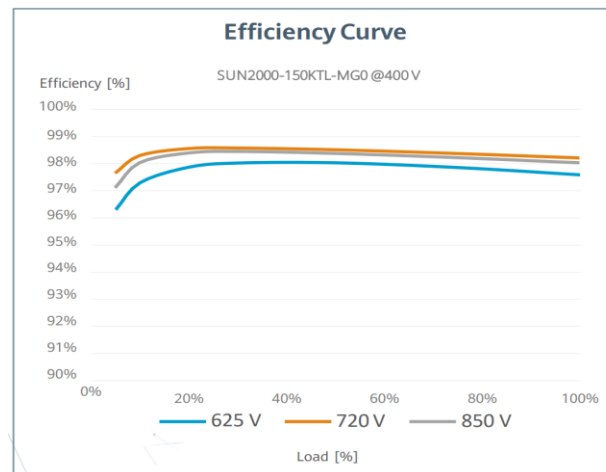
Paneles en serie en dirección N-S

El ancho (1096 mm) se pondrá en la dirección N-S. Teniendo en cuenta que cada sector cuenta con una dimensiones de 213,44 m y que cada módulo mide 1,096 m en esa dirección, se calcula el número de módulos por cadena a calcular.

En primer lugar, se calculan los límites eléctricos respecto al dimensionamiento del sistema:

- Número máximo de paneles por cadena= $1.100 \text{ V} / 41,9 \text{ V} = 26,2 = 26$ módulos
- Nº de paneles máximos por cadena= $1000 \text{ V} / 35,1 \text{ V} = 28,49 = 28$ módulos
- Nº de paneles mínimos por cadena= $200 \text{ V} / 35,1 \text{ V} = 5,7 = 6$ módulos
- En resumen, se deberán colocar entre **6 y 26 módulos** por cadena.

Según la ficha del fabricante se obtiene la mayor eficiencia con un voltaje de 720 V. Por lo que se calcula cuántos módulos en serie son:



Gráfica 11: Curva de eficiencia de inversor.

- Nº de módulos por cadena= $720 \text{ V} / 35,1 \text{ V} = 20,5$ módulos

Dado que se tiene un espacio de 194 metros se plantean 4 opciones:

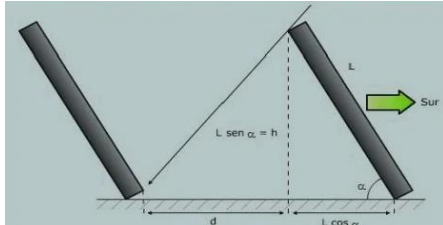
Módulos/ cadena	18 módulos	19 módulos	20 módulos	21 módulos
Medida de una cadena (m)	19,73	20,82	21,92	23,02
Cadenas disponibles	10	10	9	9
Módulos totales	180	190	180	189
Potencia total (kW)	72	76	72	75,6

Tabla 4: Selección de cadena.

Se determina que la manera óptima es organizar cadenas de **19 módulos** y con **10 cadenas** en la dirección N-S.

Cadenas en paralelo

En este caso será necesario dejar espacio entre cadenas para evitar sombreados.



$$d = \frac{h}{\tan (61 - \text{latitud})}$$

$$h = 1,77 * \text{seno}(60^\circ) = 1,53$$

$$\text{latitud} = 38,77^\circ \text{N}$$

$$d = 3,7 \text{ m}$$

Figura 4: Distancia entre módulos.

$$\text{Espacio} + \text{Módulo} = 3,7 + 1,77 * \cos(60^\circ) = 4,6 \text{ metros}$$

$$\text{Cadenas en paralelo} = 300,24 / 4,6 = \mathbf{71,79 \text{ cadenas en paralelo}}$$

RESUMEN

Sistema fotovoltaico de un sector

Cada cadena está formada por 19 módulos en serie. Se colocarán 10 cadenas en serie en la dirección N-S y 70 en paralelo en dirección E-O. El inversor, que cuenta con 21 entradas MPPT, recibirá la energía de 20 cadenas, es decir de dos filas de 10 cadenas en serie. En total, el sistema está formado por:

- 13.300 módulos
- 35 inversores
- Potencia nominal: **5,32 MW**.

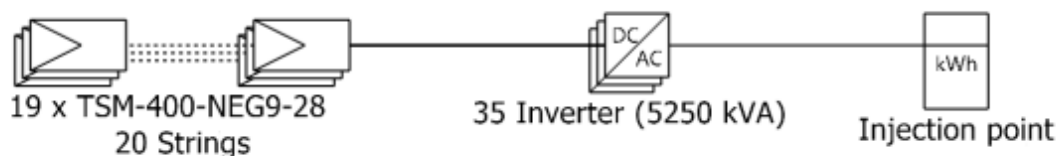


Figura 5: Esquema unifilar de un sector del emplazamiento.

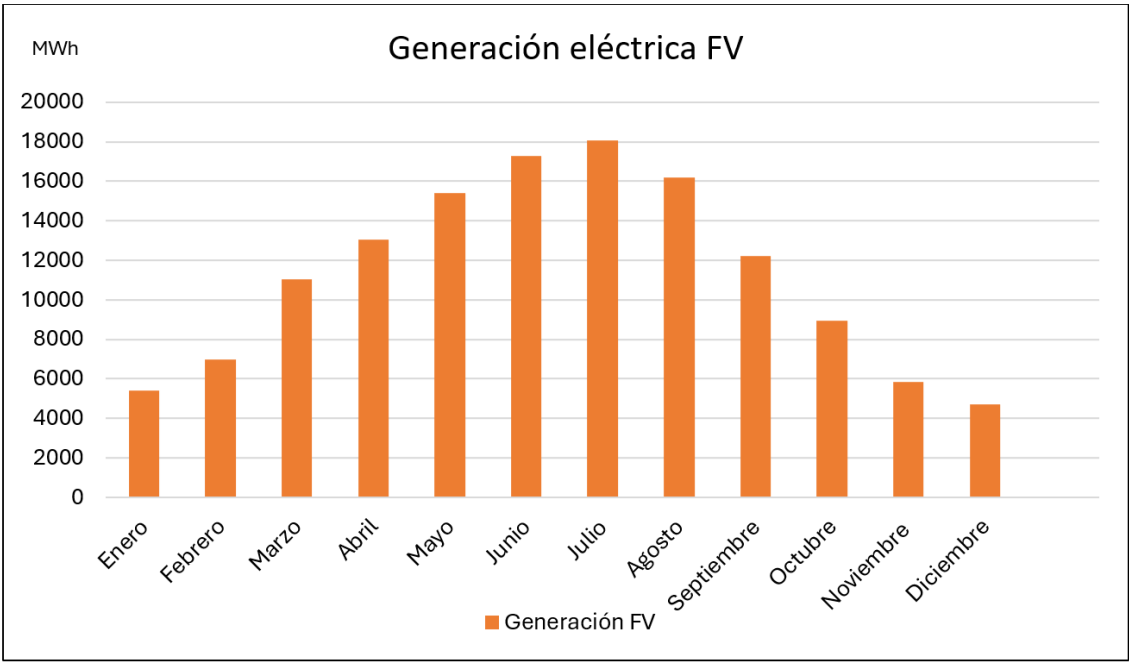
Sistema fotovoltaico total

Como se ha comentado previamente, el emplazamiento está formado por 12 sectores exactamente iguales, por lo que quedarán un sistema con:

- Nº de módulos: 159.600
- Nº de inversores: 420
- Potencia: 63,84 MW
- Estructura de 4,5 metros con orientación en eje horizontal (N-S). Giro máximo de 60°.

7- GENERACIÓN ELÉCTRICA

El sistema diseñado en el apartado 6, se simula en el programa’ PVSyst y se obtiene los siguientes resultados representado en la gráfica 11.



Gráfica 11: Generación eléctrica fotovoltaica.

En la tabla 5, se incluye una tabla resumen de la energía generada en MWh por la instalación fotovoltaica.

EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
5.416	6.997	11.035	13.034	15.389	17.266	18.073	16.201	12.229	8.961	5.869	4.720	135.183

Tabla 5: Generación eléctrica fotovoltaica (en MWh)