



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO ENERGÉTICO DE UNA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA EN PLASENCIA

Rodrigo Cano Rodríguez-Arias

Director: Dr. Antonio García de Garmendia

Madrid

Junio 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Proyecto para la instalación de autoconsumo energético de una explotación
agropecuaria en Plasencia

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

curso académico 2022/23 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.

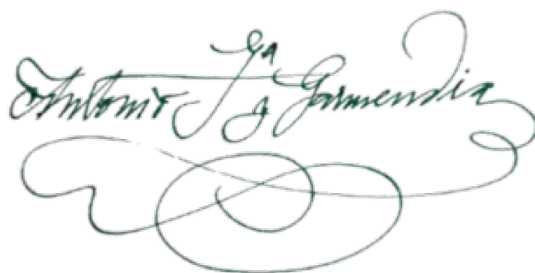


Fdo.: Rodrigo Cano Rodríguez-Arias

Fecha: 29/08/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Dr. Antonio García de Garmendia

Fecha: 29/08/2023

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

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

El autor D.Rodrigo Cano Rodríguez-Arias DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO ENERGÉTICO DE UNA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA EN PLASENCIA**, 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) Reproducir la 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

de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6°. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- 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.

Madrid, a 29 de agosto de 2023

ACCEPTA

Caro.

Fdo.

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

[illegible]



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INSTALACIÓN PARA EL AUTOCONSUMO ENERGÉTICO DE UNA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA EN PLASENCIA

Rodrigo Cano Rodríguez-Arias

Director: Dr. Antonio García de Garmendia

Madrid

Junio 2023

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO ENERGÉTICO DE UNA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA EN PLASENCIA

Autor: Cano Rodríguez-Arias, Rodrigo.

Director: García de Garmendia, Antonio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto trata de optimizar una explotación agropecuaria situada en Extremadura con el fin de mejorar la eficiencia de la misma. La situación actual obliga a este sector a reducir la superficie utilizada para regadío y ganadería debido al poco valor económico que aportan. Debido a esto, se realiza un estudio para la incorporación de una pequeña industria lanera, la optimización de la eficiencia del sistema de riego existente y para la posibilidad de incorporar una planta fotovoltaica que pueda suministrar la suficiente energía para abastecer a la explotación.

Se realiza, en primer lugar, el diseño de la industria lanera. Para ello se debe tener en cuenta la producción anual de lana existente en la explotación. Este es el dato de partida para dimensionar la empacadora. Se realiza la comparación entre una empacadora vertical y una horizontal, estudiando sus características y escogiendo la más económica siempre y cuando cumpla con las necesidades existentes. Finalmente se escoge la empacadora vertical por su mejor adaptación a la producción de la explotación siendo, además, más económica que la empacadora horizontal.

En segundo lugar, se realiza el estudio y optimización del sistema de riego. Dicho estudio se realiza a través del programa EPANET. En dicho programa se debe definir el sistema introduciendo datos como: altura máxima y mínima del embalse d almacenamiento, longitud y diámetro de las tuberías, curvas de funcionamiento de las bombas y consumo y factor d aspersión de los aspersores. Una vez definido el sistema se corre la simulación y se comprueban los resultados. En este caso se ha cambiado el diámetro de ciertas tuberías debido a la gran cantidad de pérdidas existentes que provocaban presiones negativas. Una vez sustituido se vuelve a simular como comprobación y se realiza el presupuesto de los cambios necesarios para la optimización del sistema.

En tercer lugar, se ha realizado el dimensionamiento de la planta fotovoltaica. Para la cual se ha especificado la conexión a la red, siendo un sistema aislado debido a las dificultades de la zona para evacuar la energía a la red, posteriormente se han definido los consumos totales de la explotación teniendo en cuenta la vivienda, las naves, el sistema de riego y la empacadora. A continuación, se ha realizado el cálculo del ángulo de inclinación óptimo teniendo en cuenta la latitud de la explotación y que se quiere maximizar la producción en verano, además se ha realizado la previsión de la potencia a instalar. Para finalizar se ha realizado la simulación de la generación en el programa PVSyst. Para ello, se ha definido la ubicación para obtener los datos climatológicos, la inclinación y orientación calculados previamente, la potencia a instalar ya calculada también, la potencia de los módulos e inversores y un croquis de la instalación para realizar la simulación de sombras. Una vez

definidos todos estos puntos se ha corrido la simulación obteniendo un informe detallado de la generación, de las pérdidas y de las emisiones reducidas.

Por último, se ha realizado un análisis de rentabilidad del proyecto. En primer lugar, se ha comparado la curva de consumo con la curva de generación para conocer la cantidad de energía producida, la cantidad de energía autoconsumida y la cantidad de energía consumida de la red. Una vez obtenidos estos datos se ha partido de varias premisas: los años de vida útil del proyecto, el coste de operación y mantenimiento anual, degradación anual de los módulos, la tasa de descuento y el precio de la electricidad. Para el precio de la electricidad se han comparado dos escenarios. El primer escenario ha tenido en cuenta el precio a futuros proporcionados por el OMIP, siguiendo una tendencia a la baja, obteniendo unos resultados no favorables. El segundo escenario ha tenido en cuenta unos precios con tendencia al alza, obteniendo unos valores algo favorables, pero no óptimos.

Finalmente se exponen los resultados y se comentan las diferentes soluciones existentes.

Palabras clave: Fotovoltaica, Bombeo solar, Explotación agropecuaria.

SELF-CONSUMPTION ENERGY INSTALLATION FOR AN AGRICULTURAL AND LIVESTOCK FARM IN PLASENCIA

Author: Cano Rodríguez-Arias, Rodrigo.

Supervisor: García de Garmendia, Antonio.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project aims to optimise a farm located in Extremadura in order to improve its efficiency. The current situation is forcing this sector to reduce the surface area used for irrigation and livestock farming due to the low economic value they provide. Due to this, a study is carried out for the incorporation of a small wool industry, the optimisation of the efficiency of the existing irrigation system and for the possibility of incorporating a photovoltaic plant that can supply enough energy to supply the farm.

The first step is the design of the wool industry. To do this, the annual wool production of the farm must be taken into account. This is the starting point for sizing the baler. A comparison is made between a vertical baler and a horizontal baler, studying their characteristics and choosing the most economical one as long as it meets the existing needs. Finally, the vertical baler is chosen because it is better adapted to the production of the farm and is also more economical than the horizontal baler.

Secondly, the study and optimisation of the irrigation system is carried out. This study is carried out using the EPANET programme. In this programme, the system must be defined by introducing data such as: maximum and minimum height of the storage reservoir, length and diameter of the pipes, pump operation curves and consumption and sprinkler spray factor. Once the system is defined, the simulation is run and the results are checked. In this case, the diameter of certain pipes has been changed due to the large amount of existing

losses that caused negative pressures. Once it has been replaced, it is simulated again as a check and a budget is made for the changes necessary to optimise the system.

Thirdly, the dimensioning of the photovoltaic plant has been carried out. For which the grid connection has been specified, being an isolated system due to the difficulties of the area to evacuate the energy to the grid, then the total consumption of the farm has been defined taking into account the house, the sheds, the irrigation system and the baler. Next, the optimum angle of inclination was calculated, taking into account the latitude of the farm and the fact that the aim is to maximise production in summer, and a forecast of the power to be installed was also made. Finally, the generation simulation has been carried out in the PVSyst programme. To do this, the location was defined to obtain the climatological data, the previously calculated inclination and orientation, the power to be installed, the power of the modules and inverters and a sketch of the installation to simulate shadows. Once all these points had been defined, the simulation was run, obtaining a detailed report on generation, losses and reduced emissions.

Finally, a profitability analysis of the project has been carried out. Firstly, the consumption curve was compared with the generation curve to determine the amount of energy produced, the amount of energy self-consumed and the amount of energy consumed from the grid. Once these data were obtained, several assumptions were made: the years of useful life of the project, the annual operation and maintenance cost, the annual degradation of the modules, the discount rate and the price of electricity. For the electricity price, two scenarios were compared. The first scenario has taken into account the forward price provided by OMIP, following a downward trend, obtaining unfavourable results. The second scenario has taken into account prices with an upward trend, obtaining somewhat favourable but not optimal values.

Finally, the results are presented and the different existing solutions are discussed.

Keywords: Photovoltaic, Solar pumping, Farming.

Índice del proyecto

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivo del proyecto	9
1.3 Objetivos de desarrollo sostenible.....	9
Capítulo 2. Condiciones de contorno.....	12
2.1 Localización	12
2.2 Condiciones climáticas.....	13
2.3 Restricciones ambientales	16
2.4 Explotación agropecuaria	19
2.5 Consumos	22
2.6 Conclusión.....	25
Capítulo 3. Estado del Arte.....	26
3.1 Instalación fotovoltaica	26
3.2 Sistema de riego	33
3.3 Empacadora de lana.....	40
3.4 Conclusión.....	44
Capítulo 4. Empacadora de lana.....	45
4.1 Descripción.....	45
4.1.1 Localización	46
4.2 Cálculos	47
4.3 Evaluación de equipos.....	48
4.3.1 Comparativa entre Empacadoras.....	48
4.3.2 Conclusiones.....	52
4.4 Presupuesto.....	52
Capítulo 5. Sistema de riego.....	54
5.1 Descripción.....	54
5.1.1 Instalación de riego.....	55
5.1.2 Ecuaciones de Hardy Cross	59
5.2 Cálculos	60
5.2.1 Resultados	67

5.3 Evaluación de equipos.....	73
5.3.1 Bombas de impulsión.....	73
5.3.2 Aspersores	75
5.3.3 Pívots	77
5.3.4 Tuberías.....	78
5.4 Presupuesto.....	78
Capítulo 6. Instalación fotovoltaica.....	80
6.1 Descripción.....	80
6.2 Elementos de la instalación fotovoltaica	81
6.2.1 Placa fotovoltaica.....	81
6.2.2 Inversor	86
6.2.3 Estructura.....	87
6.2.4 Seguridad y medida	88
6.3 Conexión a la red.....	89
6.4 Consumo.....	89
6.5 Emplazamiento.....	93
6.6 Cálculos.....	94
6.6.1 Ángulo de inclinación óptimo.....	94
6.6.2 Previsión de la potencia a instalar.....	97
6.7 Evaluación de equipos.....	99
6.8 PVSyst.....	100
6.8.1 Resultados	103
6.9 Presupuesto.....	105
Capítulo 7. Análisis económico.....	107
7.1 Introducción	107
7.2 Comparación generación consumo	107
7.3 Análisis de rentabilidad	111
7.4 Resultados y conclusiones.....	115
Capítulo 8. Conclusiones y desarrollos futuros.....	116
Capítulo 9. Bibliografía.....	118
ANEXO I – Fichas técnicas e Informes	121

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Fuente: Naciones Unidas, 2023).	11
Ilustración 2. Partido judicial de Plasencia en Cáceres, Extremadura (Fuente: Wikipedia, extraído en 2023).	12
Ilustración 3. Mapa de radiación solar media diaria anual (Fuente: Código Técnico de la Edificación, extraído en 2023).	14
Ilustración 4. Atlas de Radiación Solar en España (Fuente: AEMET, “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, 2012).	15
Ilustración 5. Zonas ZEC y ZEPA del área de Monfragüe (Fuente: “Plan de gestión del área de Monfragüe”, extraído en 2023).	19
Ilustración 6. Zonas de cultivo (Fuente: elaboración propia, 2023).	21
Ilustración 7. Localización del sistema de impulsión (Fuente: SigPac, extraído en 2023).	22
Ilustración 8. Localización de los edificios de vivienda y almacenaje (Fuente: SigPac, extraído en 2023).	22
Ilustración 9. Esquema de funcionamiento de una célula solar (Fuente: Energy Education, extraído en 2023).	26
Ilustración 10. Esquema descriptivo de panel bifacial (Fuente: Dsolar, extraído en 2023).	28
Ilustración 11. Esquema descriptivo de célula solar de perovskita (Fuente: El Periódico de la Energía, 2020).	28
Ilustración 12. Esquema de composición de células solares en tandem (Fuente: PV Magazine, 2023).	29
Ilustración 13. Esquema resumen del funcionamiento de un inversor (Fuente: Plena Energía, extraído en 2023).	30
Ilustración 14. Esquema comparativo entre inversor y microinversor (Fuente: PV Magazine, 2021).	30
Ilustración 15. Esquema descriptivo de optimizadores de potencia (Fuente: A-sol, extraído en 2023).	31

Ilustración 16. Instalación de un dispositivo de protección contra sobretensiones (Fuente: Cirprotec, extraído en 2023).....	32
Ilustración 17. Tuberías de polietileno de alta densidad (Fuente: Gardeneas, extraído en 2023).....	34
Ilustración 18. Tuberías de PVC (Fuente: Silverplastic, extraído en 2023).....	34
Ilustración 19. Tuberías de riego por goteo (Fuente: AgroHuerto, extraído en 2023).	35
Ilustración 20. Microtubos para riego (Fuente: Sertec, extraído en 2023).	36
Ilustración 21. Esquema descriptivo de bomba centrífuga (Fuente: Full Mecánica, extraído en 2023).	37
Ilustración 22. Bomba sumergible (Fuente: Liyuan, extraído en 2023).	38
Ilustración 23. Esquema descriptivo de bomba de turbina vertical (Fuente: Predictiva21, extraído en 2023).	39
Ilustración 24. Esquema descriptivo de bomba de velocidad variable (Fuente: Area Mecánica, extraído en 2023).	40
Ilustración 25. Esquema de funcionamiento de empacadora vertical (Fuente: ACE, extraído en 2023).	42
Ilustración 26. Esquema de funcionamiento de empacadora horizontal (Fuente: Komar, extraído en 2023).	43
Ilustración 27. Esquema de funcionamiento de empacadora de dos cilindros (Fuente: Anis, extraído en 2023).	44
Ilustración 28. Lugar de instalación de la empacadora (Fuente: SigPac, 2023).	47
Ilustración 29. Empacadora vertical 300KL8060 (Fuente: XTPACK, 2023).	49
Ilustración 30. Empacadora horizontal automática 200W5050 (Fuente: XTPACK, 2023).	49
Ilustración 31. Disposición del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).	56
Ilustración 32. Disposición de los tramos de tuberías de 200 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).	56
Ilustración 33. Disposición de los tramos de tuberías de 110 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).	58
Ilustración 34. Fórmula de Hardy Cross (Fuente: Universidad de Salamanca, 2023).	60
Ilustración 35. Sistema de riego en EPANET (Fuente: EPANET, 2023).	61

Ilustración 36. Detalle de zona 1 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023):	62
Ilustración 37. Detalle de zona 2 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023):	62
Ilustración 38. Detalle de zona 3 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023):	63
Ilustración 39. Detalle de zona 4 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023).	63
Ilustración 40. Curva característica de bomba de 75 kW (Fuente: elaboración propia, 2023).	66
Ilustración 41. Curva característica de bomba de 75 kW (Fuente: elaboración propia, 2023).	67
Ilustración 42. Resultados del caso base en EPANET (Fuente: EPANET, 2023).	68
Ilustración 43. Estado del sistema después de la simulación (Fuente: EPANET, 2023). ...	70
Ilustración 44. Estado de los nudos del sistema (Fuente: EPANET, 2023).	71
Ilustración 45. Estado de las tuberías del sistema (Fuente: EPANET, 2023).	72
Ilustración 46. Curvas bomba ME100KV80-60/5A (Fuente: EUROPA, 2023).	74
Ilustración 47. Catálogo bomba ME17KV65-22/5 (Fuente: EUROPA, 2023).	75
Ilustración 48. Catálogo aspersor 5022 SD-U (Fuente: NAANDANJAIN, 2023).	76
Ilustración 49. Catálogo de pivot modelo Monotorre Hidráulico (Fuente: RKD, 2023). ...	77
Ilustración 50. Región de agotamiento y polarización de un diodo (Fuente: HETPRO, 2023).	83
Ilustración 51. Célula solar fotovoltaica (Fuente: Ecoinventos, 2022).	84
Ilustración 52. Panel fotovoltaico (Fuente: esnergia, 2022).	85
Ilustración 53. Inversor fotovoltaico (Fuente: Sunfields, 2023).	87
Ilustración 54. Consumo energético mensual del sistema de riego en 2020 (Fuente: elaboración propia, 2023).	90
Ilustración 55. Consumo energético mensual del sistema de riego en 2021 (Fuente: elaboración propia, 2023).	91
Ilustración 56. Emplazamiento del sistema fotovoltaico (Fuente; SIGPAC, 2023).	93
Ilustración 57. Irradiación solar de la explotación agropecuaria (Fuente: PVGIS, 2023)...	94
Ilustración 58. Elevación del sol a lo largo del año en un punto fijo (Fuente: Escholarium, 2023).	95

Ilustración 59. Irradiación media para un ángulo de inclinación de 28° (Fuente: PVGIS, 2023).....	98
Ilustración 60. Fabricantes de Tier 1 de fotovoltaica (Fuente: Selectra, 2023).....	99
Ilustración 61. Archivo climatológico de Torrejón el Rubio (Fuente: PVSyst, 2023).....	100
Ilustración 62. Datos de la orientación de los módulos (Fuente: PVSyst, 2023).	101
Ilustración 63. Datos del tipo y cantidad de módulos e inversores (Fuente: PVSyst, 2023).	102
Ilustración 64. Croquis de la instalación fotovoltaica (Fuente: PVSyst, 2023).....	103
Ilustración 65. Resumen general del informe (Fuente: PVSyst, 2023).	104
Ilustración 66. Comparativa de la energía consumida y producida en un año (Fuente: elaboración propia, 2023).	108
Ilustración 67. Curva generación – consumo de un día de agosto (Fuente: elaboración propia, 2023).....	109
Ilustración 68. Curva generación – consumo de un día de agosto (Fuente: elaboración propia, 2023).....	109
Ilustración 69. Autoconsumo e independencia de red de la explotación (Fuente: elaboración propia, 2023).....	110
Ilustración 70. Resumen general del balance de energía (Fuente: elaboración propia, 2023).	110
Ilustración 71. Premisas utilizadas en el análisis de rentabilidad (Fuente: elaboración propia, 2023).....	112
Ilustración 72. Precios del OMIP en €/MWh el día 29/08/2023 (Fuente: OMIP, 2023)...	112

Índice de tablas

Tabla 1. Datos climáticos en Cáceres (Fuente: AEMET, extraído en 2023).....	14
Tabla 2. Radiación solar global media diaria anua (Fuente: Código Técnico de la Edificación, extraído en 2023).	15
Tabla 3. Comparativa técnica de las empacadoras.	50
Tabla 4. Comparativa económica de las empacadoras.	51
Tabla 5. Presupuesto de la empacadora vertical (Fuente: elaboración propia, 2023).	53
Tabla 6. Características de tuberías de 200 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).....	57
Tabla 7. Características de tuberías de 110 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).....	58
Tabla 8. Consumo de agua de cada elemento de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).	59
Tabla 9. Características de las tuberías del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).....	65
Tabla 10. Características de los nudos del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).....	66
Tabla 11. Características de las tuberías del sistema de riego modificado (Fuente: elaboración propia, 2023).	69
Tabla 12. Presupuesto del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).	79
Tabla 13. Consumo total de la explotación agropecuaria (Fuente: elaboración propia, 2023).	92
Tabla 14. Ángulo de elevación del sol (Fuente: SUNEARTHTOOLS, 2023).....	96
Tabla 15. Porcentaje del consumo de cada mes (Fuente: elaboración propia, 2023).....	96
Tabla 16. Presupuesto de la instalación fotovoltaica (Fuente: elaboración propia, 2023).	106
Tabla 17. Precios estimados del escenario 2 (Fuente: elaboración propia, 2023).....	113
Tabla 18. Análisis del escenario 1 (Fuente: elaboración propia, 2023).	114
Tabla 19. Análisis del escenario 2 (Fuente: elaboración propia, 2023).	114

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El sector agrario en España es uno de los más importantes del sistema productivo y económico del país. Prueba de ello es la superficie nacional destinada al ámbito agrario, la cual supone casi la mitad del territorio. La superficie agraria útil (SAU) supone más de 23 millones de hectáreas, de las cuales casi 17 millones son de cultivo¹.

Desde el punto de vista económico, el sector agroalimentario es uno de los más importantes del comercio exterior español, suponiendo el 19% del total de las ventas y el 12% de las compras. Las ventas al exterior no han dejado de aumentar año tras año desde 2012, superando el récord histórico en 2021 con 60.118 millones de euros. Además, también aumentaron en un 16% las importaciones agroalimentarias².

Sin embargo, este sector tiene sus inconvenientes, entre los cuales se encuentran sus altas emisiones debido al uso de productos contaminantes. El sector agrario es el segundo sector emisor de gases de efecto invernadero, detrás del sector transporte³. Por tanto, la idea de abastecer energéticamente las explotaciones agropecuarias a través de fuentes renovables, está siendo muy popular y cada vez más implementada.

Además, las parcelas destinadas a explotaciones agropecuarias suelen estar alejadas y aisladas de las poblaciones, lo cual no permite una conexión fácil a la red eléctrica. Debido

¹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022.

² Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022.

³ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022.

a esto, puede darse el caso en el que la explotación quede aislada energéticamente y se tenga que recurrir a soluciones como grupos electrógenos diésel para la generación de electricidad.

Por tanto, la necesidad de reducir las emisiones, la dificultad de conexión a la red eléctrica y los altos precios de los carburantes, son tres grandes razones para la utilización de una planta fotovoltaica que proporcione la energía suficiente para abastecer la explotación.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente trabajo de fin de máster tiene como objetivos principales la reducción de las emisiones y el ahorro en la factura de la explotación agropecuaria a través del desarrollo de una instalación fotovoltaica de autoconsumo energético.

Para ello se va a realizar el estudio y diseño de la planta fotovoltaica, optimización del sistema de riego existente y el desarrollo de una industria empacadora de lana. Para estos tres sistemas se realizará el dimensionamiento y la selección de equipos adecuados en función de los requerimientos de eficiencia y económicos.

Por último, se realizará un estudio económico del proyecto para estudiar su viabilidad y encontrar la solución más eficiente, teniendo en cuenta la rentabilidad del mismo.

1.3 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Las Naciones Unidas adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2015 con el fin de construir una sociedad sostenible desde el punto de vista ecológico, social y económico. Los 17 objetivos se centran en lograr la sostenibilidad para el año 2030.

Este proyecto se centra en los objetivos 2, 7, 9, 11, 13 y 15 en particular, alineando su misión con numerosos ODS:

- Objetivo 2: poner fin al hambre. El proyecto pretende optimizar la instalación de regadío de la explotación, lo que mejorará la producción de grano y proporcionará más alimentos tanto para el ganado como para las personas.
- Objetivo 7: la energía asequible y limpia. La energía solar, ecológicamente beneficiosa y renovable, es el principal objetivo del proyecto. La energía solar es cada vez más viable económicamente que las fuentes de energía tradicionales gracias a una gran disminución de su coste a lo largo del tiempo.
- Objetivo 9: la industria, la innovación y las infraestructuras. El proyecto garantiza una cartera energética sostenible y duradera para el parque y la zona circundante mediante la creación de huertos solares con una vida media de 20 a 30 años.
- Objetivo 11: ciudades y comunidades sostenibles. Al aprovechar el recurso solar existente en la comarca de Plasencia, la iniciativa promueve una zona más sostenible a la vez que fomenta la sostenibilidad medioambiental.
- Objetivo 13: la acción por el clima. Al fomentar la descarbonización y evitar el aumento de la temperatura global, el proyecto ayuda a combatir el cambio climático. Además, reduce las emisiones de carbono al desconectarse de una red que produce energía utilizando fuentes de energía no renovables.
- Objetivo 15: la vida en la tierra. El huerto solar, que está junto al Parque Nacional de Monfragüe, es un ejemplo de cómo el medio ambiente y la producción de energía pueden coexistir pacíficamente. Apoya la preservación de los ecosistemas terrestres al no generar ruido ni basura.

Al estar en consonancia con estos ODS, se espera tener un buen efecto en los elementos sociales, económicos y medioambientales, avanzando en la consecución de los objetivos de sostenibilidad de la ONU para 2030 y creando un futuro más sostenible.



Ilustración 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Fuente: Naciones Unidas, 2023).

Capítulo 2. CONDICIONES DE CONTORNO

En este capítulo se desarrolla la explicación y descripción de las características físicas de la explotación agropecuaria, así como la demanda energética de cada punto de consumo.

2.1 LOCALIZACIÓN

La explotación agropecuaria bajo estudio se encuentra en el término municipal de Torrejón el Rubio, perteneciente al partido judicial de Plasencia, Cáceres. El núcleo poblacional de Torrejón el Rubio se encuentra junto al Parque nacional de Monfragüe y cuenta con 510 habitantes⁴.

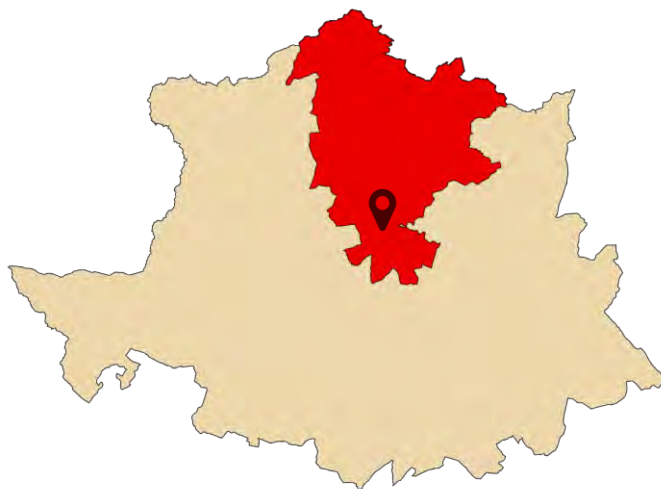


Ilustración 2. Partido judicial de Plasencia en Cáceres, Extremadura (Fuente: Wikipedia, extraído en 2023).

Su actividad económica se ha centrado históricamente en el sector agropecuario, con especial importancia del ganado ovino, además del caprino y porcino, y con formas de explotación

⁴ INE, 2022.

de carácter extensivo. Actualmente, la economía no ha sufrido un gran cambio, sin embargo, cabe destacar la creciente importancia del sector turístico debido al Parque Nacional⁵. En cuanto a la flora, en esta zona predominan tres hábitats principales: el bosque mediterráneo, las dehesas y los roquedos. El Parque Nacional de Monfragüe está delimitado por dos sierras cuya orientación de las laderas al Sur (solanas cálidas y secas) o al Norte (umbrías frescas y húmedas) dan lugar a microclimas variados. En cuanto a la fauna, en el Parque habitan ciertas especies protegidas como el cigüeña negra o el búho real, por lo que fue declarado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en 1991⁶.

2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima en Extremadura es mediterráneo con alguna influencia oceánica, lo que provoca veranos secos y calurosos por el Anticiclón de las Azores, primaveras y otoños variables, y los inviernos son principalmente fríos con variaciones entre secos y lluviosos debido a las Borrascas del Atlántico⁷.

Según los datos recogidos por la estación meteorológica de Cáceres de la Agencia estatal de Meteorología, la más cercana a la ubicación del proyecto, la temperatura media mensual varía entre los 8°C en invierno y los 26°C en verano con un número medio de 64 días de precipitación anual⁸. Los datos principales se recogen en la siguiente tabla:

<i>Tª mínima mensual</i>	7,8 °C
<i>Tª máxima mensual</i>	26,2 °C

⁵ Cáceres Impulsa, 2023.

⁶ José Antonio Ramos, “Torrejón el Rubio. En el corazón de Monfragüe”, 2016.

⁷ Dr. Fernández Santana, “El Clima en Extremadura”, s.f.

⁸ AEMET.

T^a media anual	16,3 °C
Nº días con precipitación	64,2 /año
Nº días despejados	114,1 /año
Nº medio de horas de sol	2922 /año

Tabla 1. Datos climáticos en Cáceres (Fuente: AEMET, extraído en 2023).

Adicionalmente, para el estudio de la radiación solar, el Código Técnico de la Edificación proporciona el siguiente mapa, en el cual divide el territorio español en 5 zonas según su nivel de radiación:

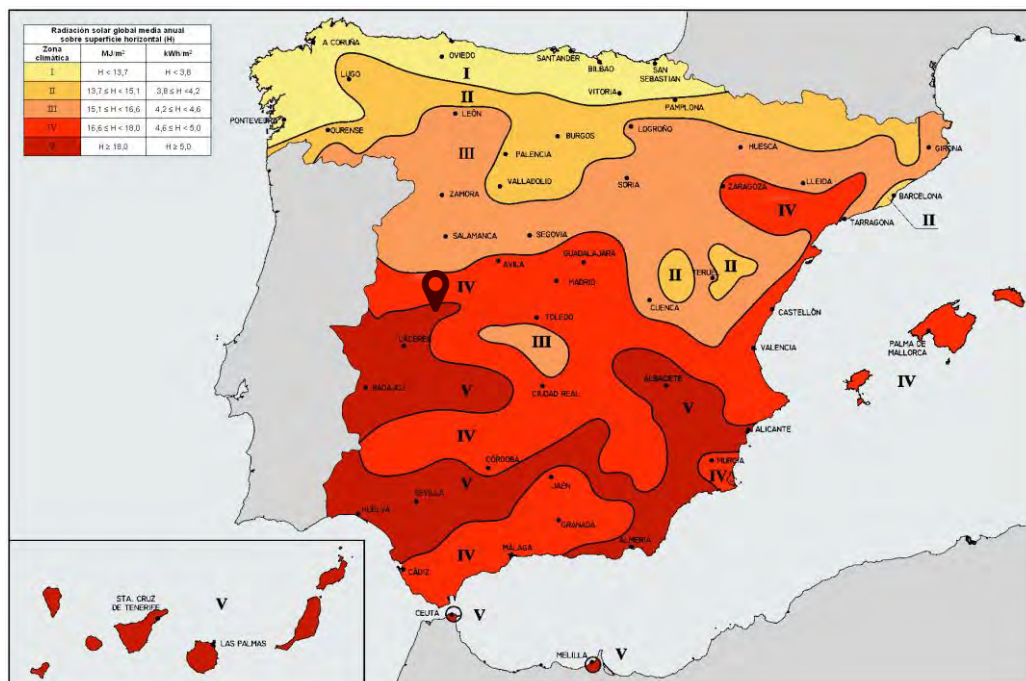


Ilustración 3. Mapa de radiación solar media diaria anual (Fuente: Código Técnico de la Edificación, extraído en 2023).

Como se puede observar, la ubicación del proyecto se encuentra en la zona V, la más alta, con un nivel de radiación de más de 5 kWh/m².

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 2. Radiación solar global media diaria anua (Fuente: Código Técnico de la Edificación, extraído en 2023).

La Agencia Estatal de Meteorología proporciona un mapa de radiación solar en España más preciso y detallado en el cual se muestra la irradiancia global media utilizando los datos del SAF (Satellite Application Facilities) de EUMETSAT (Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos), el cual se muestra a continuación:

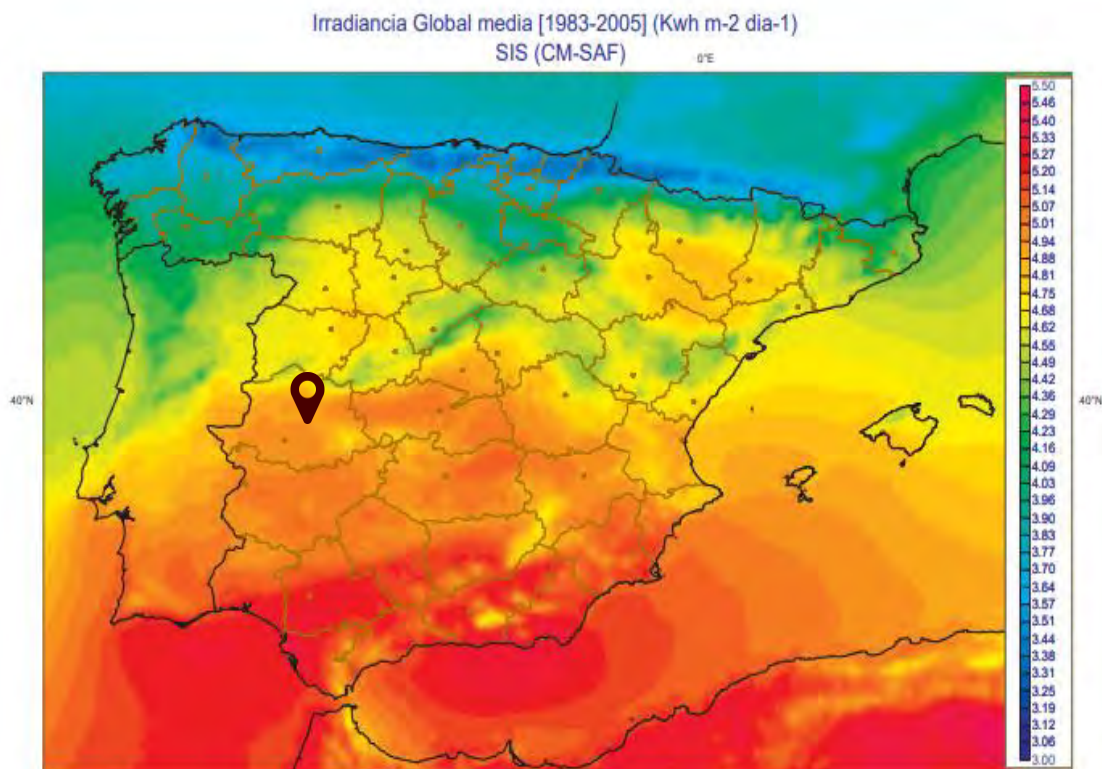


Ilustración 4. Atlas de Radiación Solar en España (Fuente: AEMET, “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, 2012).

Como se puede observar en la tabla e ilustraciones proporcionados, la ubicación del proyecto se encuentra en una de las zonas de mayor radiación solar, con un número medio de 2922 horas de sol al año, superior a la media de España que se encuentra en unas 2500 horas de luz al año⁹. Se puede concluir que en dicha ubicación existe un gran recurso solar que será beneficioso para el rendimiento y la eficiencia de la instalación fotovoltaica.

2.3 RESTRICCIONES AMBIENTALES

A la hora de planificar una instalación fotovoltaica, es importante tener en cuenta las posibles restricciones medioambientales asociadas a Red Natura 2000. Red Natura 2000 es una red de zonas protegidas establecida en virtud de la Directiva sobre hábitats y la Directiva sobre aves de la Unión Europea. Su principal objetivo es salvaguardar hábitats valiosos y especies de interés para la conservación. Esta red comprende Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas de Protección Especial (ZPE), designadas para proteger diversos hábitats y especies en toda Europa.

Cuando se plantea una instalación fotovoltaica en las proximidades de espacios Red Natura 2000, entran en juego varias restricciones medioambientales. Estas restricciones se establecen para garantizar la conservación y protección de hábitats, especies, paisajes y procesos ecológicos dentro de las zonas protegidas. El incumplimiento de estas restricciones puede acarrear consecuencias legales y posibles daños a la integridad ecológica de los lugares.

Una de las consideraciones clave es la selección del emplazamiento. Es crucial identificar ubicaciones adecuadas para la instalación fotovoltaica que minimicen los impactos negativos sobre los lugares Natura 2000, en particular las ZEC y las ZEPA (Zonas de Especial

⁹ EDP Energía, “¿Cuántas horas de sol hay al año en España?”, 2023.

Protección para las Aves). La instalación debe situarse lejos de hábitats sensibles y zonas ricas en especies para evitar la destrucción, perturbación y fragmentación del hábitat.

Además, la protección de los hábitats es de suma importancia. Las zonas Red Natura 2000 abarcan diversos hábitats como bosques, humedales, praderas y zonas costeras. A la hora de planificar una instalación fotovoltaica, hay que evaluar cuidadosamente el impacto potencial sobre estos hábitats. Deben tomarse medidas para evitar la pérdida de hábitats, preservar la conectividad y mantener los procesos ecológicos. Esto puede incluir evitar hábitats sensibles, aplicar planes de restauración de hábitats o medidas compensatorias.

La Red Natura 2000 también pretende salvaguardar diversas especies, como aves, mamíferos, reptiles, anfibios y especies vegetales de importancia para la conservación. Por lo tanto, es crucial evaluar y abordar los posibles impactos sobre estas especies durante la planificación y ejecución de la instalación fotovoltaica.

Adicionalmente, debe evaluarse cuidadosamente el impacto visual de la instalación fotovoltaica sobre el carácter del paisaje y los valores paisajísticos de las zonas Red Natura 2000. Estos lugares protegidos suelen presentar paisajes extraordinarios, por lo que es importante mitigar las posibles alteraciones visuales mediante diseños de instalación adecuados, medidas de apantallamiento o la selección de emplazamientos alternativos. También hay que tener en cuenta los efectos acumulativos de múltiples instalaciones fotovoltaicas próximas a zonas Red Natura 2000. Los impactos combinados sobre los hábitats, las especies y los procesos ecológicos deben evaluarse para garantizar que los efectos acumulativos se mantienen dentro de límites aceptables y no comprometen la integridad de las zonas protegidas.

En muchos casos, se requiere una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como parte del proceso de planificación de la instalación fotovoltaica. La EIA debe estudiar exhaustivamente los posibles efectos ambientales, incluidos los relacionados con las zonas Red Natura 2000. Debe abordar los posibles impactos sobre los hábitats, las especies, el

paisaje y los efectos acumulativos, y proponer medidas paliativas adecuadas para garantizar el cumplimiento de la normativa pertinente.

Comprendiendo y abordando estas restricciones medioambientales asociadas a Red Natura 2000, es posible desarrollar instalaciones fotovoltaicas que armonicen con los objetivos de conservación de estas zonas protegidas. Equilibrar el desarrollo de energías renovables con la protección de hábitats y especies es esencial para promover la sostenibilidad y la conservación ecológica¹⁰.

El Plan de Gestión del Área de Monfragüe, delimita la zona ZEPA “Monfragüe y las dehesas del entorno”, la zona ZEC “Monfragüe” y la zona ZEC “Arroyos Barbaón y Calzones”.

¹⁰ “Plan Director de la Red Natura 2000 en Extremadura” y “Plan de gestión del área de Monfragüe”



Ilustración 5. Zonas ZEC y ZEPA del área de Monfragüe (Fuente: "Plan de gestión del área de Monfragüe", extraído en 2023).

Como se puede observar, la explotación bajo estudio está afectada por la ZEPA "Monfragüe y las dehesas del entorno" y la ZEC "Monfragüe". Por tanto, en caso de llevar a cabo la construcción del proyecto, sería necesario un estudio de viabilidad exhaustivo y la Declaración de Impacto Ambiental pertinente para poder realizarlo.

2.4 EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA

La explotación bajo estudio está dividida en dos partes, una de ganadería y otra de agricultura. La parte de ganadería cuenta con unas 900 cabezas de ganado ovino cuya única explotación es la lana. En primavera, normalmente en abril, se realiza la esquila del ganado ovino. Ésta es realizada por varios operarios que se trasladan a la finca a realizarla. Una vez

terminada, se almacena la lana, la cual pasará a ser compactada por la empacadora de lana y, posteriormente, transportada y comercializada.

La parte de agricultura cuenta con una plantación de 60 ha dividida en 3 partes iguales de 20 ha, regadas con un pívot cada una, más una pequeña zona de regadío de 10 ha con un sistema de aspersores fijos. La explotación agrícola principal consta de maíz, trigo y tritical. En la actualidad, no se riega toda la superficie habilitada para cultivo, ya que no se cultiva todo el terreno. Esto es debido a que se busca un equilibrio entre agricultura y ganadería. Todos los motores bomba empleados para el sistema de riego tienen una potencia contratada de 60 kW, y los motores dedicados al bombeo de agua de la presa al embalse de almacenamiento tienen una potencia de 75 kW cada uno.

A continuación, se muestra las zonas de cultivo de la explotación.

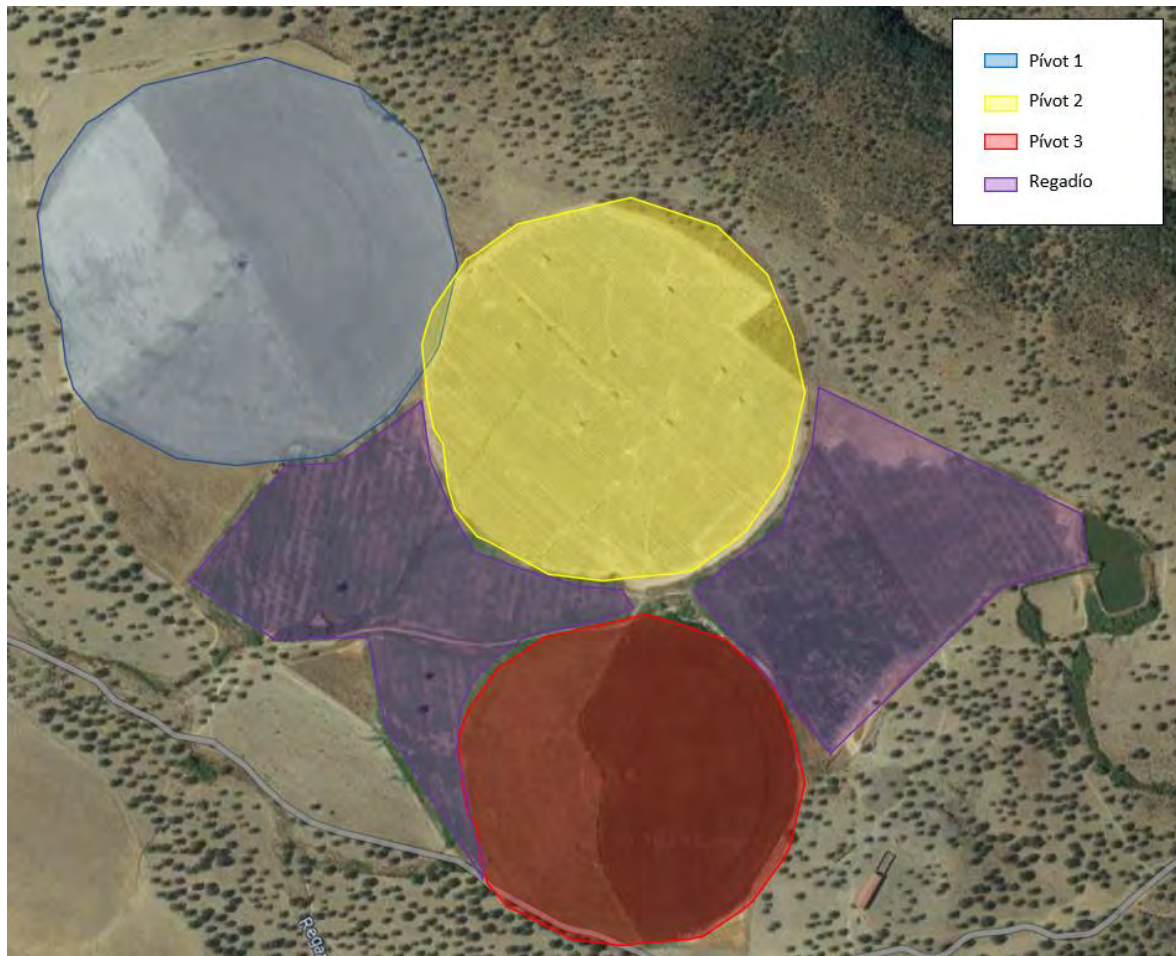


Ilustración 6. Zonas de cultivo (Fuente: elaboración propia, 2023).

Como se puede observar, existen 3 zonas regadas con un pívor cada una. Cada pívor es alimentado con una bomba. La zona de regadío está alimentada por dos bombas.

Adicionalmente, el sistema de riego cuenta con un embalse formado por una presa, situado al este de la superficie de cultivo. Esta presa cuenta con dos motores que bombean el agua de dicho embalse a otro de almacenamiento, desde el cual se impulsa el agua para el riego.



Ilustración 7. Localización del sistema de impulsión (Fuente: SigPac, extraído en 2023).

Finalmente, la explotación también cuenta con un edificio que actúa como vivienda y otros tres edificios de almacenaje, situados al oeste de la superficie de cultivo.

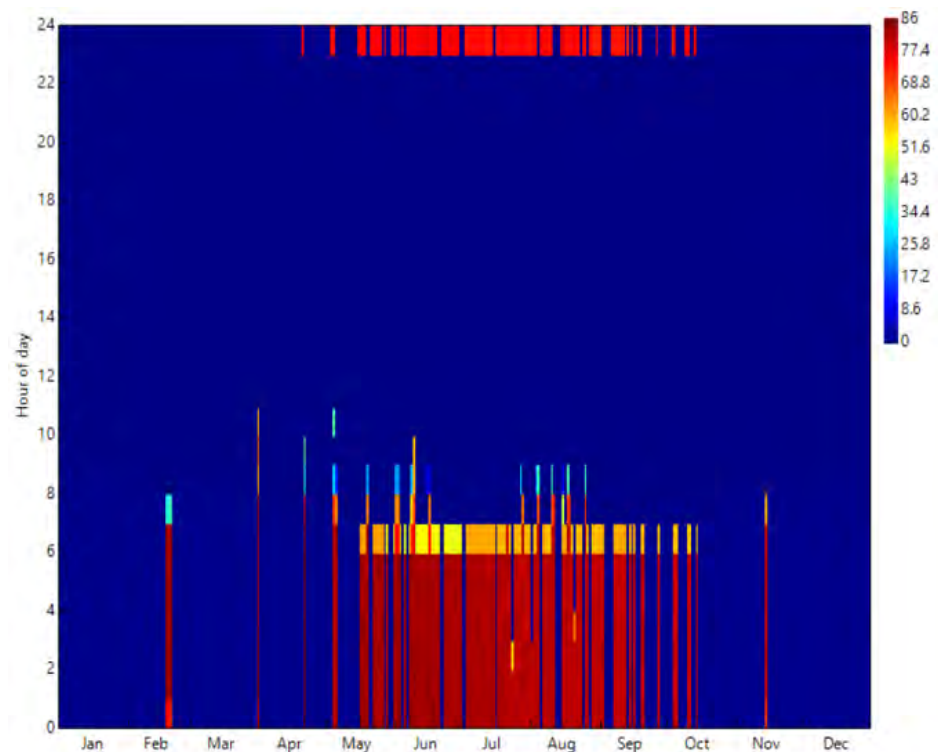


Ilustración 8. Localización de los edificios de vivienda y almacenaje (Fuente: SIgPac, extraído en 2023).

2.5 CONSUMOS

En la explotación agropecuaria bajo estudio existen tres puntos de consumo diferenciados: la vivienda, los sistemas de riego y la empacadora industrial.

1. *Vivienda y naves*: el punto de consumo que engloba la vivienda junto con las naves de almacenaje tiene una potencia contratada de 7 kW.
2. *Sistemas de riego*: la instalación de riego se puede dividir en dos puntos de consumo, la instalación de regadío y la instalación de la presa:
 - Instalación de regadío: conformada por 5 motores que presentan una potencia contratada total de 75 kW. 3 motores están destinados a los 3 pivots y los 2 restantes a la zona de regadío.
 - Instalación de la presa: En la presa existen dos motores de 75 kW que pueden funcionar en paralelo, alcanzando un consumo pico de 150 kW. Estos motores se encuentran encendidos 4 horas al día en abril y septiembre y 8 horas al día de mayo a agosto aproximadamente. A continuación, se muestra un mapa de calor del consumo del sistema de riego, realizado con el programa System Advisor Model (SAM):



Gráfica 1. Mapa de calor del consumo del sistema de riego (Fuente: SAM, 2023).

La primera información valiosa derivada del mapa de calor se refiere al horario de riego durante un día de consumo. La presencia de segmentos azul oscuro, que indican la inactividad del motor, revela que el motor está operativo entre las 00:00h y las 08:00h la mayoría de los días. Esta franja horaria coincide con la fase valle de la tarifa eléctrica actualmente contratada. El proveedor de electricidad ofrece distintos intervalos horarios clasificados como valle, llano y punta, cada uno de ellos caracterizado por importantes disparidades de precios. La franja valle presenta el coste horario más bajo de las tres. En consecuencia, el programa de riego y bombeo se realiza principalmente durante las horas nocturnas o periodos valle. Cualquier utilización de motores fuera de este período se minimiza debido a los importantes costes que puede suponer. Sólo se hacen excepciones en periodos de gran necesidad, cuando la calidad de la cosecha puede verse comprometida y la pérdida pudiera ser mayor que el gasto en periodos fuera de valle.

Adicionalmente, el gráfico muestra los meses en los que es necesario regar. El funcionamiento nocturno constante del motor comienza aproximadamente a mediados de mayo y termina alrededor de mediado de septiembre. Así pues, la temporada de riego abarca los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre. Los momentos de riego fuera de esta ventana se deben a pruebas operativas y escenarios ocasionales. Es importante destacar que el período de riego coincide con el periodo de máxima radiación solar, lo que recalca la viabilidad de implantar un sistema solar.

1. *Empacadora industrial*: el consumo de la empacadora industrial se dimensionará en el Capítulo 4. Se estimará una cantidad de cabezas de ganado ovino de 900 con una producción de 2 kg de lana al año por cabeza. Por tanto, se realizará un dimensionamiento de la empacadora teniendo en cuenta que debe cubrir una demanda de 1.800 kg anuales de lana.

2.6 CONCLUSIÓN

En este capítulo se ha descrito las partes que conforman la explotación agropecuaria, poniendo en contexto su situación geográfica, estudiando las características climáticas y ambientales de la zona, así como el consumo energético que presentan cada una de sus partes.

En los próximos capítulos, se estudiarán las distintas soluciones que presenta el mercado actual para hacer frente al proyecto y se diseñarán y dimensionarán la empacadora de lana, el sistema de riego y la instalación fotovoltaica partiendo de las condiciones de contorno descritas en este capítulo.

El siguiente capítulo estudia y analiza las múltiples posibilidades que existen para el desarrollo de este proyecto, analizando individualmente la instalación fotovoltaica, el sistema de riego y la empacadora de lana.

Capítulo 3. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se van estudiar las soluciones existentes para los tres ámbitos bajo estudio: instalación fotovoltaica, sistema de riego por bombeo y empacadora de lana.

3.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Uno de los elementos más determinante a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica son los módulos o paneles fotovoltaicos. Actualmente, se puede afrontar el diseño de una planta fotovoltaica con diferentes posibilidades de paneles.

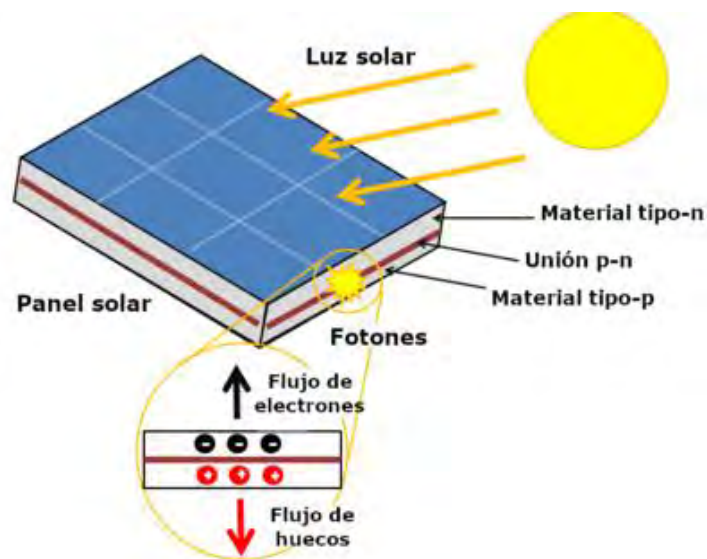


Ilustración 9. Esquema de funcionamiento de una célula solar (Fuente: Energy Education, extraído en 2023).

1. Paneles de silicio monocristalino (Mono-Si)¹¹: Los paneles de silicio monocristalino se fabrican a partir de una estructura monocristalina, lo que da como resultado una alta eficiencia y un excelente rendimiento en un espacio más reducido. Los avances en la tecnología monocristalina han permitido aumentar la eficiencia, y algunos paneles alcanzan niveles del 20-25%.
2. Paneles de silicio policristalino (Poly-Si)¹²: Los paneles de silicio policristalino se fabrican a partir de múltiples cristales de silicio, lo que hace que su producción sea menos costosa que la de los paneles monocristalinos. Sin embargo, los paneles Poly-Si suelen tener menor eficiencia que los Mono-Si.
3. Paneles solares de capa fina (Thin-Film)¹³: Los paneles solares de capa fina utilizan diversos materiales semiconductores, como el silicio amorfo (a-Si), el telurio de cadmio (CdTe) o el seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS), depositados sobre un sustrato. Los paneles de capa fina tienen menor eficiencia que los de silicio cristalino, pero ofrecen ventajas en términos de flexibilidad, diseño ligero y posibilidad de reducir los costes de fabricación.
4. Paneles bifaciales¹⁴: Los paneles fotovoltaicos bifaciales pueden generar electricidad tanto por la superficie delantera como por la trasera, captando la luz reflejada por el suelo o las superficies circundantes. Este diseño permite aumentar la producción de energía, sobre todo en entornos con un albedo elevado, como zonas cubiertas de nieve o superficies muy reflectantes.

¹¹ AlbaSolar, “Diferencias entre Si monocristalino y policristalino”, 2021.

¹² AlbaSolar, “Diferencias entre Si monocristalino y policristalino”, 2021.

¹³ Austro, “Paneles solares de capa fina”, 2023.

¹⁴ Inarquia, “Paneles bifaciales”, 2022.

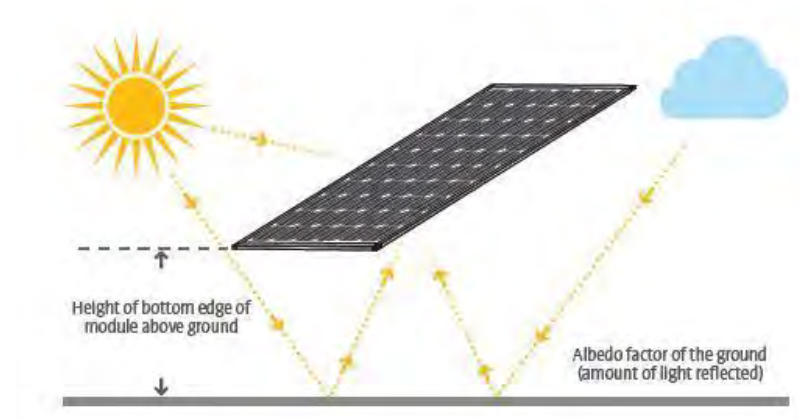


Ilustración 10. Esquema descriptivo de panel bifacial (Fuente: Dsisolar, extraído en 2023).

5. Células solares de perovskita¹⁵: Las células solares de perovskita son una tecnología relativamente nueva que ha generado gran interés a los investigadores. Estas células utilizan materiales híbridos orgánico-inorgánicos de perovskita como capa absorbente de luz. Estas células han mostrado rápidas mejoras de eficiencia. Sin embargo, la comercialización y la estabilidad a largo plazo siguen siendo retos que deben abordarse antes de su uso generalizado.

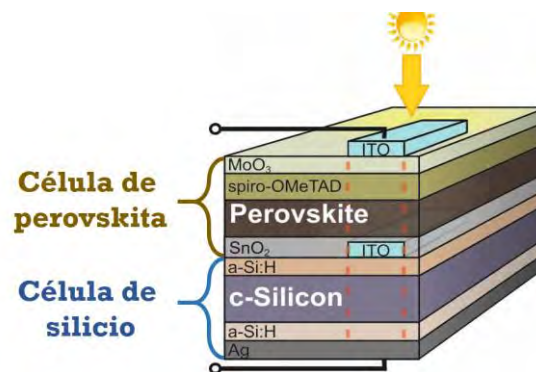


Ilustración 11. Esquema descriptivo de célula solar de perovskita (Fuente: El Periódico de la Energía, 2020).

6. Células solares en tándem¹⁶: Las células solares en tándem combinan varios materiales semiconductores con distintas bandas de energía para mejorar la absorción

¹⁵ EcoInventos, “Células solares de perovskita”, 2022.

¹⁶ PVEducation, “Células Tandem”, consultado en 2023..

de una gama más amplia del espectro solar. Este método ha demostrado ser muy prometedor para lograr mayores eficiencias, aunque siguen existiendo problemas de compatibilidad y estabilidad de los materiales.

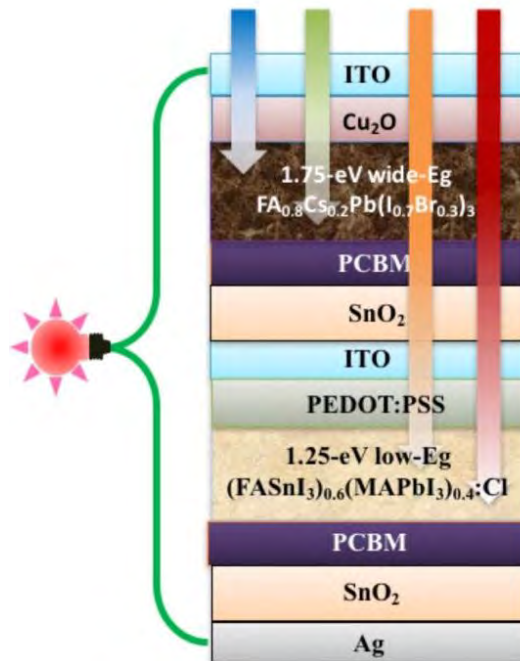


Ilustración 12. Esquema de composición de células solares en tándem (Fuente: PV Magazine, 2023).

Los inversores y los sistemas de protección son componentes cruciales de una planta fotovoltaica porque transforman la electricidad de CC (corriente continua) producida por los paneles solares en CA (corriente alterna), que puede utilizarse en las redes eléctricas, y protegen a los usuarios de diversos riesgos eléctricos. La conversión de la electricidad de CC producida por los paneles solares en electricidad de CA, que puede utilizarse para accionar dispositivos, alimentar la red o suministrar electricidad a diversas cargas, hace que los inversores sean partes esenciales de una instalación fotovoltaica. El principal objetivo de los inversores es garantizar que la energía generada por los paneles solares pueda utilizarse de forma eficiente y sea compatible con la red.

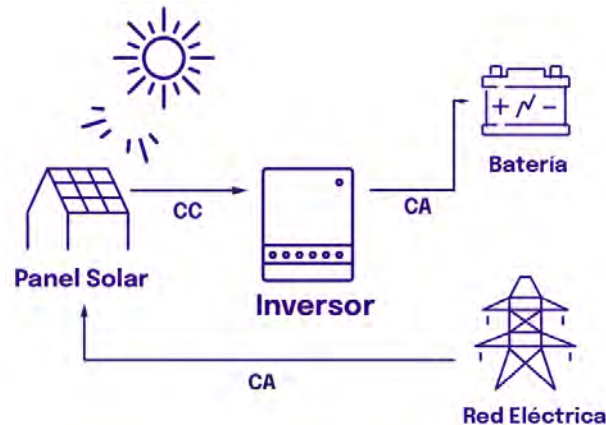


Ilustración 13. Esquema resumen del funcionamiento de un inversor (Fuente: Plena Energía, extraído en 2023).

En las instalaciones fotovoltaicas se emplean inversores de varios tipos, entre ellos:

- Inversores de cadena: Estos inversores suelen conectarse en serie a una cadena de paneles solares. Suelen emplearse en instalaciones residenciales o comerciales más pequeñas y son económicos para sistemas no tan grandes. En plantas fotovoltaicas más grandes, se emplean inversores centrales, donde varias cadenas de paneles solares están acopladas a un único inversor central. Tienen un único punto de fallo, pero son más eficaces para instalaciones a gran escala.
- Microinversores: La instalación de microinversores en cada panel solar permite controlar y optimizar mejor el rendimiento de cada panel. Suelen utilizarse en instalaciones residenciales y reducen los efectos de los paneles desajustados o las sombras.

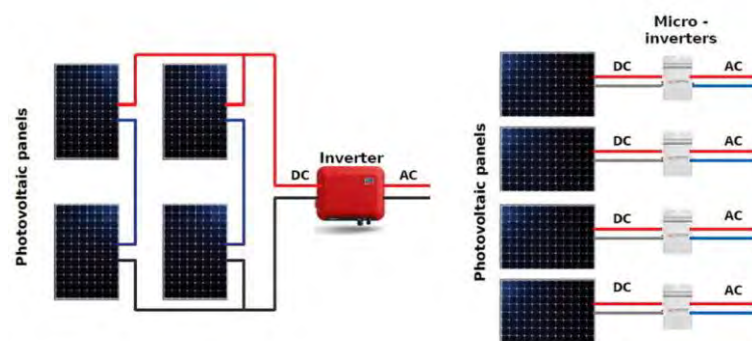


Ilustración 14. Esquema comparativo entre inversor y microinversor (Fuente: PV Magazine, 2021).

- Optimizadores de potencia: Para aumentar la potencia de salida, los optimizadores de potencia se conectan a cada panel solar y trabajan en tándem con un inversor central. Permiten el seguimiento del punto de potencia y la supervisión individual de cada panel para mejorar la eficiencia.¹⁷

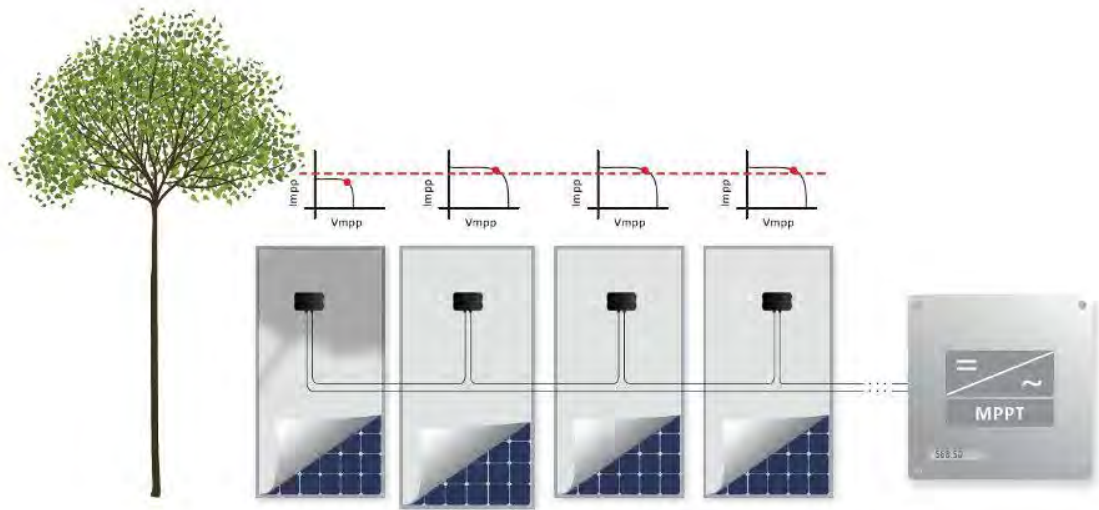


Ilustración 15. Esquema descriptivo de optimizadores de potencia (Fuente: A-sol, extraído en 2023).

Otro de los aspectos a tener en cuenta en una instalación fotovoltaica son las protecciones. Para garantizar un funcionamiento seguro y fiable y evitar daños en la maquinaria y los componentes eléctricos, las medidas de protección de una planta fotovoltaica son esenciales.

Los fusibles y disyuntores se emplean como dispositivos de protección contra sobrecorriente para proteger el sistema de corrientes elevadas que podrían causar daños en los equipos o incendios. Estos componentes se colocan en ubicaciones clave del sistema, como los lados de CC y CA de los inversores y las cajas combinadoras.

Para proteger el sistema de las circunstancias de sobretensión provocadas por rayos u oscilaciones de la red, se utilizan protectores contra sobretensiones o pararrayos. Estos

¹⁷ Powen, “Inversores solares o fotovoltaicos: ¿qué son y cómo funcionan?”, 2020.

componentes evitan daños en el sistema fotovoltaico dirigiendo el exceso de electricidad a tierra.

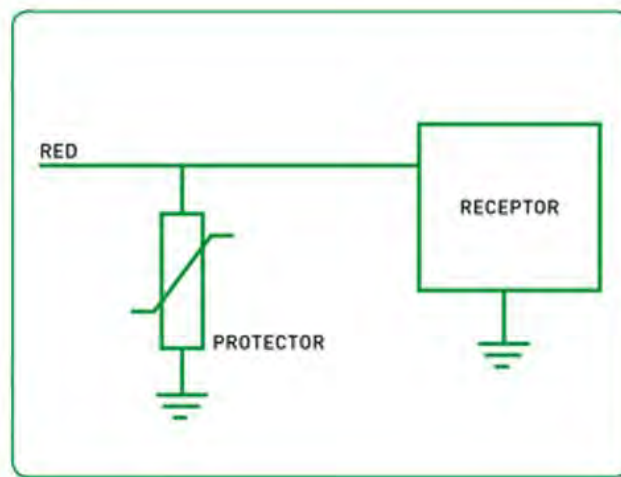


Ilustración 16. Instalación de un dispositivo de protección contra sobretensiones (Fuente: Cirprotec, extraído en 2023).

Para detectar y aislar fallos de tierra sistémicos, garantizar la seguridad y evitar daños en los equipos, la protección contra fallos de tierra es crucial. Los dispositivos de detección de fallos a tierra se utilizan tanto en el lado de CC como en el de CA del sistema.

Las estrategias de protección térmica, incluidos los sensores o dispositivos térmicos, ayudan a evitar el sobrecalentamiento del sistema fotovoltaico causado por una radiación solar excesiva o temperaturas ambiente elevadas.

Las instalaciones fotovoltaicas incorporan sistemas integrales de supervisión y control para realizar un seguimiento continuo de diversos parámetros, detectar problemas y ofrecer información para la evaluación del rendimiento y el mantenimiento¹⁸.

¹⁸ Albasolar, “Elementos de protección de la instalación fotovoltaica”, 2021.

3.2 SISTEMA DE RIEGO

Actualmente existe una instalación de regadío en la finca bajo estudio. Este sistema está formado por un pantano con una presa, que actúa como fuente principal de agua para el riego. Esta presa cuenta con dos bombas de 75 kW cada una, dispuestas en paralelo, cuya función es transportar el agua almacenada en el pantano hacia un embalse superior, el cual tiene una capacidad aproximada de 8.000 m³. Estas bombas vencen una altura de 55 metros desde la presa hasta el embalse de almacenamiento y aportan un caudal conjunto de 160 l/s. Una vez el agua se encuentra en el embalse superior, éste se reparte hacia los distintos puntos de riego a través de 5 bombas. Estos puntos de riego son los tres pivots, alimentados por una bomba cada uno, más un sistema de aspersores fijos que cuenta con dos motores.

Cuando se trata de optimizar un sistema de riego, la selección de tuberías y bombas de riego adecuadas es crucial para lograr eficiencia y eficacia. Actualmente existen distintas soluciones para la optimización del sistema de riego.

Tuberías:

- Tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE)¹⁹: Las tuberías de HDPE se utilizan ampliamente para el riego debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y flexibilidad. Tienen bajas pérdidas por fricción, lo que permite un flujo eficaz del agua. Las tuberías de HDPE están disponibles en varios diámetros y pueden soportar altas presiones, lo que las hace adecuadas para sistemas de riego a larga distancia y presurizados.

¹⁹ Eurotubo, “Tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)”, 2020.

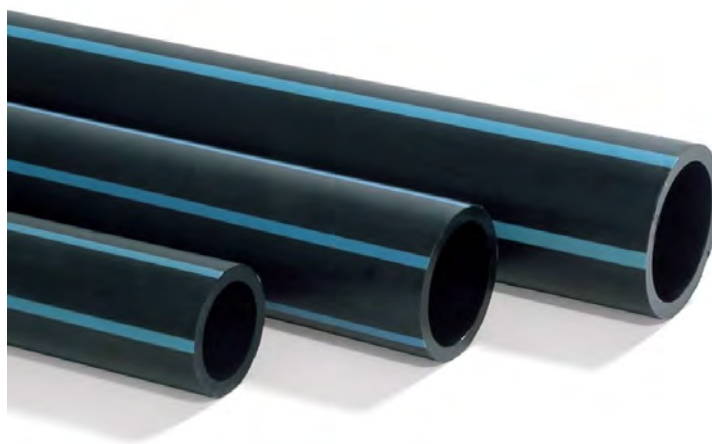


Ilustración 17. Tuberías de polietileno de alta densidad (Fuente: Gardeneas, extraído en 2023).

- Tuberías de PVC²⁰: Las tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) se utilizan habitualmente para sistemas de riego. Son rentables, ligeras y fáciles de instalar. Las tuberías de PVC ofrecen una buena resistencia a los productos químicos, la abrasión y la intemperie. Sin embargo, no se recomiendan para aplicaciones de alta presión.

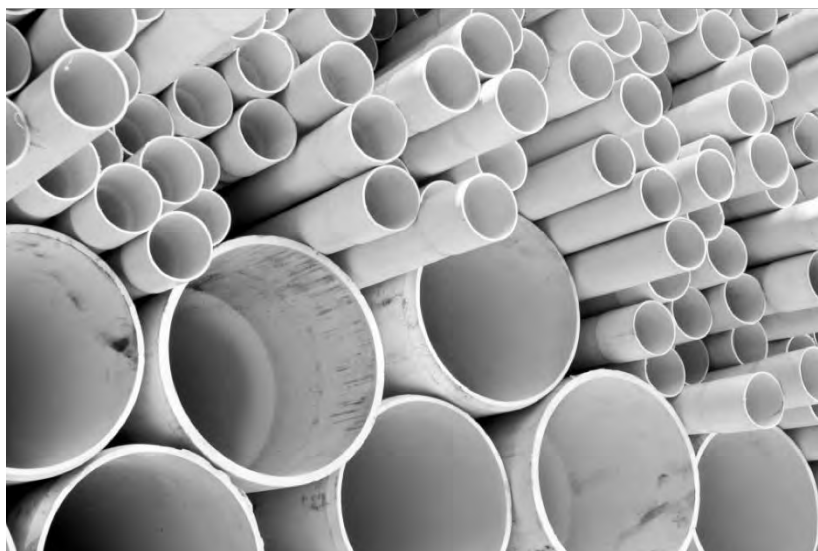


Ilustración 18. Tuberías de PVC (Fuente: Silverplastic, extraído en 2023).

²⁰ Servei Estació, “Tubos de PVC: Usos y características básicas”, 2019.

- Tuberías de riego por goteo²¹: Los sistemas de riego por goteo suelen utilizar tuberías especializadas fabricadas con materiales como el polietileno (PE) o el cloruro de polivinilo (PVC). Las tuberías de goteo están diseñadas para suministrar agua directamente a las raíces de las plantas a un caudal bajo. Estos tubos tienen emisores precisos o goteros espaciados a intervalos específicos, lo que garantiza una distribución eficaz del agua con pérdidas mínimas.



Ilustración 19. Tuberías de riego por goteo (Fuente: AgroHuerto, extraído en 2023).

- Microtubos de riego²²: Los sistemas de micro riego, como los microaspersores o los microchorros, utilizan tubos de menor diámetro fabricados con materiales como el PE o el PVC. Esta tubería es adecuada para suministrar agua en zonas localizadas, como plantas individuales o pequeñas secciones de un campo.

²¹ Prakor, “Tipos de tubería para un sistema de riego por goteo agrícola”, 2018.

²² Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, “Guía de instalación y uso de micro riego”, 2013.



Ilustración 20. Microtubos para riego (Fuente: Sertec, extraído en 2023).

Bombas de riego:

- Bombas centrífugas²³: Las bombas centrífugas se utilizan habitualmente en los sistemas de riego por su fiabilidad y eficacia. Funcionan convirtiendo la energía de rotación en energía cinética, que se utiliza para mover el agua. Estas bombas están disponibles en varios tamaños y configuraciones para adaptarse a diferentes caudales y requisitos de presión.

²³ Pompes Intercal, “Ventajas de las bombas centrífugas para uso agrícola“, 2021.

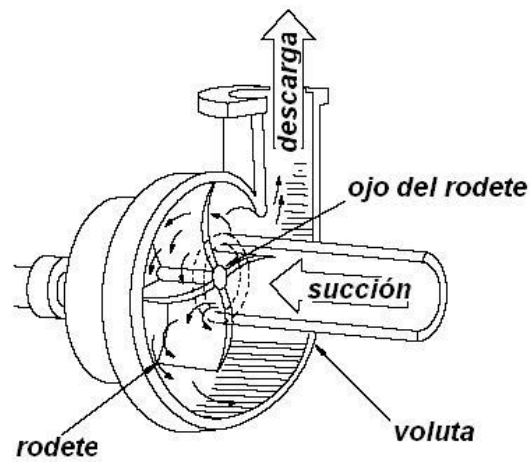


Ilustración 21. Esquema descriptivo de bomba centrífuga (Fuente: Full Mecánica, extraído en 2023).

- Bombas sumergibles²⁴: Las bombas sumergibles están diseñadas para sumergirse en el agua, normalmente en pozos o fuentes de agua. Son adecuadas para bombear agua a la superficie con fines de riego. Las bombas sumergibles suelen utilizarse en situaciones en las que es necesario elevar el agua desde una profundidad considerable.

²⁴ Gargil, “Que son las bombas sumergibles y sus características técnicas”, 2021.

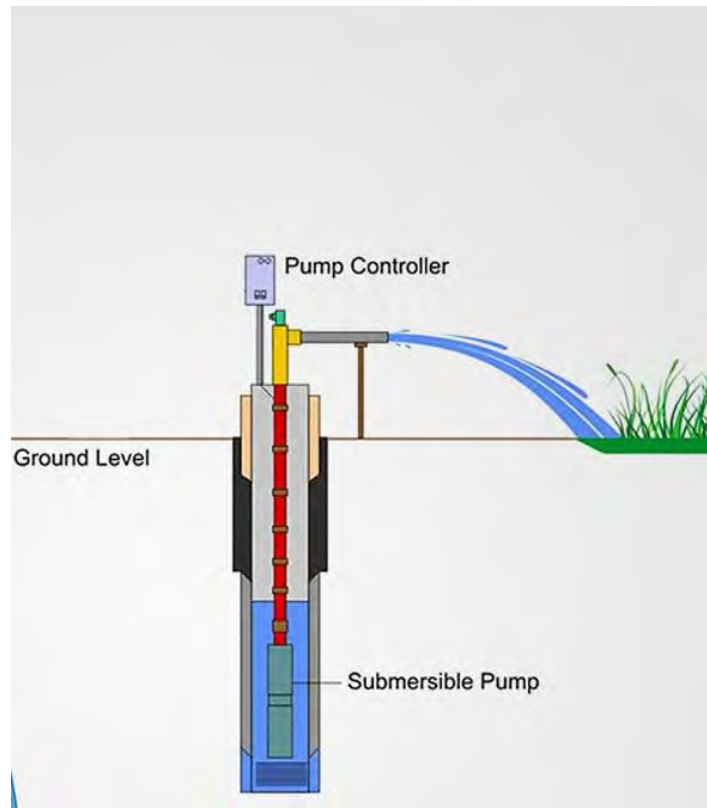


Ilustración 22. Bomba sumergible (Fuente: Liyuan, extraído en 2023).

- Bombas de turbina vertical²⁵: Las bombas de turbina son adecuadas para aplicaciones de gran caudal y baja presión. Suelen utilizarse en fuentes de agua subterránea o de pozos profundos. Las bombas de turbina son conocidas por su eficiencia energética y su capacidad para manejar grandes volúmenes de agua. También se conocen como turbobombas, bombas de sumidero o turbobombas de pozo profundo.

²⁵ Sintech, “Bombas de turbina vertical y cómo funcionan“, 2021.

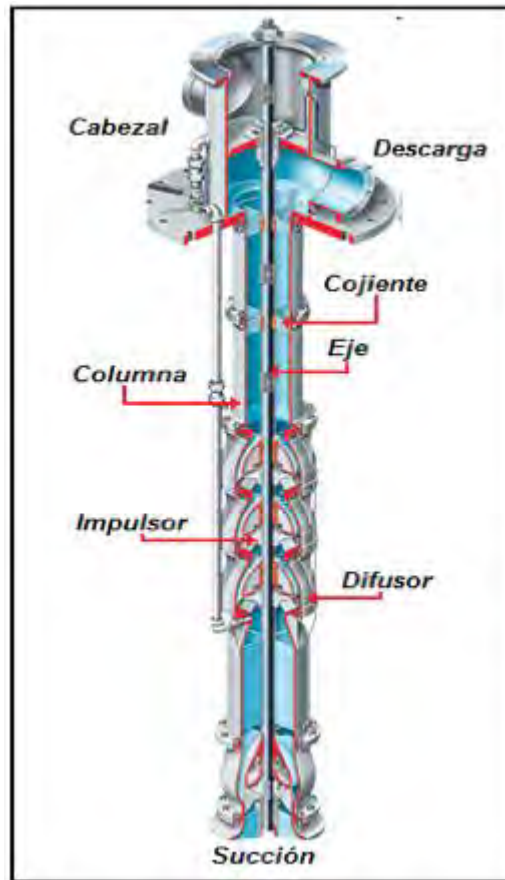


Ilustración 23. Esquema descriptivo de bomba de turbina vertical (Fuente: Predictiva21, extraído en 2023).

- Bombas de velocidad variable²⁶: Las bombas de velocidad variable, también conocidas como bombas de variador de frecuencia (VFD), permiten ajustar la velocidad de la bomba en función del caudal requerido. Esta característica proporciona flexibilidad para adaptarse a la demanda del sistema de riego, lo que se traduce en un ahorro de energía y una mayor eficiencia.

²⁶ Innovación de Geosintéticos y Construcción, “¿Qué son los sistemas de bombeo de velocidad variable?”, 2019.

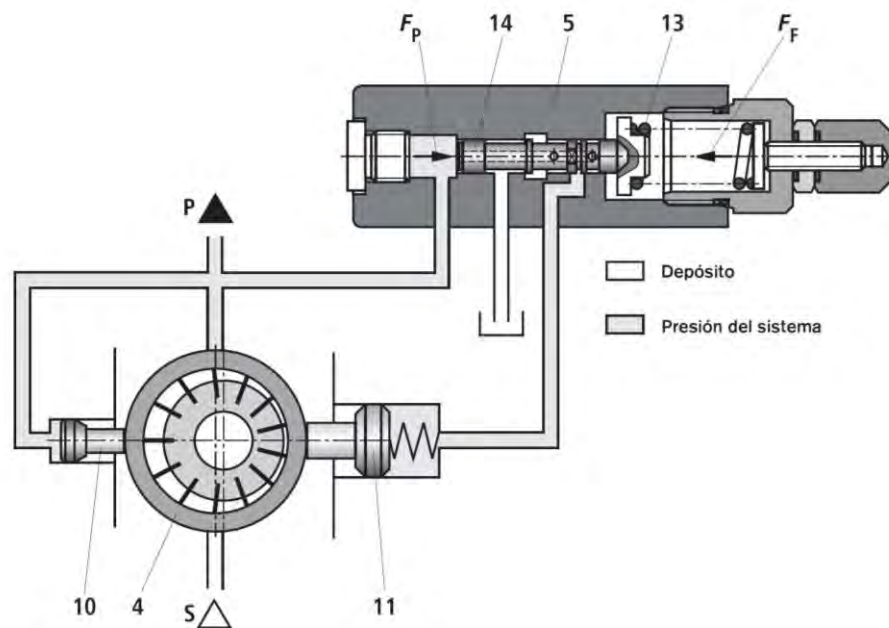


Ilustración 24. Esquema descriptivo de bomba de velocidad variable (Fuente: Area Mecánica, extraído en 2023).

3.3 EMPACADORA DE LANA

Actualmente, en la finca bajo estudio, no existe ningún tipo de industria que explote el cultivo agrícola o la producción ganadera. Sin embargo, se va a estudiar la posibilidad de incluir una empacadora de lana, explotando así la producción de lana del ganado ovino existente.

Las empacadoras automáticas de lana han experimentado avances significativos para mejorar la eficacia y la estandarización del proceso de empacado de la lana. Estos avances abarcan tanto aspectos tecnológicos como operativos. Entre los avances más destacados en este campo se encuentran los siguientes:

- Sistemas de automatización y control: Las empacadoras automáticas de lana de última generación integran sofisticados sistemas de automatización y control para

agilizar las operaciones. Estos sistemas permiten un control preciso de parámetros clave como el tamaño de la bala, la fuerza de compresión, los mecanismos de atado y la funcionalidad del transportador.

- **Tamaño y peso de paca personalizables:** Las modernas empacadoras automáticas de lana ofrecen flexibilidad a la hora de producir balas de lana de distintos tamaños y pesos para satisfacer las demandas específicas del mercado. Esta adaptabilidad permite adaptar las balas a los requisitos de los compradores de lana y optimizar la logística de transporte.
- **Compresión y empaquetado mejorados:** Las empacadoras avanzadas aprovechan los sistemas hidráulicos o mecánicos para lograr altas relaciones de compresión, lo que da como resultado pacas de lana muy compactas y densas. Estas mejoras aumentan significativamente la eficacia del transporte al tiempo que reducen las necesidades de espacio de almacenamiento.
- **Mecanismos innovadores de atado de balas:** Las empacadoras automáticas de lana de última generación incorporan innovadores mecanismos de atado que sujetan las balas de forma segura, minimizando el riesgo de que se deshagan durante la manipulación y el transporte. Estos mecanismos emplean materiales como alambre o cuerda para garantizar la integridad de la paca.

Existen varios tipos de empacadoras automáticas de lana que satisfacen las necesidades de producción. Algunos de los tipos más empleados son los siguientes²⁷:

- **Empacadoras verticales:** Las empacadoras verticales se utilizan ampliamente en las instalaciones de procesamiento de lana, empleando la compresión vertical para dar forma a balas rectangulares o cilíndricas. Conocidas por su diseño compacto y su facilidad de manejo, estas empacadoras son adecuadas para volúmenes de producción moderados.

²⁷ XTPACK. Fabricante de empacadoras.

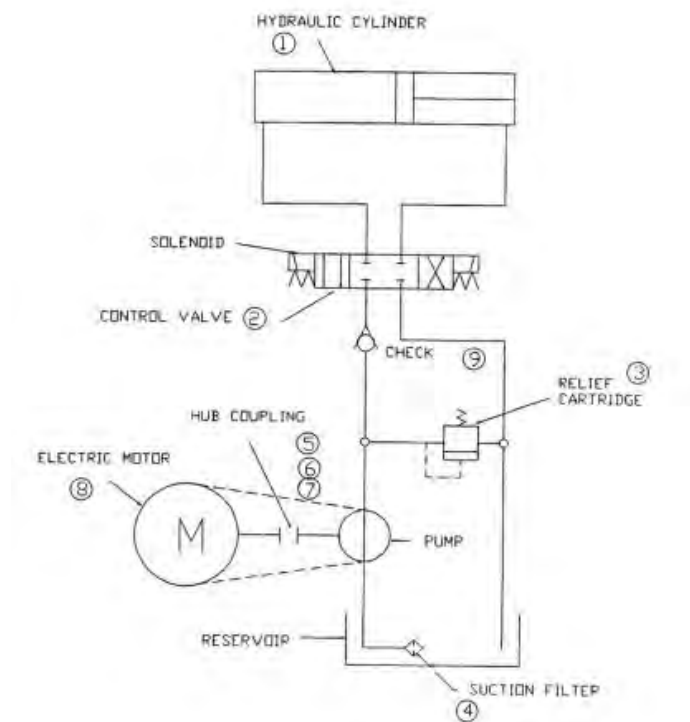


Ilustración 25. Esquema de funcionamiento de empacadora vertical (Fuente: ACE, extraído en 2023).

- Prensas horizontales: Las empacadoras horizontales, que funcionan con compresión horizontal, generan balas más grandes y son las más utilizadas para el procesamiento de lana de gran volumen. A menudo integradas con sistemas transportadores para la alimentación automática de material, estas prensas ofrecen una mayor capacidad de producción.

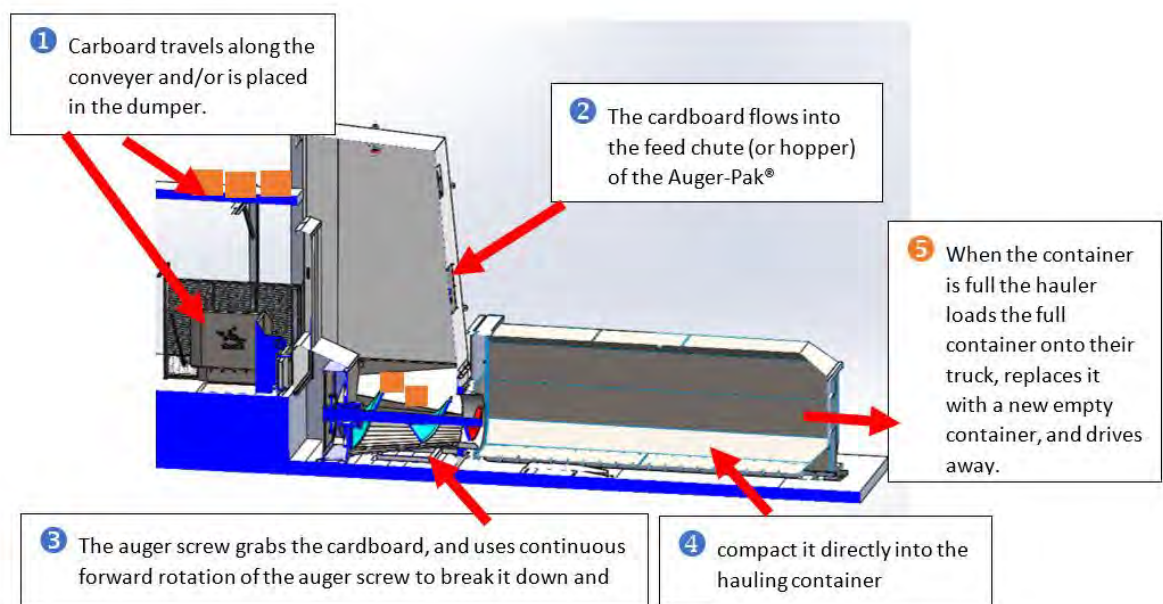


Ilustración 26. Esquema de funcionamiento de empacadora horizontal (Fuente: Komar, extraído en 2023).

- Empacadoras de dos cilindros: Las empacadoras de dos cilindros son soluciones de alta resistencia diseñadas para operaciones extensas de procesamiento de lana. Equipadas con dos cilindros hidráulicos, uno para la compresión y otro para la expulsión, estas empacadoras facilitan una alta productividad y son capaces de manipular varios tipos de lana con eficacia.

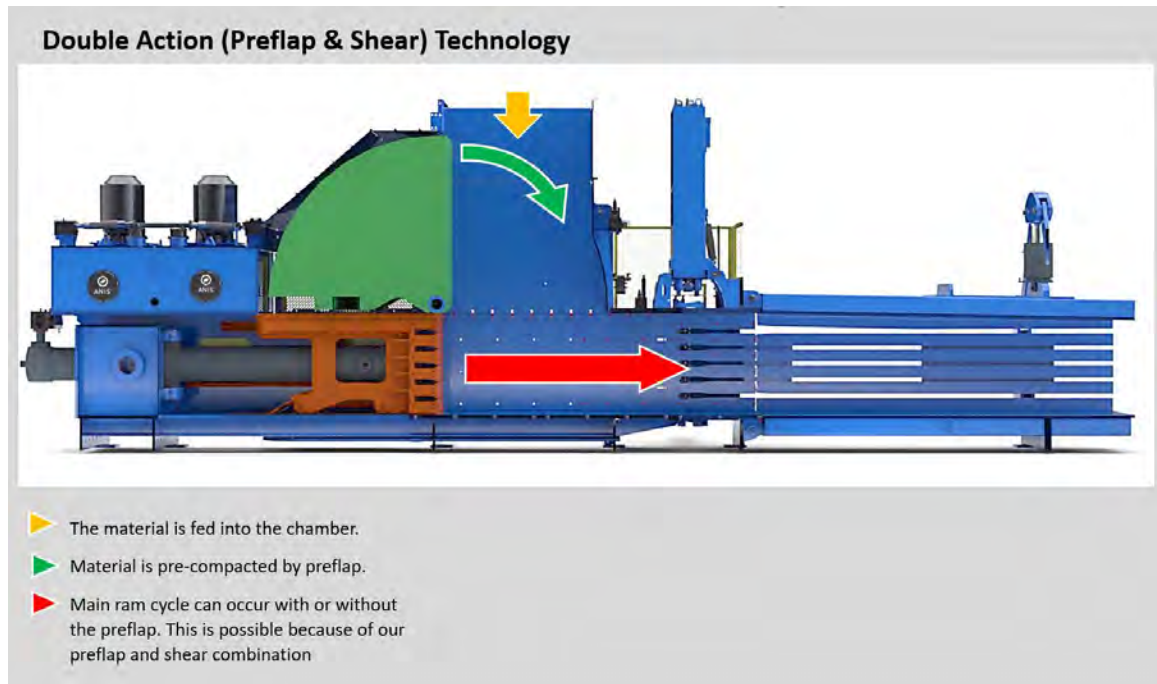


Ilustración 27. Esquema de funcionamiento de empacadora de dos cilindros (Fuente: Anis, extraído en 2023).

- Sistemas de empacado continuo: Los sistemas de empacado continuo representan soluciones avanzadas en las que las fibras de lana se introducen continuamente en la empacadora, eliminando la necesidad de intervención manual. Estos sistemas garantizan elevados niveles de productividad, lo que los hace idóneos para el procesamiento de lana a gran escala.

3.4 CONCLUSIÓN

Una vez comentado y estudiado las diferentes soluciones existentes para los tres ámbitos bajo estudio, se va a diseñar y dimensionar cada uno individualmente. Se empezará con el siguiente capítulo: Empacadora de lana, posteriormente se estudiará el Sistema de riego y por último la Instalación fotovoltaica. Este orden es debido a que, para poder realizar un dimensionamiento preciso y correcto de la instalación fotovoltaica, es necesario conocer el consumo real de la empacadora de lana y del sistema de riego.

Capítulo 4. EMPACADORA DE LANA

4.1 DESCRIPCIÓN

Las fibras de lana se comprimen y empaquetan en balas uniformes a través de una empacadora de lana, una máquina especializada utilizada en el negocio de la lana. Es esencial para agilizar los procedimientos de almacenamiento, envío y comercialización relacionados con la producción de lana. El objetivo principal de una empacadora de lana es asegurarse de que las fibras de lana se agrupan de forma compacta y uniforme, aumentando la eficacia de la cadena de suministro de lana. La empacadora de lana trabaja compactando la lana procesada o suelta en balas compactadas. Para comprimir la lana y obtener una alta densidad, es necesario aplicar fuerza (típicamente hidráulica o mecánica) para reducir el volumen de la fibra. Para asegurar la paca y evitar que se deshaga durante la manipulación y el transporte, la lana comprimida se mantiene unida mediante diversas técnicas de atado, como alambres o cordeles.

Existen varios tipos de prensas de lana para satisfacer las distintas necesidades y niveles de producción de la industria de lana. La empacadora de lana vertical, que funciona en una configuración vertical, es una de las más populares. La lana se introduce en la empacadora por la parte superior y se producen balas rectangulares o cilíndricas como resultado de la compresión vertical. Debido a su asequibilidad y sencillez, las empacadoras verticales se utilizan con frecuencia en operaciones de procesamiento de lana pequeñas y medianas.

Las prensas de lana horizontales se recomiendan para operaciones a gran escala. La lana se introduce en estas empacadoras por el lateral y se aprieta horizontalmente mientras funcionan. Para operaciones de empacado de lana a escala industrial, las empacadoras

horizontales son preferibles a las verticales porque pueden producir pacas más grandes y pesadas.

Las prensas de lana de dos cilindros se utilizan en operaciones de procesamiento de lana de alta resistencia. En estas empacadoras se utilizan dos cilindros hidráulicos, uno para comprimir la lana y el otro para descargar la paca terminada. La compactación y densidad mejoradas son posibles gracias al diseño de dos cilindros, lo que da como resultado balas muy compactas. Las empacadoras de dos cilindros son ideales para plantas de procesamiento de lana de gran volumen que necesitan manipular mucha lana de forma eficiente.

En el mercado también se ofrecen empacadoras de lana automáticas y semiautomáticas. La lana debe cargarse manualmente en las empacadoras semiautomáticas; la compactación y el empacado son procedimientos mecanizados. Por otro lado, las empacadoras totalmente automáticas pueden controlar cada paso del proceso de empacado, desde la alimentación de la lana hasta la expulsión de la paca. Estas empacadoras utilizan tecnologías modernas y sistemas integrados para maximizar la productividad y la eficacia de los procesos de tratamiento de la lana.

La cantidad de lana que se procesa, el tamaño de paca deseado, los volúmenes de producción, el espacio disponible y las consideraciones económicas influyen en la elección de un modelo concreto de empacadora de lana. Además, al seleccionar la mejor empacadora de lana para una determinada instalación de procesamiento de lana, deben tenerse en cuenta las características de seguridad, los aspectos medioambientales y la compatibilidad con los equipos existentes.

4.1.1 LOCALIZACIÓN

Dentro de la explotación agropecuaria, la empacadora de lana se situará lo más cerca posible del lugar de esquilado, así como de un punto de conexión al sistema eléctrico. Debido al tamaño de las empacadoras, se pueden colocar en el interior de uno de los edificios de la explotación destinados a almacenaje de maquinaria y cobertizo para el ganado.



Ilustración 28. Lugar de instalación de la empacadora (Fuente: SigPac, 2023).

Dependiendo de la empacadora seleccionada y su tamaño, estará situada en un edificio o en otro, pudiendo llegar a plantear la posibilidad de construir un pequeño cobertizo dedicado exclusivamente a la empacadora. Se intentará evitar esta idea debido a su coste añadido.

4.2 CÁLCULOS

La explotación cuenta con unas 900 cabezas de ganado ovino. Por la experiencia de la explotación se llega a la conclusión que de cada cabeza se puede esquilarse 2kg de lana al año, lo que supone una producción anual de 1800 kg de lana a empacar.

La temporada de esquilado de las ovejas empieza en primavera, en torno al mes de abril, y la duración del esquilado es de unos 3 días, dependiendo del número de esquiladores. Por tanto, el empacado de lana se podrá realizar en un período laboral flexible, el cual se decidirá según las características de las máquinas y sus consumos.

Se intentará realizar el empaclado en el menor tiempo posible, sin llegar a sobredimensionar la empacadora para evitar una inversión innecesaria. Esto abriría las puertas a poder comerciar con la lana de explotaciones cercanas y colindantes para realizar el empaclado.

4.3 EVALUACIÓN DE EQUIPOS

Debido a que la producción de la explotación agrícola es lana, el abanico de empacadoras disponibles se reduce. La primera decisión a tomar es si se requiere una empacadora automática o semiautomática. Por un lado, la empacadora automática tiene un nivel mayor de producción, sin embargo, requiere una mayor inversión y un consumo eléctrico mayor. Por otro lado, la empacadora semiautomática requiere menor inversión, su consumo es menor, pero requiere de un operario para su correcto funcionamiento. También se debe distinguir entre empacadora vertical y empacadora horizontal. La principal diferencia es el lugar donde se introduce la lana y la dirección de prensado, como se ha explicado anteriormente. Además, la principal ventaja de las empacadoras horizontales es su capacidad de producción, ya que permiten obtener pacas de mayor tamaño y peso.

Debido a esto, se va a realizar una comparación entre una empacadora semiautomática y automática. Se va a analizar la inversión necesaria, gastos de transporte, consumo eléctrico, producción por hora, etcétera.

4.3.1 COMPARATIVA ENTRE EMPACADORAS

Tras la búsqueda y comparación previa entre distintos proveedores, se ha decidido centrarse en el proveedor XTPACK, una empresa con sede en Nantong City, China, especializada en la producción y distribución de empacadoras para distintos fines. Tras un estudio conjunto de las necesidades requeridas de la explotación, se ha llegado a las dos opciones más factibles de empacadoras:

1. *Modelo 300KL8060*: empacadora vertical semiautomática.



Ilustración 29. Empacadora vertical 300KL8060 (Fuente: XTPACK, 2023).

2. *Modelo 200W5050: empacadora horizontal automática.*



Ilustración 30. Empacadora horizontal automática 200W5050 (Fuente: XTPACK, 2023).

Ninguna de estas empacadoras se utiliza exclusivamente para lana, debido a que la demanda de empacadoras laneras no es lo suficientemente alta para ello. Sin embargo, ambas empacadoras se pueden emplear para lana de oveja.

A continuación, se va a realizar una comparativa de las características técnicas de ambos modelos:

<i>Características</i>	<i>300KL8060</i>	<i>200W5050</i>
Potencia (kW)	5,5	11
Peso (kg)	1400	3000
Dimensiones (m)	1,28*0,85*3,3	3,6*2,5*1,65
Tamaño de entrada (m)	0,8*0,5	0,65*0,48
Cámara de empacar (m)	1,5	-
Tamaño de paca (m)	0,8*0,6*(0,2-1)	0,65*0,5*0,5
Peso de paca (kg)	30 - 120	84 - 100
Producción (pacas/h)	3 - 5	10 - 12
Capacidad (toneladas/h)	0,09 - 0,6	1

Tabla 3. Comparativa técnica de las empacadoras.

Como se puede observar, la capacidad de producción de la empacadora horizontal es considerablemente mayor. La producción de lana de la explotación agropecuario son 1800 kg anuales. La empacadora vertical necesita emplear 20 horas para empacar dicha cantidad, mientras que la empacadora horizontal necesita emplear 1,8 horas.

Debido a que la empacadora vertical es semiautomática, se requiere un operario para su funcionamiento. Por tanto, para poder realizar una comparativa económica, hay que tener en cuenta el coste de dicho operario. Para ello se van a tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Horas de trabajo: se utiliza el caso más desfavorable (3 pacas por hora y 30 kg por paca).

$$\frac{1800 \text{ kg}}{3 \frac{\text{pacas}}{\text{h}} * 30 \text{ kg/paca}} = 20 \text{ horas/año}$$

- Coste de mano de obra: tomando como referencia el salario de empleos con estas características, se estima un coste de 15€/hora.
- Tasa de descuento: 4,116% (tomando como valor el EURIBOR del día 26 de julio de 2023)²⁸.
- Vida útil: se toma como referencia los años de vida útil del proyecto, 25 años.

Para obtener el coste de mano de obra total, se realiza el Valor Actual Neto:

$$VAN = \sum_{t=25}^{t=1} \frac{20 * 15}{(1 + 0,004116)^t} = 4820,24€$$

A continuación, se va compararlas características económicas de ambas:

<i>Características</i>	<i>300KL8060</i>	<i>200W5050</i>
Coste	4.900 €	28.000 €
Coste de transporte	200 €	2.500 €
Mano de obra	4.820,24 €	0 €
TOTAL	9.920,24 €	30.500 €

Tabla 4. Comparativa económica de las empacadoras.

²⁸ EURIBOR Diario.

4.3.2 CONCLUSIONES

Como se puede observar de los resultados que se han obtenido de la comparativa, la empacadora horizontal está sobredimensionada con respecto a las necesidades de producción de la explotación. La empacadora vertical tiene menos capacidad de producción, sin embargo, ésta está más ajustada a las necesidades de la explotación. Además, la empacadora vertical presenta un consumo eléctrico menor.

Adicionalmente, la comparativa económica muestra claramente la diferencia en la inversión y coste requeridos por ambas empacadoras. La empacadora vertical, aunque requiera un operario para su funcionamiento, resulta más asequible con una inversión tres veces menor que la empacadora horizontal.

Debido a esto, la empacadora seleccionada para la producción de lana de la explotación es el modelo **300KL8060, empacadora vertical semiautomática.**

La ficha técnica de la empacadora se mostrará en el *Anexo I – Fichas técnicas e informes.*

4.4 PRESUPUESTO

El presupuesto a tener en cuenta del sistema de la empacadora es la compra y el transporte de la propia máquina de empacar.

A continuación, se muestra una tabla resumen con el presupuesto requerido para dicha empacadora.

<i>Características</i>	<i>Presupuesto</i>
<i>Precio de compra</i>	4.900 €
<i>Coste de transporte</i>	200 €
<i>Mano de obra</i>	4.820,24 €
<i>TOTAL</i>	<i>9.920,24 €</i>

Tabla 5. Presupuesto de la empacadora vertical (Fuente: elaboración propia, 2023).

La explotación agropecuaria tiene una producción de lana reducida como para necesitar una empacadora, sin embargo, es una puerta hacia la atracción de explotaciones cercanas para que se empaque y exporte su lana en esta explotación, lo que aumentaría el negocio y el beneficio de la misma. En el siguiente capítulo se realizará un estudio y optimización del sistema de riego.

Capítulo 5. SISTEMA DE RIEGO

5.1 DESCRIPCIÓN

El sistema de regadío bajo estudio consiste en una infraestructura que facilita el suministro eficiente de agua para fines agrícolas. El sistema incorpora componentes como bombas de riego, una presa y un depósito de almacenamiento, para garantizar una gestión óptima del agua.

Una característica destacada del sistema es la presa, situada estratégicamente para captar y almacenar agua de fuentes naturales como ríos o arroyos y del propio arroyo de la Vid. La presa actúa como depósito vital de agua, proporcionando un suministro fiable y sostenible para las actividades de regadío. Actúa como fuente primaria de agua, acumulándola y reteniéndola durante los periodos de mayor caudal, normalmente durante la estación lluviosa.

Para facilitar el movimiento del agua, el sistema incorpora bombas de impulsión, que desempeñan un papel crucial en el trasvase de agua desde la presa a un embalse de almacenamiento designado. Estas bombas de impulsión están estratégicamente situadas y equipadas con los mecanismos de bombeo necesarios para garantizar una extracción y un trasvase eficaces del agua. Las bombas se seleccionan en función de factores como el caudal necesario, la presión de elevación y la eficiencia energética, garantizando un rendimiento óptimo y un consumo mínimo de energía.

El embalse de almacenamiento, parte integrante del sistema, actúa como instalación intermedia de almacenamiento de agua. Su función principal es almacenar el agua bombeada desde la presa para su uso posterior en actividades de regadío. El embalse sirve de amortiguador, permitiendo la acumulación y almacenamiento de agua en épocas de

excedente de suministro, al tiempo que garantiza una fuente de agua constante y fiable durante los periodos secos o de alta demanda.

Dentro del sistema de riego, hay bombas de riego adicionales dedicadas a suministrar agua desde el embalse de almacenamiento a los campos que requieren riego. Estas bombas, que son cinco, están estratégicamente situadas y equipadas para transportar eficazmente el agua a las zonas designadas. La selección y configuración de estas bombas se basan en factores como el tamaño del campo, la topografía, el método de riego y los caudales deseados. Su finalidad es garantizar una distribución y entrega adecuadas del agua a los campos, permitiendo el crecimiento de los cultivos y maximizando la eficacia del riego. Las zonas de riego, como explicado anteriormente, son 3 campos regados por un pívot cada uno y una zona de regadío alimentado por una red de aspersores fijos.

El sistema de riego permite gestionar eficazmente los recursos hídricos para el riego agrícola. Garantiza un suministro de agua sostenible aprovechando las fuentes naturales de agua disponibles y optimizando el movimiento del agua desde la presa hasta el embalse de almacenamiento y, posteriormente, hasta los campos. El sistema aumenta la disponibilidad de agua, mejora la eficacia del riego y contribuye a la productividad agrícola teniendo en cuenta factores como la eficiencia energética, la conservación del agua y el rendimiento general del sistema.

5.1.1 INSTALACIÓN DE RIEGO

Como se ha explicado anteriormente, la presa y el embalse de almacenamiento se encuentra conectado mediante dos tuberías paralelas de 200 mm de diámetro alimentadas por dos motores, ambos de 75 kW. Del embalse de almacenamiento, se transporta el agua a dos casetas mediante dos tuberías del mismo diámetro. En dichas casetas se encuentran los 5 motores restantes, cada uno de 15 kW. Desde estas casetas se alimentan los dos sistemas de aspersores y los tres pívots mediante tuberías de 110mm.

La conexión por tuberías y su disposición se representa en la siguiente imagen.



Ilustración 31. Disposición del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).

Éste es el sistema sobre el que se van a realizar los cálculos en el programa EPANET, para lo cual se necesita conocer las distancias y elevaciones de cada tramo de tuberías.

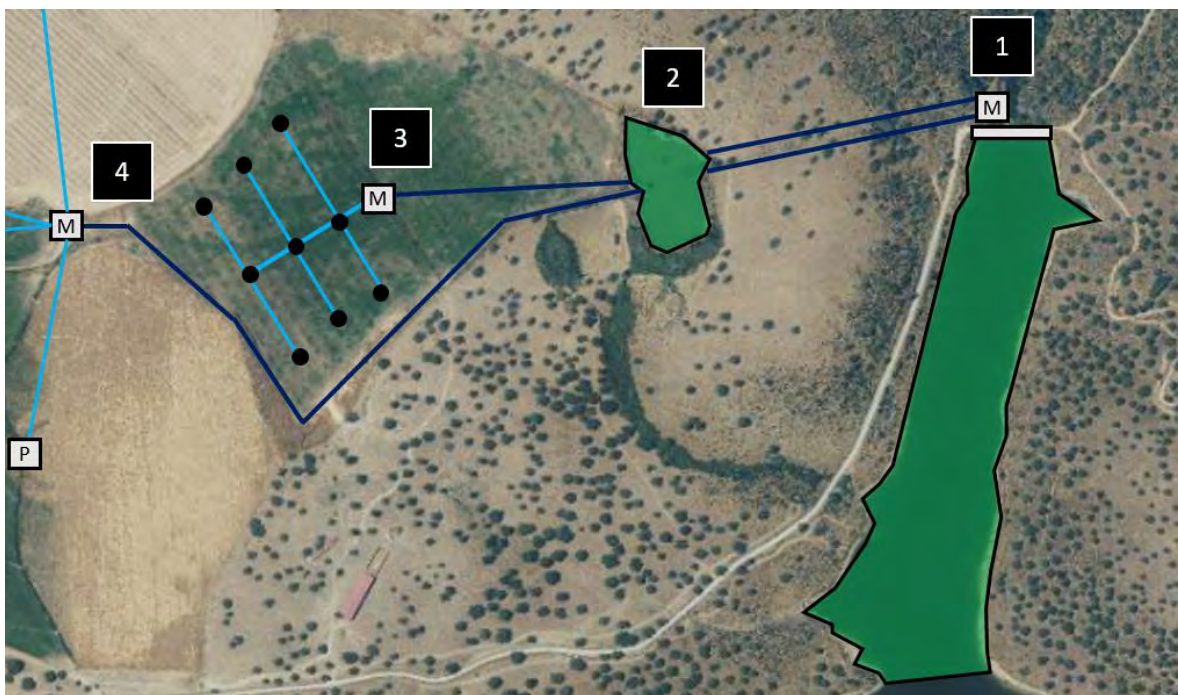


Ilustración 32. Disposición de los tramos de tuberías de 200 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).

<i>Tuberías de 200 mm</i>			
Nº de tubería	Tramo	Longitud (m)	Elevación (m)
T1	1 – 2	260	55
T2	1 – 2	260	55
T3	2 – 3	270	5
T4	2 – 4	750	5

Tabla 6. Características de tuberías de 200 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).

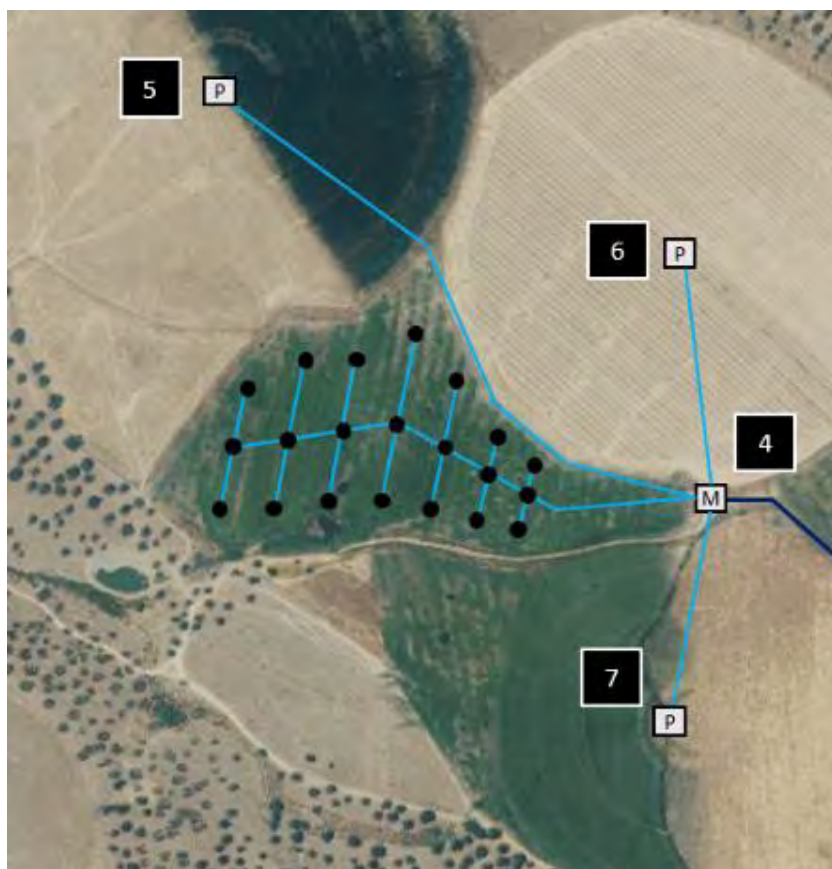


Ilustración 33. Disposición de los tramos de tuberías de 110 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).

<i>Tuberías de 110 mm</i>			
Nº de tubería	Tramo	Longitud	Elevación
T5	4 – 5	770	1
T6	4 – 6	280	2
T7	4 – 7	230	2

Tabla 7. Características de tuberías de 110 mm (Fuente: elaboración propia, 2023).

Adicionalmente, se exponen los consumos de agua de los aspersores y de los pivots. Para el caso de los aspersores, el consumo real será distinto al consumo base, el cual será calculado en el siguiente apartado.

<i>Consumo de agua</i>		
Elemento	Consumo (l/s)	Consumo (m3/h)
Pívor 1	10	36
Pívor 2	10	36
Pívor 3	10	36
Aspersor (5022 SD-U)	0,1	0,36

Tabla 8. Consumo de agua de cada elemento de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).

5.1.2 ECUACIONES DE HARDY CROSS

EPANET es el programa que se ha utilizado para realizar el cálculo y diseñar la optimización del sistema de riego. Este programa se basa principalmente en las ecuaciones de Hardy Cross, las cuales se van a comentar brevemente en este apartado.

Hardy Cross fue un ingeniero de estructuras estadounidense y el creador del método de Hardy Cross para modelar redes complejas de abastecimiento de agua, inventado en 1935²⁹.

El método de Hardy Cross³⁰ es el procedimiento más utilizado para determinar los caudales circulantes en una red reticulada cuyos diámetros son conocidos. Para poder implementar

²⁹ Wikipedia, “Hardy Cross”, extraído en 2023.

³⁰ Universidad de Salamanca, “Cálculo de redes malladas: método de Hardy Cross”, 2023.

dicho método es necesario partir de unas hipótesis de diámetros supuestos y posteriormente comprobar que los caudales y presiones de servicio están dentro de los límites.

Para ello, se calcula un caudal mediante un proceso iterativo que se basa en dos principios fundamentales de la hidráulica:

- a) En un nudo, la suma algebraica de los caudales entrantes y salientes es igual a cero, $\sum Q_i = 0$.
- b) La suma algebraica de las pérdidas de carga en cada una de las líneas que componen la malla o retícula es nula, $\sum h_f = 0$.

La expresión generalizada de la fórmula de Hardy Cross es:

$$\Delta Q = -\frac{\sum (a_i Q_i^n)}{n \sum |a_i Q_i^{n-1}|}, \text{ para } n = 2, \Delta Q = -\frac{\sum (a_i Q_i^2)}{2 \sum |a_i Q_i|}$$

Ilustración 34. Fórmula de Hardy Cross (Fuente: Universidad de Salamanca, 2023).

Donde:

- a : coeficiente tal que $a = K \cdot L$.
- Q : caudal entrante o saliente.

5.2 CÁLCULOS

Para comprobar la eficiencia del sistema actual de riego y poder optimizarlo, se va a realizar un estudio a través del programa EPANET, como se ha comentado anteriormente. Se ha diseñado el sistema de riego instalado actualmente en la finca y se ha realizado la simulación. Adicionalmente se comentarán y comprobarán los cambios necesarios a tener en cuenta para que el sistema sea óptimo y eficiente.

El sistema introducido en EPANET es el que se muestra a continuación.

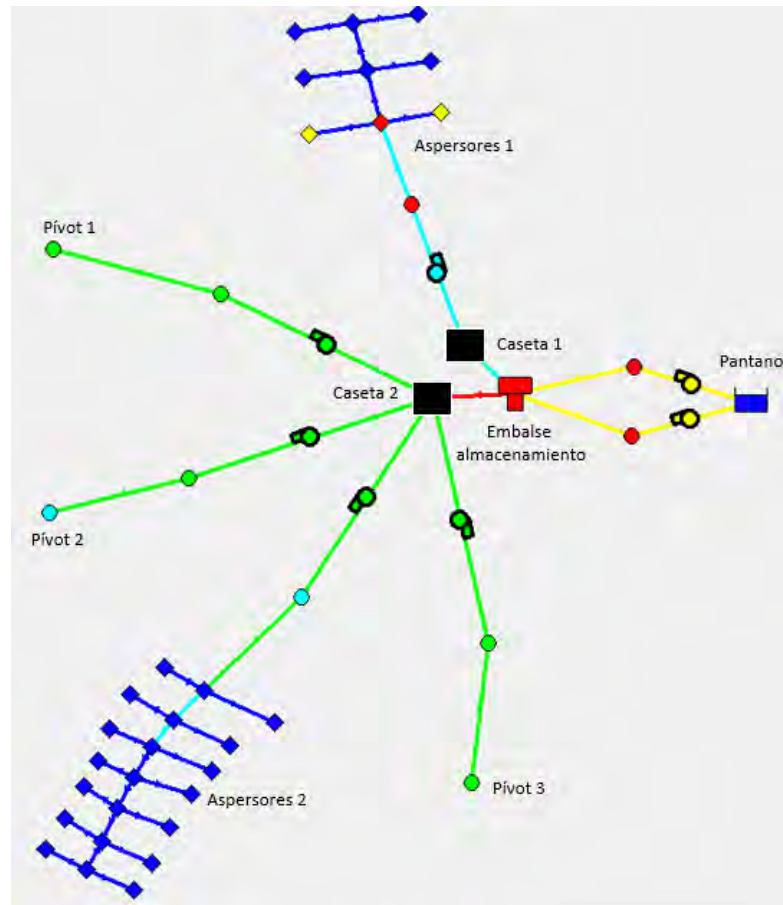


Ilustración 35. Sistema de riego en EPANET (Fuente: EPANET, 2023).

En las siguientes ilustraciones se muestra cómo se ha denominado a cada elemento del sistema dividiéndolo en cuatro zonas.

62

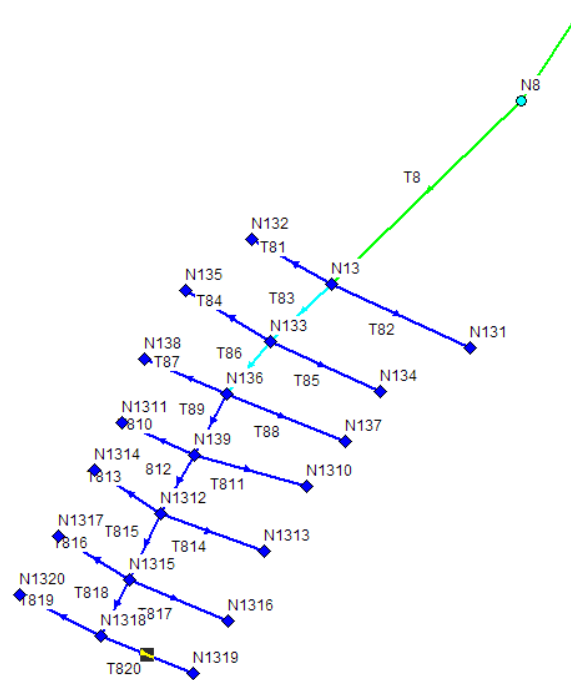


Ilustración 38. Detalle de zona 3 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023):

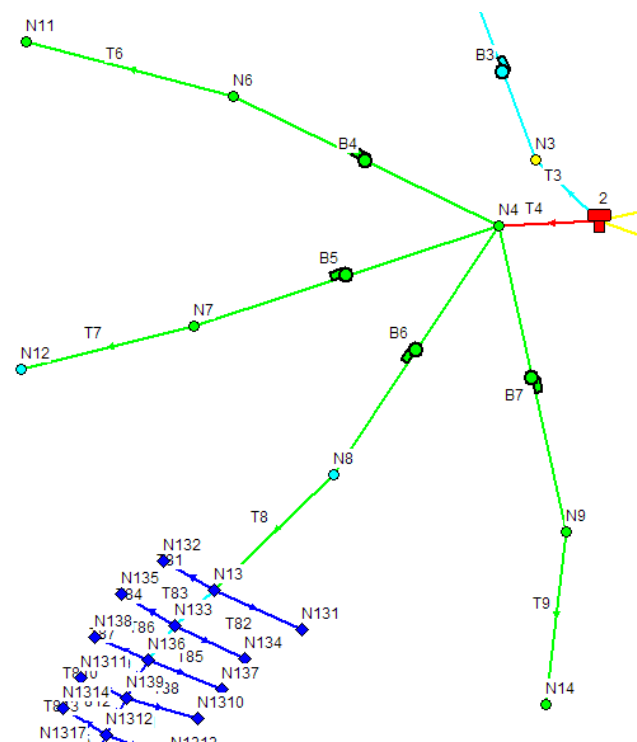


Ilustración 39. Detalle de zona 4 del sistema de riego (Fuente: EPANET, 2023):

En primer lugar, se ha realizado una simulación con los datos y características del sistema actual instalado. Estas características se muestran a continuación.

Características de tuberías		
TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)
<i>T1</i>	200	260
<i>T2</i>	200	260
<i>T3</i>	200	270
<i>T4</i>	200	750
<i>T5</i>	110	10
<i>T51</i>	110	125
<i>T52</i>	110	125
<i>T53</i>	110	90
<i>T54</i>	110	125
<i>T55</i>	110	125
<i>T56</i>	110	90
<i>T57</i>	110	125
<i>T58</i>	110	125
<i>T6</i>	110	280
<i>T7</i>	110	770
<i>T8</i>	110	300
<i>T81</i>	110	60
<i>T82</i>	110	60
<i>T83</i>	110	60
<i>T84</i>	110	60
<i>T85</i>	110	60
<i>T86</i>	110	60
<i>T87</i>	110	100
<i>T88</i>	110	100
<i>T89</i>	110	60
<i>T810</i>	110	100
<i>T811</i>	110	100
<i>T812</i>	110	60
<i>T813</i>	110	100
<i>T814</i>	110	100
<i>T815</i>	110	60
<i>T816</i>	110	100
<i>T817</i>	110	100

Características de tuberías		
TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)
T818	110	60
T819	110	100
T820	110	100
T9	110	230

Tabla 9. Características de las tuberías del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).

Características de nudos		
NUDOS	ELEVACIÓN (m)	DEMANDA BASE (l/s)
N1	55	0
N2	55	0
N3	55	0
N4	55	0
N5	60	0
N6	61	0
N7	62	0
N8	61	0
N9	62	0
N10	60	0
N101	60	0,1
N102	60	0,1
N103	60	0,1
N104	60	0,1
N105	60	0,1
N106	60	0,1
N107	60	0,1
N108	60	0,1
N11	61	10
N12	62	10
N13	61	0,1
N131	62	0,1
N132	63	0,1
N133	64	0,1
N134	65	0,1
N135	66	0,1

Características de nudos		
NUDOS	ELEVACIÓN (m)	DEMANDA BASE (l/s)
N136	67	0,1
N137	68	0,1
N138	69	0,1
N139	70	0,1
N1310	71	0,1
N1311	72	0,1
N1312	73	0,1
N1313	74	0,1
N1314	75	0,1
N1315	76	0,1
N1316	77	0,1
N1317	78	0,1
N1318	79	0,1
N1319	80	0,1
N1320	81	0,1
N14	62	10

Tabla 10. Características de los nudos del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).

Adicionalmente, se han establecido las curvas características de las bombas de 75 kW y 12 k, las cuales se obtienen del propio fabricante.

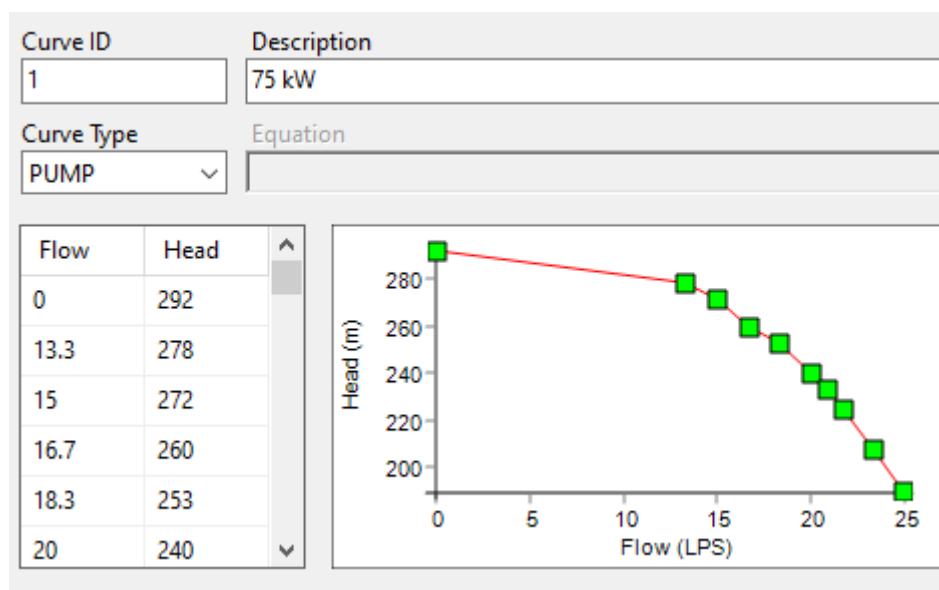


Ilustración 40. Curva característica de bomba de 75 kW (Fuente: elaboración propia, 2023).

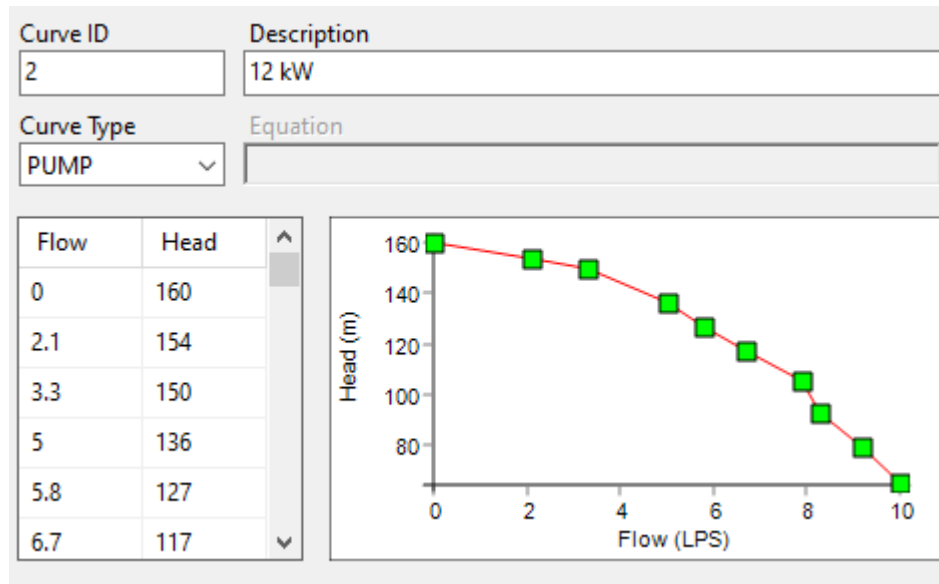


Ilustración 41. Curva característica de bomba de 75 kW (Fuente: elaboración propia, 2023).

En caso de aparecer algún fallo, lo que se deberá modificar son los diámetros de las tuberías o las curvas de los motores, debido a que el caudal es específico del sistema de riego y se ajusta a las necesidades existentes.

Una vez establecido el sistema de riego con sus características, se realiza la simulación en EPANET.

5.2.1 RESULTADOS

Una vez realizada la simulación y obtenidos los resultados, aparecen presiones negativas en diferentes nudos. Los datos de las presiones de cada nudo se muestran a continuación, en mca.

Node ID	Pressure m	Node ID	Pressure m
Junc N9	63.04	Junc N131	13.71
Junc N8	88.62	Junc N134	6.40
Junc N7	63.04	Junc N137	2.84
Junc N5	40.05	Junc N103	24.20
Junc N6	64.04	Junc N106	21.31
Junc N2	113.80	Junc N108	20.86
Junc N10	36.47	Junc N105	23.70
Junc N11	-32.65	Junc N102	35.74
Junc N12	-202.86	Junc N101	35.74
Junc N13	13.86	Junc N104	23.70
Junc N14	-16.39	Junc N107	20.86
Junc N4	5.04	Junc N139	1.24
Junc N3	97.61	Junc N1312	0.51
Junc N1	113.80	Junc N1315	0.24
Junc N133	6.47	Junc N1318	0.18
Junc N136	2.91	Junc N132	13.71
Junc N135	6.40	Junc N1311	1.21
Junc N138	2.84	Junc N1310	1.21
		Junc N1310	1.21
		Junc N1313	0.50
		Junc N1316	0.24
		Junc N1319	0.17
		Junc N1320	0.17
		Junc N1317	0.24
		Junc N1314	0.50

Ilustración 42. Resultados del caso base en EPANET (Fuente: EPANET, 2023).

Como se puede observar, se producen presiones negativas en alguno de los nudos terminales. En primer lugar, se va a intentar aumentar el diámetro de las tuberías afectadas por estos nudos y si no da resultado, se modificarán las bombas de impulsión, Se intenta buscar la solución con los diámetros de las tuberías primero debido a que es más económico y sencillo.

Se han modificado los diámetros de las tuberías que conectan los aspersores, pasando de 110 a 63mm y las tuberías de alimentación principal pasando de 110 a 200mm. El sistema de tuberías queda de la siguiente manera.

Características de tuberías		
TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)
T1	200	260
T2	200	260
T3	200	270
T4	200	750

Características de tuberías		
TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)
T5	200	10
T51	63	125
T52	63	125
T53	63	90
T54	63	125
T55	63	125
T56	63	90
T57	63	125
T58	63	125
T6	200	280
T7	200	770
T8	200	300
T81	63	60
T82	63	60
T83	110	60
T84	63	60
T85	63	60
T86	110	60
T87	63	100
T88	63	100
T89	110	60
T810	63	100
T811	63	100
T812	110	60
T813	63	100
T814	63	100
T815	110	60
T816	63	100
T817	63	100
T818	110	60
T819	63	100
T820	63	100
T9	200	230

Tabla 11. Características de las tuberías del sistema de riego modificado (Fuente: elaboración propia, 2023).

Una vez realizados las modificaciones y se vuelve a correr la simulación, obteniendo un resultado satisfactorio. A continuación, se muestra el estado del sistema mostrando la presión de los nudos y el caudal que atraviesa cada tubería.

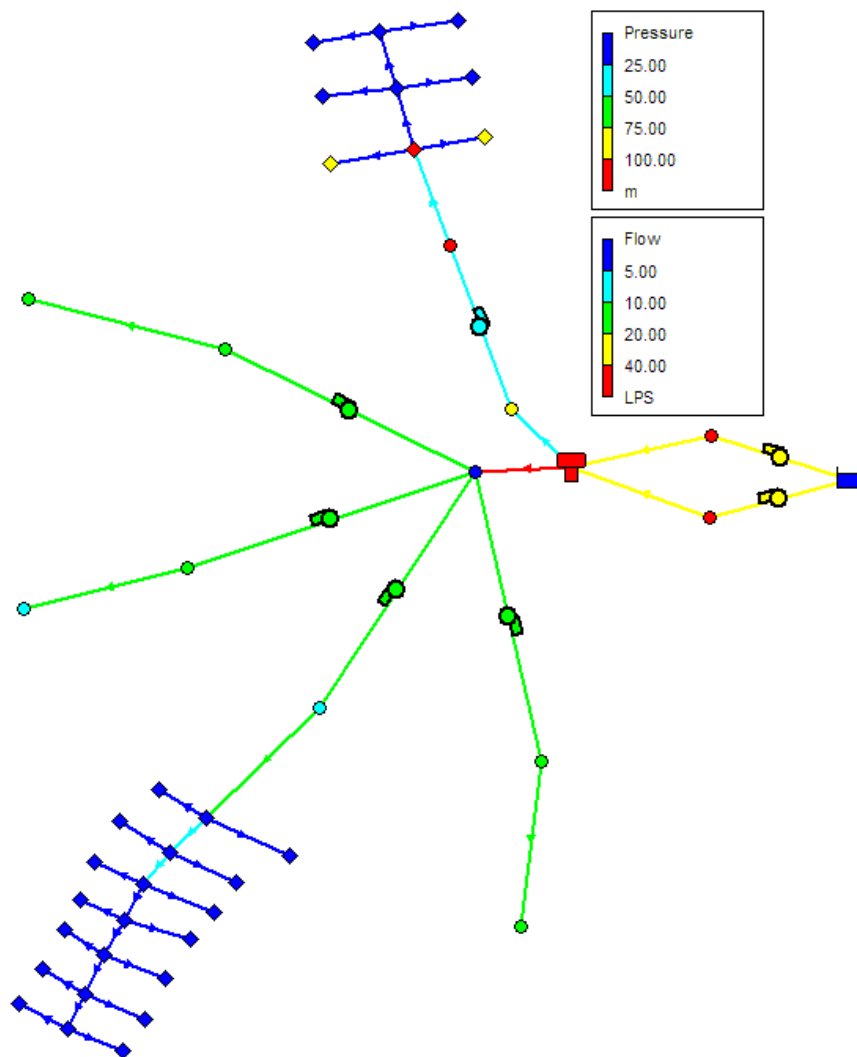


Ilustración 43. Estado del sistema después de la simulación (Fuente: EPANET, 2023).

Finalmente se muestran el estado de los nudos (Demanda Base, Demanda Actual y Presión) y el de las tuberías (Caudal y Velocidad).

Node ID	Base Demand LPS	Demand LPS	Pressure m
Junc N9	0	0.00	55.23
Junc N8	0	0.00	25.96
Junc N7	0	0.00	55.23
Junc N5	0	0.00	171.60
Junc N6	0	0.00	56.23
Junc N2	0	0.00	113.80
Junc N10	0.1	2.72	171.53
Junc N11	10	10.00	53.83
Junc N12	10	10.00	48.64
Junc N13	0.1	1.07	23.37
Junc N14	10	10.00	53.26
Junc N4	0	0.00	-2.77
Junc N3	0	0.00	98.03
Junc N1	0	0.00	113.80
Junc N133	0.1	0.80	12.36
Junc N136	0.1	0.62	6.69
Junc N135	0.1	0.63	7.04
Junc N138	0.1	0.43	2.65
Junc N1310	0.1	0.33	1.32
Junc N1313	0.1	0.27	0.72
Junc N1316	0.1	0.24	0.49
Junc N1319	0.1	0.23	0.43
Junc N1320	0.1	0.23	0.43
Junc N1317	0.1	0.24	0.49
Junc N1314	0.1	0.27	0.72

Node ID	Base Demand LPS	Demand LPS	Pressure m
Junc N131	0.1	0.84	13.86
Junc N134	0.1	0.63	7.04
Junc N137	0.1	0.43	2.65
Junc N103	0.1	0.86	14.57
Junc N106	0.1	0.36	1.72
Junc N108	0.1	0.22	0.36
Junc N105	0.1	0.57	5.52
Junc N102	0.1	1.85	76.59
Junc N101	0.1	1.85	76.59
Junc N104	0.1	0.57	5.52
Junc N107	0.1	0.22	0.36
Junc N139	0.1	0.49	3.76
Junc N1312	0.1	0.41	2.35
Junc N1315	0.1	0.37	1.77
Junc N1318	0.1	0.36	1.63
Junc N132	0.1	0.84	13.86
Junc N1311	0.1	0.33	1.32
Junc N1310	0.1	0.33	1.32

Ilustración 44. Estado de los nudos del sistema (Fuente: EPANET, 2023).

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Link ID	Flow LPS	Velocity m/s
Pipe T1	24.92	0.79	Pipe T54	0.57	0.20
Pipe T9	10.00	0.32	Pipe T55	0.57	0.20
Pipe T8	10.05	0.32	Pipe T56	0.80	0.28
Pipe T7	10.00	0.32	Pipe T57	0.22	0.08
Pipe T6	10.00	0.32	Pipe T58	0.22	0.08
Pipe T5	9.22	0.29	Pipe T89	3.76	0.40
Pipe T4	40.05	1.27	Pipe T812	2.61	0.27
Pipe T3	9.22	0.29	Pipe T815	1.66	0.18
Pipe T2	24.92	0.79	Pipe T818	0.82	0.09
Pipe T82	0.84	0.30	Pipe T810	0.33	0.12
Pipe T83	7.29	0.77	Pipe T811	0.33	0.12
Pipe T86	5.23	0.55	Pipe T814	0.27	0.10
Pipe T84	0.63	0.22	Pipe T817	0.24	0.08
Pipe T87	0.43	0.15	Pipe T813	0.27	0.10
Pipe T88	0.43	0.15	Pipe T816	0.24	0.08
Pipe T51	1.85	0.65	Pipe T819	0.23	0.08
Pipe T52	1.85	0.65	Pipe T820	0.23	0.08
Pipe T53	2.80	0.99	Pipe T81	0.84	0.30
Pipe T85	0.63	0.22			
Pump B1	24.92	0.00			
Pump B2	24.92	0.00			
Pump B7	10.00	0.00			
Pump B6	10.05	0.00			
Pump B5	10.00	0.00			
Pump B3	9.22	0.00			
Pump B4	10.00	0.00			

Ilustración 45. Estado de las tuberías del sistema (Fuente: EPANET, 2023).

Como comprobación rápida, se puede observar que los nudos de aspersores llegan a la presión y caudales mínimos requeridos por el fabricante, al igual que los nudos de los pivots, lo cual se comprobará en el siguiente apartado.

5.3 EVALUACIÓN DE EQUIPOS

En este apartado se describirán los equipos que forman el sistema de riego. Las bombas de impulsión son las que inicialmente estaban instaladas en el sistema, se comprobarán si se cumplen las condiciones de funcionamiento de los aspersores, pivots y tuberías.

5.3.1 BOMBAS DE IMPULSIÓN

En el sistema de riego existen dos tipos de bombas de impulsión, de 75 y de 15 kW. Tras la simulación se ha comprobado su correcto funcionamiento y potencia.

- *Bomba de impulsión de 75kW. Modelo ME100KV80-60/5A de la marca EUROPA.*
La ficha técnica completa se incluirá en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

MEK/KV80-60

Prestazioni a 50Hz, 2 poli
Performances at 50Hz, 2 poles
Caractéristiques à 50Hz, 2 pôles
Leistungsbereich bei 50Hz, 2-polig
Prestaciones a 50Hz, 2 polos

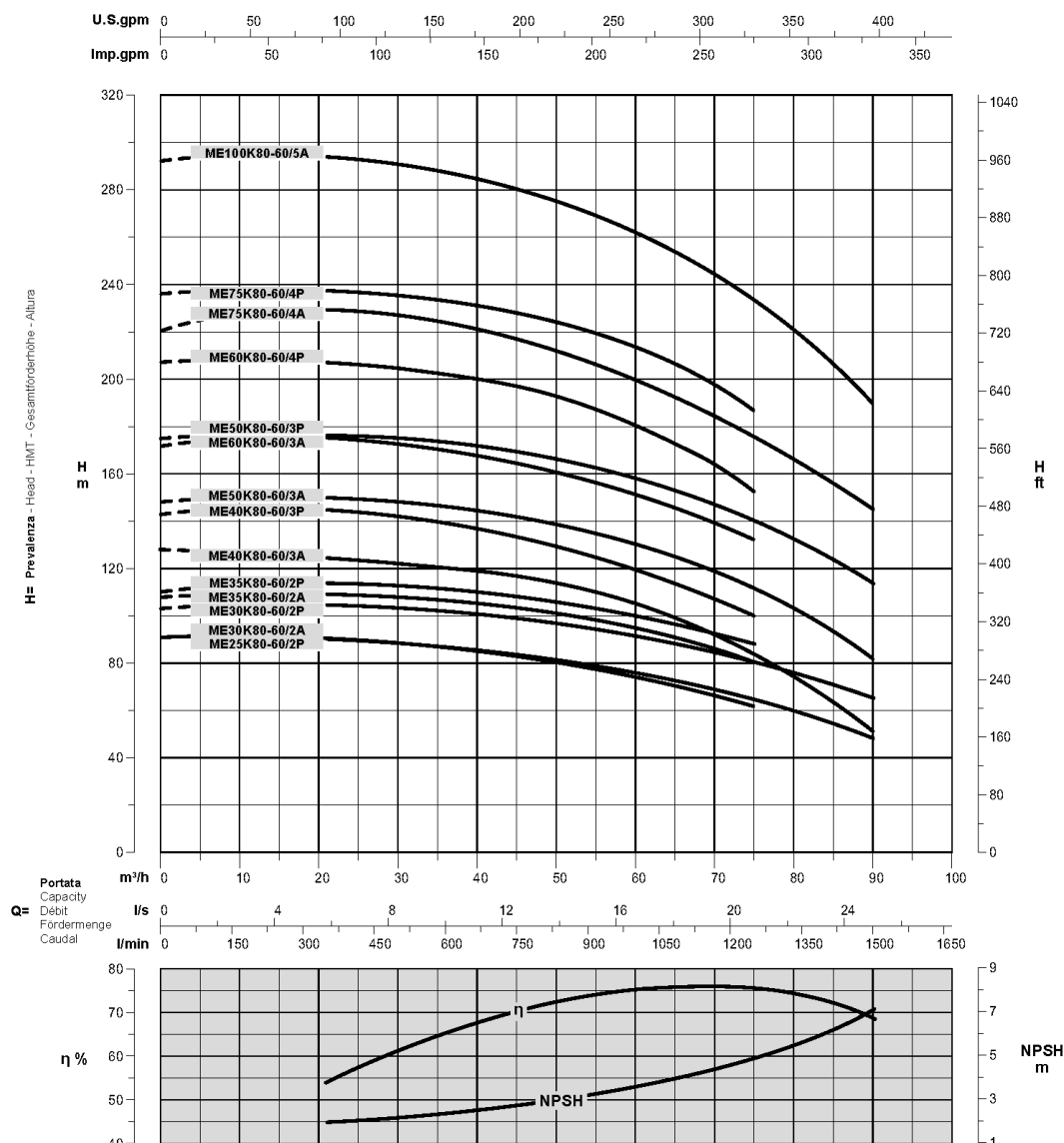


Ilustración 46. Curvas bomba ME100KV80-60/5A (Fuente: EUROPA, 2023).

- Bomba de impulsión de 15kW. Modelo ME100KV80-60/5A de la marca EUROPA. La ficha técnica completa se incluirá en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

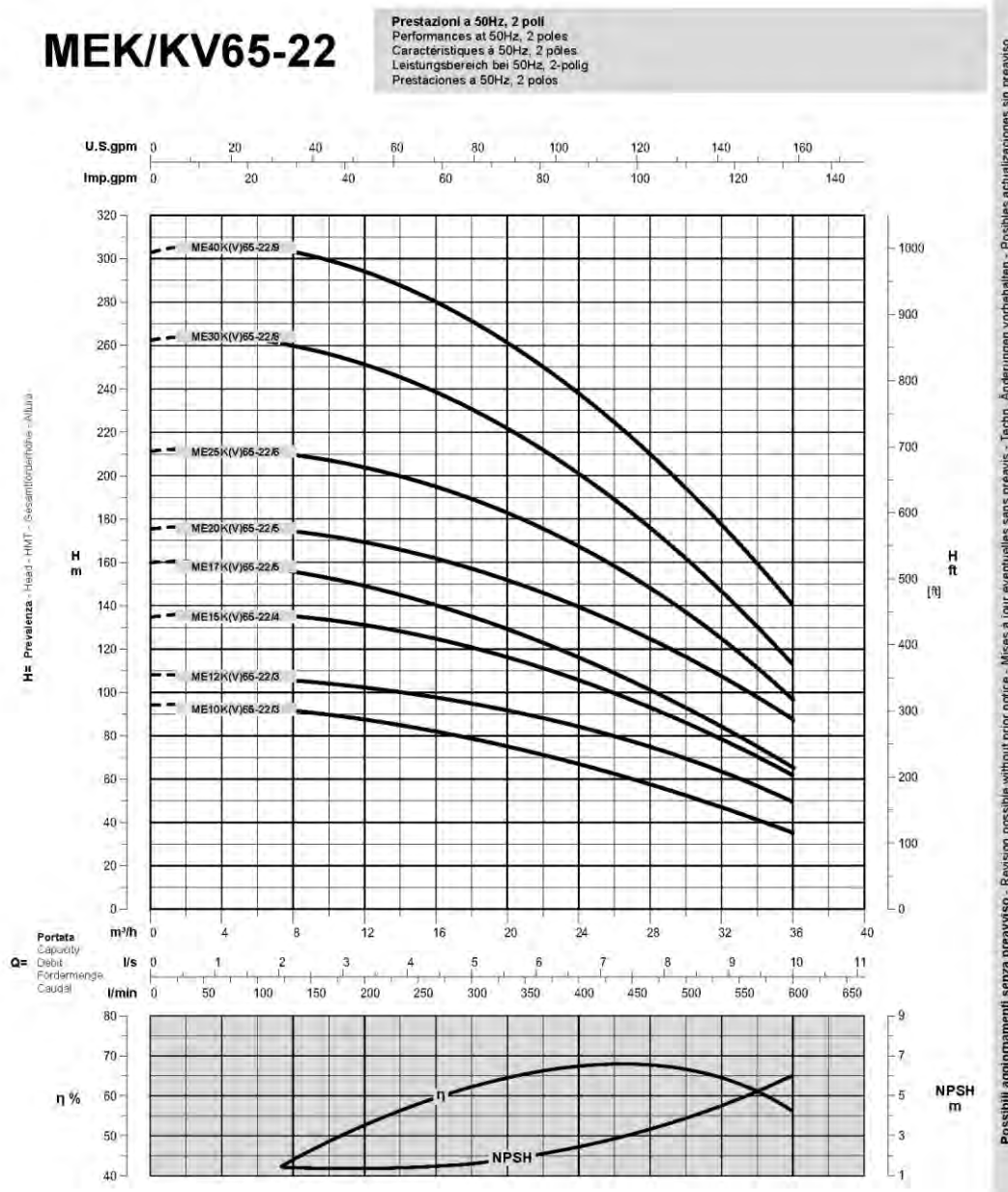


Ilustración 47. Catálogo bomba ME17KV65-22/5 (Fuente: EUROPA, 2023).

5.3.2 ASPERSORES

El aspersor instalado en el sistema de riego es el modelo 5022 SD-U de la marca NAANDANJAIN, las características del fabricante se muestran a continuación.

NAANDANJAIN
SISTEMAS DE RIEGO

5022 SD-U



Aplicaciones: riego y germinación de vegetales, flores y cultivos de viveros.

- Diseño único del martillo combinado con la placa SD (super difusor) diseñado para una distribución uniforme con una o dos boquillas.
- SD - Diseñado para lograr un rendimiento óptimo y uniforme a bajas presiones.
- Gran uniformidad de distribución, hasta 12 metros.
- Mayor resistencia al viento.
- Diseñado para ciclos cortos de riego para germinación.
- Boquillas a bayoneta codificadas por color para un sencillo mantenimiento.
- Materiales plásticos de alta resistencia y alta carga de trabajo, resistentes a la corrosión, a los productos químicos y a la radiación.

5022 SD-U Tabla de Rendimiento, Boquilla Doble, Corto SD (azul)
Precipitación (mm/h) Espaciamiento (m)

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Espaciamiento (m)						
				9x9	9x10	10x10	9x12	10x12	12x12	12x12
2.5x1.8 Violeta	1.5	0.440	18	5.4	4.9	4.4	4.1	3.7	3.1	
	2.0	0.480	19	5.9	5.3	4.8	4.4	4.0	3.3	
	2.5	0.535	21	6.4	5.8	5.4	5.0	4.5	3.7	
	3.0	0.590	21	7.3	6.6	5.9	5.5	4.9	4.1	
	3.5	0.635	21	7.8	7.1	6.4	5.9	5.3	4.4	
	4.0	0.685	21	8.5	7.6	6.9	6.3	5.7	4.6	
R.C.	30-50	0.590	21.0	7.3	6.6	5.9	5.5	4.9	4.1	
2.8x1.8 Naranja	1.5	0.510	19	6.3	5.7	5.1	4.7	4.3	3.5	
	2.0	0.560	20	6.9	6.2	5.6	5.2	4.7	3.8	
	2.5	0.635	21	7.8	7.1	6.4	5.9	5.3	4.4	
	3.0	0.690	22	8.5	7.7	6.9	6.4	5.8	4.6	
	3.5	0.750	23	9.3	8.2	7.5	6.9	6.3	5.2	
	4.0	0.800	22	9.9	8.9	8.0	7.4	6.7	5.6	

Boquilla trasera, verde brillante - 1.6mm

Código de color - Uniformidad de distribución: CU > 92% CU 88-92% CU 85-88% CU < 85%

- * Tabla de rendimiento bajo condiciones de laboratorio.
- * En condiciones de viento, utilice un espaciamiento más estrecho.

10

Sistemas IriStand

Aspersor plástico de impacto, de 1/2" macho o hembra de 3/4"
Montado sobre el IriStand 52,53 o en elevador



Conectores y Accesorios para IriStand 52

Descripción	Nº de catálogo	
LFD IriStand Datos en pág. 16	790512	
Conector M	830902	
Conector H	830904	
Tapón	830906	
Codo	6431040215	
Punzón perforador rápida 7.5 mm	6130210420	
Punzón perforador 7.5 m	6130210424	

5022 SD-U Tabla de Rendimiento, Boquilla única, Corto SD (azul)
Precipitación (mm/h) Espaciamiento (m)

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Espaciamiento (m)						
				9x9	9x10	10x10	9x12	10x12	12x12	12x12
2.5 Violeta	1.5	0.310	19	3.8	3.4	3.1	2.9	2.6	2.2	
	2.0	0.360	19	4.4	4.0	3.6	3.3	3.0	2.5	
	2.5	0.400	20	4.9	4.4	4.0	3.7	3.3	2.8	
	3.0	0.440	21	5.4	4.9	4.4	4.1	3.7	3.1	
	3.5	0.475	21	5.9	5.3	4.8	4.4	4.0	3.3	
	4.0	0.510	21	6.3	5.7	5.1	4.7	4.3	3.5	
2.8 Naranja	1.5	0.405	19	5.0	4.5	4.1	3.8	3.4	2.8	
	2.0	0.475	21	5.9	5.3	4.8	4.4	4.0	3.3	
	2.5	0.530	22	6.5	5.9	5.3	4.9	4.4	3.7	
	3.0	0.580	22	7.2	6.4	5.8	5.4	4.8	4.0	
	3.5	0.625	22	7.7	6.9	6.3	5.8	5.2	4.3	
	4.0	0.670	23	8.3	7.4	6.7	6.2	5.6	4.7	

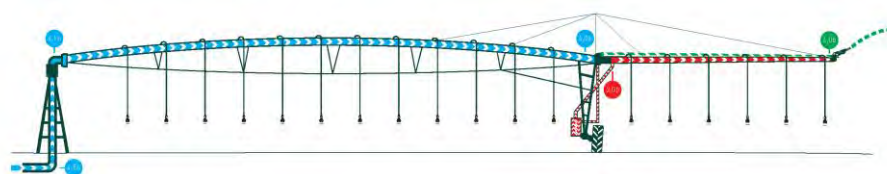
Para aspersores con una o dos boquillas, asegúrese de usar la unidad SD recomendada (aparece en la tabla de rendimiento adjunta).

Ilustración 48. Catálogo aspersor 5022 SD-U (Fuente: NAANDANJAIN, 2023).

Como se puede observar, el caudal mínimo del modelo VIOLETA es de 0,31 m³/h. Como se ha explicado anteriormente, el caudal base de los aspersores es de 0.36 m³/h.

5.3.3 PÍVOTS

Los pívots instalados en el sistema de riego es el modelo Monotorre Hidráulico de RKD. Las características del fabricante se muestran a continuación. La ficha técnica completa se incluirá en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.



APLICACIONES

La principal motivación que impulsa a **RKD** en el desarrollo de su **MONOTORRE HIDRÁULICO** es la evidencia de la existencia de una energía excedente en el flujo de agua disponible en los hidrantes de riego en las redes de distribución de las comunidades de regantes, la cual en multitud de parcelas implica una presión de un valor muy superior al estrictamente necesario para efectuar con garantía un riego óptimo por medio de máquinas de tipo pivote central.

Así pues, el **MONOTORRE HIDRÁULICO** de **RKD** se presenta como la alternativa más eficiente para instalarse en ese tipo de fincas, realizando un aprovechamiento de la energía excedente del flujo de agua de riego, suprimiendo todo consumo eléctrico necesario para efectuar el desplazamiento de la máquina y sus automatismos.

Pero, además, el hecho de que la máquina pueda operar sin energía eléctrica descubre otros escenarios de aplicación, allí donde se requiere una independencia del abastecimiento de electricidad.



Conjunto Pivote Central. Incluye sistema cierre cañón



Detalle de Unidad Motriz con Sistema de Conversión de Potencia Hidráulica y Sistema Sectorial.

A continuación, se enumeran una serie de posibles escenarios de aplicación:

- Fincas pertenecientes al dominio de una comunidad de regantes donde esté garantizado un flujo de agua con unas características adecuadas para el funcionamiento de la máquina.
- Emplazamientos remotos alejados de las redes de suministro eléctrico, y donde se cuente con un recurso hidráulico con unas características apropiadas para el funcionamiento de la máquina.
- Adaptación de máquinas de tipo pivote central de un tramo de **RKD** para operar con el nuevo sistema de aprovechamiento de energía hidráulica.
- Emplazamientos donde la fiabilidad de la máquina sea una absoluta prioridad, como, por ejemplo, en países en vías de desarrollo, donde puede escasear la mano de obra cualificada para realizar las tareas de mantenimiento típicas de las máquinas de tipo pivote central convencionales operadas con energía eléctrica.

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

Longitud de Torre Estándar:	59,4 m
Longitud de Voladizo:	24 ó 30 m
Cañón Final:	Según necesidades del cliente
Caudal Mínimo (excluido cañón final):	30.000 l/h
Presión Mínima de Alimentación:	4,5 bar
Precipitación Mínima:	6,5 l/m ²
Sistema de Regulación de Velocidad:	Manual
Sistema Sectorial:	Automático
Sistema Cierre Cañón:	Automático
Aspersores:	Según preferencias del cliente. Reguladores de presión obligatorios
Tubería Principal:	Acero Galvanizado, Diámetro 127 mm, Espesor 3 mm
Pendientes en Terreno:	Según presión disponible
Desplazamiento Sin Regar:	Reductores desembragables

RKD IRRIGACIÓN S.L.
P.I. La Mora, Pº de la Acacia 13. 47193 La Cistèrniga, Valladolid, Spain • T.[34] 983 401 896 • F.[34] 983 401 897 • www.rkd.es



Ilustración 49. Catálogo de pívot modelo Monotorre Hidráulico (Fuente: RKD, 2023).

Como se puede observar, el caudal mínimo es de 30000 l/h, es decir, 0,833 l/s y la presión mínima es de 4,5 bar, es decir, 45,9mca. El caudal que reciben los pivots es de 10 l/s y la presión es de 48,64mca, 53,83mca y 53,26mca.

5.3.4 TUBERÍAS

Las tuberías que conforman el sistema de riego son Tubos PE de la marca TUYPER GRUPO de 200, 110 y 63 mm de diámetro. Se ha escogido esta marca por ser el mismo proveedor de las tuberías existentes en el sistema de riego. La ficha técnica de las tuberías se encuentra en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

5.4 PRESUPUESTO

Tras el estudio de optimización y la simulación en el programa EPANET, se ha llegado a la conclusión que, para que el sistema sea eficiente, es necesario sustituir algunos tramos de tuberías por otros de diferentes tamaños.

En el presupuesto del sistema de riego se tendrá en cuenta la adquisición del material necesario, los costes de envío y la mano de obra.

<i>Características</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Presupuesto</i>
Compra Ø200mm	10,25 €/m	1.590 m	16.297,5 €
Compra Ø63mm	1,1 €/m	2.170 m	2.387€
Coste de transporte	-	-	Incluido en la oferta
Mano de obra	15 €/h	100 h	1.500 €
TOTAL			20.184,5 €

Tabla 12. Presupuesto del sistema de riego (Fuente: elaboración propia, 2023).

Una vez definido el sistema de riego con todos sus componentes y habiendo obtenido el consumo total de las bombas de impulsión, se puede proceder a diseñar y dimensionar la instalación fotovoltaica, lo cual se realizará en el capítulo siguiente.

Capítulo 6. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6.1 DESCRIPCIÓN

La instalación fotovoltaica sirve como solución energética sostenible y renovable, generando electricidad para un sistema de riego, una industria de empaque y una casa residencial. Consta de paneles solares que convierten la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, ofreciendo una fuente de energía limpia y eficiente. Estos paneles solares se montan estratégicamente en estructuras, lo que garantiza una exposición óptima a la luz solar y maximiza la producción de energía.

La electricidad generada se introduce en un inversor, el cual convierte la electricidad de corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), adaptándola a las necesidades eléctricas de la explotación. Para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de la instalación fotovoltaica, se incorporan varios componentes de equilibrio del sistema (BOS). Estos componentes incluyen cajas de conexiones, protectores contra sobretensiones, equipos de puesta a tierra y sistemas de monitorización. Los componentes del BOS mejoran la fiabilidad del sistema, protegen contra las sobretensiones, proporcionan una conexión a tierra eficaz y facilitan la supervisión en tiempo real de la producción de energía y el rendimiento del sistema.

La instalación fotovoltaica desempeña un papel fundamental en la alimentación del sistema de riego, proporcionando electricidad para el funcionamiento de bombas, válvulas y controladores. Permite la extracción, distribución y aplicación eficientes del agua, apoyando las actividades agrícolas del sistema de riego. Al utilizar energía solar renovable, el sistema de riego puede reducir su dependencia de las fuentes de energía tradicionales, disminuir los costes operativos y contribuir a unas prácticas agrícolas sostenibles.

Además, la instalación fotovoltaica satisface la demanda de electricidad de la industria del empaçado, alimentando diversas máquinas y equipos que intervienen en el proceso de empaçado. Esto incluye empaçadoras, cintas transportadoras, equipos de clasificación y otra maquinaria relevante. Al utilizar la energía limpia del sol, la industria del empaçado puede mejorar su eficiencia operativa, reducir su huella de carbono y promover la sostenibilidad medioambiental.

La instalación fotovoltaica suministra electricidad a la vivienda asociada. Esto incluye la iluminación, los electrodomésticos, la calefacción, la refrigeración y otras cargas eléctricas domésticas. Al aprovechar la energía solar, la casa residencial puede reducir su dependencia de la red eléctrica, disminuir los costes energéticos y contribuir a un entorno vital más ecológico y sostenible.

En general, la instalación fotovoltaica para el sistema de riego, la industria de empaçado y la casa residencial ofrece múltiples beneficios, como la reducción de las emisiones de carbono, la menor dependencia de las fuentes de energía convencionales, el aumento de la autosuficiencia energética y la promoción de prácticas sostenibles. Al aprovechar la energía solar renovable, esta instalación integral contribuye a un enfoque más consciente del medio ambiente y económicamente viable de la generación de energía para estas entidades.

6.2 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un sistema fotovoltaico está formado por diversos elementos, los cuales se van a describir en este apartado.

6.2.1 PLACA FOTOVOLTAICA

Es el elemento principal de toda instalación fotovoltaica. Se encarga de generar la corriente eléctrica aprovechando la radiación solar, a través del efecto fotovoltaico.

6.2.1.1 Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se basa en la absorción de la energía solar por un material semiconductor, normalmente el silicio, para convertirla en corriente eléctrica. Este efecto se basa en la interacción de los fotones incidentes con los electrones de valencia del semiconductor. En función de la energía del fotón, se producen tres interacciones posibles:

- Una baja energía del fotón permite que éste atraviese el material.
- Una energía fotónica elevada provoca la reflexión del fotón.
- La igualación de la energía del fotón da lugar a la absorción, lo que provoca la formación de pares electrón-hueco.

Este emparejamiento genera electrones libres y "huecos" cargados positivamente. Sin embargo, para la generación práctica de electricidad, es necesario un movimiento guiado de los electrones. Para establecer dicha guía, se induce un campo eléctrico de polaridad fija uniendo dos regiones semiconductoras con diferentes concentraciones de electrones en un proceso denominado enlace P-N. La región P, rica en "huecos", interactúa con la región N, rica en electrones.

La introducción de elementos dopantes en el semiconductor modifica sus bandas de energía para crear materiales de tipo N (electrones adicionales) y de tipo P (huecos). Cuando las regiones N y P se encuentran, se produce la difusión de electrones de N a P, creando iones cargados positivamente y dejando iones cargados negativamente en la región P. El campo eléctrico resultante genera una barrera de potencial denominada región de agotamiento.

Esta disposición forma un diodo, en el que la región P actúa como ánodo y la región N como cátodo. La barrera de potencial interna en la unión, junto con el campo eléctrico, mantiene un equilibrio, estableciendo las condiciones para aprovechar y dirigir la corriente eléctrica resultante.³¹

³¹ Area Tecnología, “Efecto fotovoltaico”, 2023.

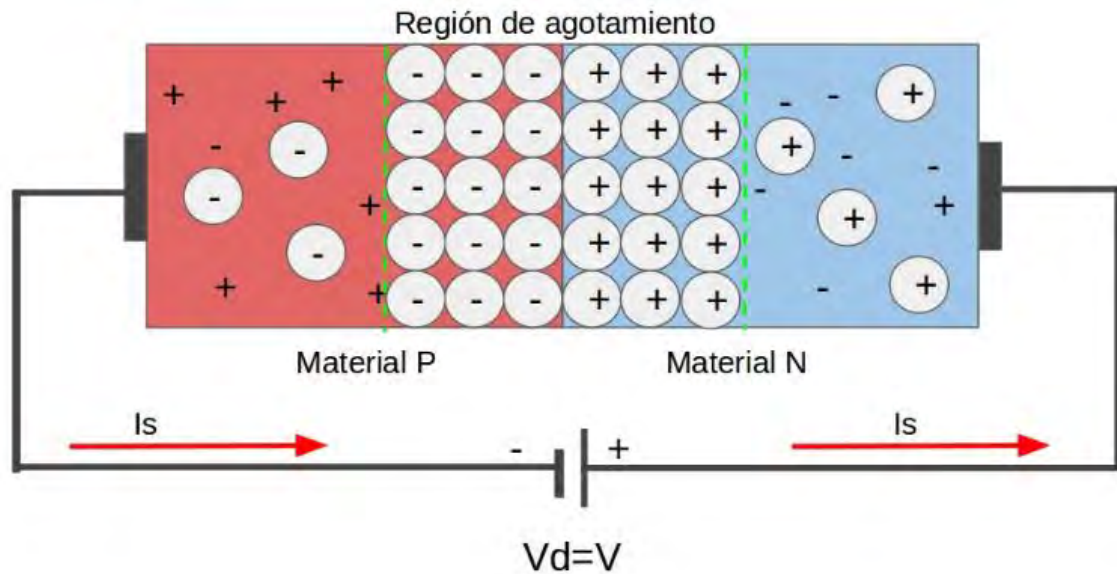


Ilustración 50. Región de agotamiento y polarización de un diodo (Fuente: HETPRO, 2023).

6.2.1.2 Célula fotovoltaica

Cada célula solar fotovoltaica individual funciona como una unión P-N, operando de acuerdo con el efecto fotovoltaico antes mencionado. Para aprovechar eficazmente la corriente generada, estas células necesitan un circuito externo. La radiación solar entra en contacto con la capa N de la célula, provocando la liberación de electrones. Antes de la recombinación, el campo eléctrico existente guía a estos electrones. Simultáneamente, los huecos formados migran hacia la región P. En consecuencia, una disparidad de concentración provoca la aparición de una diferencia de potencial entre las dos regiones.

Cuando los dos terminales se conectan a través de estas zonas, una corriente eléctrica inicia su flujo debido al contraste de tensión. Esta corriente continua es la que se despliega dentro del sistema fotovoltaico.

Para optimizar la eficiencia energética de las células fotovoltaicas, se emplea un diseño deliberado. La capa N es intencionadamente más fina que la capa P y está fuertemente dopada. Esto se contrarresta con la capa P, que está comparativamente menos dopada. Esta

combinación estratégica genera una región de agotamiento más amplia, aumentando así la corriente resultante.

El silicio, un material semiconductor abundante con propiedades fotoeléctricas encomiables, es el material elegido para estas células. El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, lo que lo convierte en un sustrato ideal para la construcción de células fotovoltaicas.

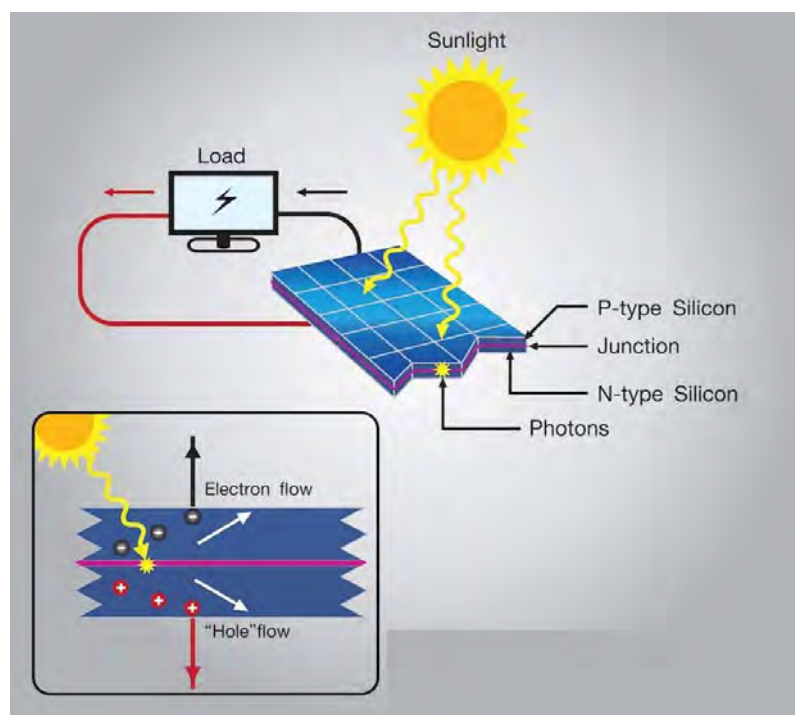


Ilustración 51. Célula solar fotovoltaica (Fuente: Ecoinventos, 2022).

6.2.1.3 Panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares fotovoltaicas que generan corriente eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Estas células, que forman un módulo, pueden interconectarse de dos maneras. Cuando dos células se conectan en serie, la tensión del panel se amplifica, las conexiones en paralelo producen uniformidad de la tensión.

Normalmente, los paneles constan de cantidades predeterminadas de células fotovoltaicas, que varían de 36 a 144, siendo 60 o 72 células las configuraciones más frecuentes. Además, el panel integra componentes adicionales que sirven para proteger el conjunto frente a factores externos y proporcionar robustez estructural y funcionalidad.

La función principal de la cubierta frontal es proteger las células de los elementos climáticos y optimizar la transmisión de la radiación solar. Para esta capa se suele emplear vidrio templado con un contenido mínimo de hierro. La siguiente capa en la composición del panel es la capa de encapsulado, que protege directamente las células y sus contactos. En esta capa predomina un polímero termoplástico conocido como EVA (etileno y acetato de vinilo), famoso por su capacidad de transmisión de la radiación solar, su resistencia a los rayos UV y su capacidad de aislamiento térmico. El EVA disipa eficazmente el calor, evitando una elevación excesiva de la temperatura en el interior de las células. Además, favorece la cohesión, reduce las vibraciones y rellena el espacio entre las células y las cubiertas.³²

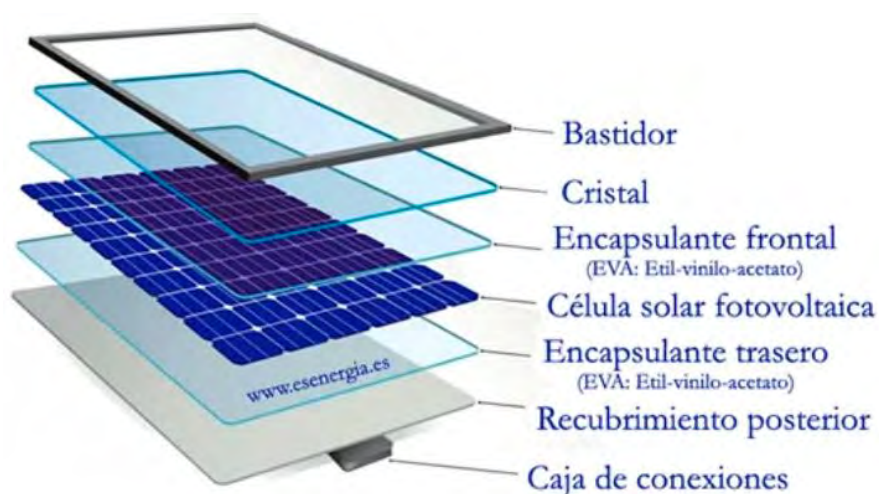


Ilustración 52. Panel fotovoltaico (Fuente: esnergia, 2022).

³² Energía Solar, “Partes de un panel solar, componentes y estructura”, 2016.

6.2.2 INVERSOR

El inversor es el aparato encargado de convertir la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, apta para ser utilizada por el sistema consumidor o para su integración en la red. Los inversores, que suelen encontrarse en diversas configuraciones, están disponibles en configuraciones monofásicas o trifásicas que funcionan a una frecuencia de 50 Hz.

Los atributos clave de los inversores son los rangos de tensión de entrada en los que funcionan, las capacidades de tensión de salida, así como los niveles de potencia nominal y de pico. La potencia nominal indica la potencia máxima que puede suministrar a la salida del inversor. En cambio, la potencia pico representa la máxima potencia suministrada durante intervalos breves, a menudo en los arranques de motores eléctricos.

Los inversores incorporan un rastreador del punto de máxima potencia (MPPT), responsable de optimizar el equilibrio entre la corriente y la tensión para obtener la máxima potencia del panel. Este punto óptimo sufre variaciones continuas, lo que lleva al inversor a ajustar la tensión de entrada de CC. Al evaluar las fluctuaciones de la potencia de salida, el inversor responde a las variaciones positivas o negativas. Un parámetro fundamental es la eficiencia, la cual denota la relación entre la potencia de salida y la entrada del inversor. Los valores de eficiencia, ligados a la carga nominal, presentan niveles bajos a potencias bajas, aumentando progresivamente. Para condiciones nominales, es deseable un umbral superior al 90%, con un valor de eficiencia típico en torno al 94%. Estos niveles de eficiencia son producto de los avances tecnológicos de las últimas décadas.³³

³³ Sunfields, “¿Qué es y cómo funciona un inversor fotovoltaico?”, 2023.



Ilustración 53. Inversor fotovoltaico (Fuente: Sunfields, 2023).

6.2.3 ESTRUCTURA

Las estructuras solares desempeñan un papel fundamental como soporte de los paneles fotovoltaicos, además de determinar su orientación e inclinación. Es imprescindible que el material elegido para estas estructuras sea resistente a las inclemencias del tiempo y a la corrosión durante su vida útil. En el sistema pueden integrarse dos categorías principales de estructuras: estructuras fijas y estructuras móviles.

- Estructuras de soporte fijas:
Representan el tipo de estructura de soporte más frecuente y rentable. Ofrecen una orientación y un ángulo fijos a los módulos, lo que requiere una evaluación preliminar para determinar el ángulo óptimo para maximizar el rendimiento energético. La separación adecuada entre filas es esencial para evitar pérdidas debidas al sombreado. Además, la estructura fija seleccionada debe ser resistente a las fuerzas del viento y adecuada al terreno de instalación.
- Estructuras de soporte móviles:
Como su nombre indica, estas estructuras pueden cambiar de posición. Esto permite ajustar el ángulo de inclinación del panel para optimizar la exposición a la radiación incidente. Existen dos tipos de seguidores solares: de un eje y de dos ejes.

Los seguidores solares de un eje modifican el ángulo de inclinación del panel en un grado de libertad, lo que aumenta la producción de energía del sistema fotovoltaico en un 25-35%.

Los seguidores solares de dos ejes proporcionan dos grados de libertad, lo que permite una mayor maniobrabilidad y una mayor captación de energía. La implantación de estos seguidores puede amplificar la producción del sistema hasta un 40%.

La elección entre estructuras de soporte fijas o móviles depende de varios factores, como la eficiencia, el espacio disponible, las limitaciones presupuestarias y los objetivos del proyecto.³⁴

6.2.4 SEGURIDAD Y MEDIDA

El sistema debe disponer de medidas para identificar y rectificar cualquier problema en la instalación. Esto es crucial para garantizar la seguridad tanto de los equipos conectados como de las personas. Las medidas de protección necesarias deben abarcar tres escenarios distintos.

En primer lugar, la protección contra las sobrecargas, esto incluye cualquier fallo que provoque un aumento anormal de la corriente. Además, la protección contra cortocircuitos y sobretensiones. Para abordar estos aspectos, deben integrarse en el sistema componentes de protección como fusibles y pararrayos.

³⁴ Eletton Energy Control, “Tipos de estructuras para paneles fotovoltaicos”, 2020.

6.3 CONEXIÓN A LA RED

El tipo de sistema es un sistema fotovoltaico aislado de la red. Esto viene determinado por las malas condiciones de conectividad de la ubicación donde se encuentra la explotación.

La población más cercana a la explotación se encuentra a más de 4 km de distancia y la subestación más cercana a 7 km. Adicionalmente, para poder conectarse a esta subestación habría que atravesar el Parque Nacional de Monfragüe, lo cual imposibilita la construcción de un tendido eléctrico o la conexión mediante cable soterrado, la cual encarecería el proyecto innecesariamente. Además, la gran mayoría de subestaciones de la zona no disponene de capacidad suficiente como para conectar un nuevo punto de generación.

Finalmente, la única opción viable sería verter los excedentes en la red de Almaraz. Sin embargo, ésta se encuentra a 25 km por lo que no sería posible llevar la enería sobrante hasta allí.

6.4 CONSUMO

Para poder realizar el dimensionamiento de potencia a instalar de la planta fotovoltaica, es crucial el consumo a cubrir y, si es posible, la curva de consumo horaria.

En la explotación fotovoltaica existen tres consumos diferenciados, como se ha explicado anteriormente. El conjunto de la vivienda y las naves de almacenamiento, el sistema de riego y la empacadora. Debido a que la potencia instalada/contratada en la vivienda, naves y sistema de riego no ha variado, es posible utilizar el histórico de consumo para generar una curva aproximada. Sin embargo, en el caso de la empacadora, hay que realizar algún cálculo para estimar su consumo.

- Empacadora: como se ha calculado en capítulos anteriores, es necesario que la empacadora trabaje durante 20 horas al año a pleno rendimiento para empacar la cantidad de lana producida. Además, se conoce la potencia nominal de la máquina, que es 5,5 kW.

$$E_{\text{empacadora}} = \frac{20h}{\text{año}} * 5,5 \text{ kW} = 110 \text{ kWh/año}$$

Esta energía será consumida durante el mes de abril, que es cuando se realiza la esquila del ganado ovino.

- Vivienda y naves: para obtener el consumo medio de la vivienda y las naves a lo largo del año se ha realizado una media de las facturas mensuales desde junio de 2022 hasta junio de 2023, obteniendo un resultado de 770 kWh/mes.
- Sistema de riego: dependiendo del año, el consumo del sistema de riego puede variar por diversas razones. Para realizar una comparativa, se muestran a continuación los consumos de los años 2020 y 2021.

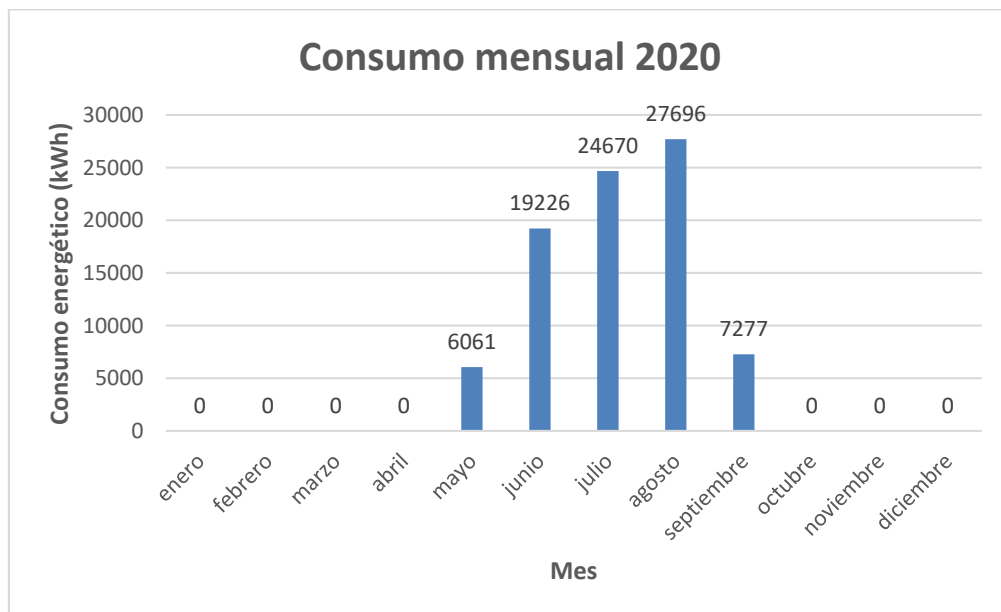


Ilustración 54. Consumo energético mensual del sistema de riego en 2020 (Fuente: elaboración propia, 2023).

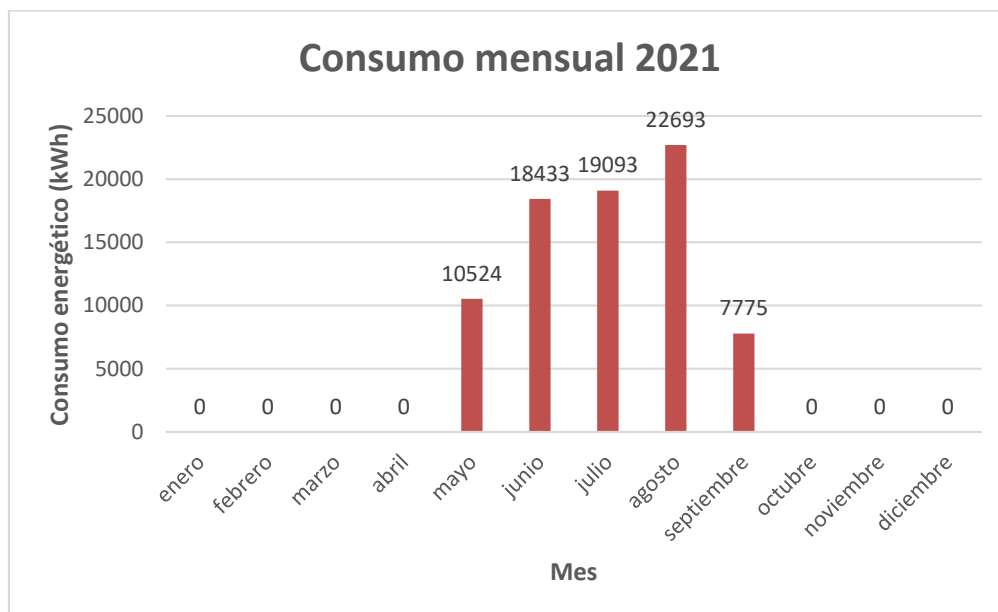


Ilustración 55. Consumo energético mensual del sistema de riego en 2021 (Fuente: elaboración propia, 2023).

Como se puede observar, existen diferencias notables entre el consumo total del año 2020 y del año 2021 (84.930kWh frente a 78.518kWh) y entre los picos mensuales de demanda, en ambos años en agosto (27.696kWh frente a 22.693 kWh). Estas diferencias se pueden deber a diversas razones, como por ejemplo la mejoría de las condiciones climatológicas en el año 2021 o la creciente necesidad de realizar un programa de riego más eficiente y económico.

Finalmente, por tratarse de los datos disponibles más recientes, se tomarán como datos de consumo del sistema de riego los del año 2021.

Así, una vez conocidos los consumos mensuales de los tres grupos de consumo, es posible conocer la energía que debe cubrir la instalación fotovoltaica.

Consumo energético total	
Mes	Consumo (kWh)
<i>Enero</i>	770
<i>Febrero</i>	770
<i>Marzo</i>	770
<i>Abril</i>	880
<i>Mayo</i>	11.294
<i>Junio</i>	19.203
<i>Julio</i>	19.863
<i>Agosto</i>	23.463
<i>Septiembre</i>	8.545
<i>Octubre</i>	770
<i>Noviembre</i>	770
<i>Diciembre</i>	770
TOTAL	87.868

Tabla 13. Consumo total de la explotación agropecuaria (Fuente: elaboración propia, 2023).

6.5 EMPLAZAMIENTO

El lugar escogido para la colocación de las placas fotovoltaicas es una parcela de 5,7 ha que se muestra resaltada en la siguiente imagen.



Ilustración 56. Emplazamiento del sistema fotovoltaico (Fuente; SIGPAC, 2023).

Se ha elegido esta parcela debido a que tiene el tamaño suficiente, está libre de árboles u objetos que pudieran dar sombra a los paneles, es lo suficientemente llana como para no tener que realizar ningún movimiento de tierras antes y por su cercanía a los puntos de consumo.

6.6 CÁLCULOS

6.6.1 ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO

Para poder calcular el ángulo de inclinación óptimo, primero es necesario conocer o estimar la irradiación de la zona donde se van a instalar los paneles fotovoltaicos. Este dato se puede obtener de diversas maneras como por ejemplo a través de PVGIS, un software gratuito de la comisión europea Joint Research Center, para facilitar el estudio del recurso solar y el potencial fotovoltaico en Europa³⁵. Este software proporciona la irradiación anual de la zona en el año 2020.

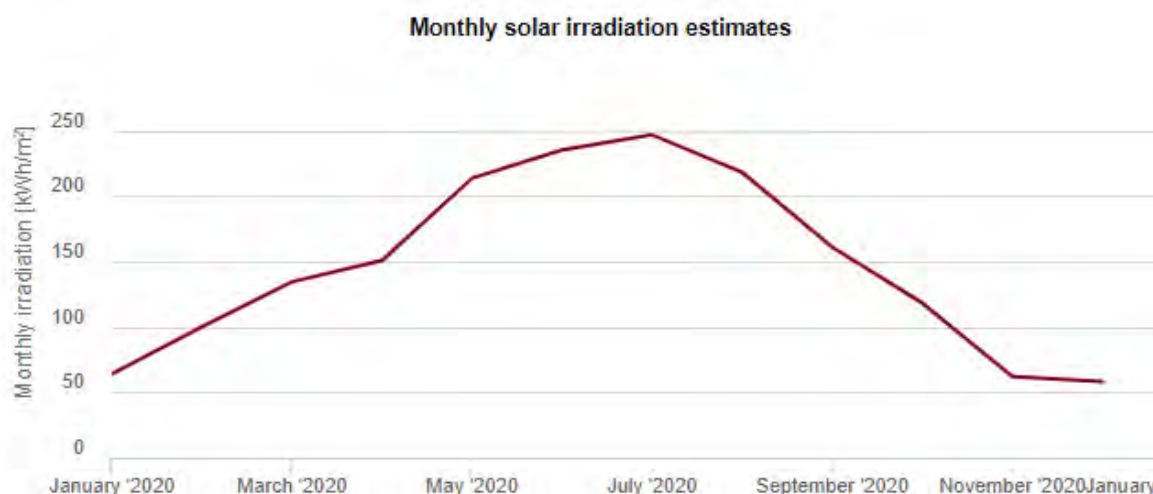


Ilustración 57. Irradiación solar de la explotación agropecuaria (Fuente: PVGIS, 2023).

Como se puede observar, la época con mayor radiación es de mayo a septiembre, la cual coincide con la temporada de riego, llegando a su máximo en el mes de julio.

Para obtener el ángulo de inclinación óptimo se debe conocer tanto el ángulo azimutal como el ángulo de inclinación. Puesto que la ubicación del proyecto se encuentra en el hemisferio

³⁵ Censolar, extraído en 2023.

norte, los paneles deben colocarse mirando al sur, lo cual se traduce en ángulo azimutal de 0° .

$$\alpha = 0^\circ$$

Para definir el ángulo de inclinación, es necesario conocer tanto la latitud de la ubicación como la época del año en la que se requiere la producción, debido a que la inclinación de los rayos del sol varía de invierno a verano.

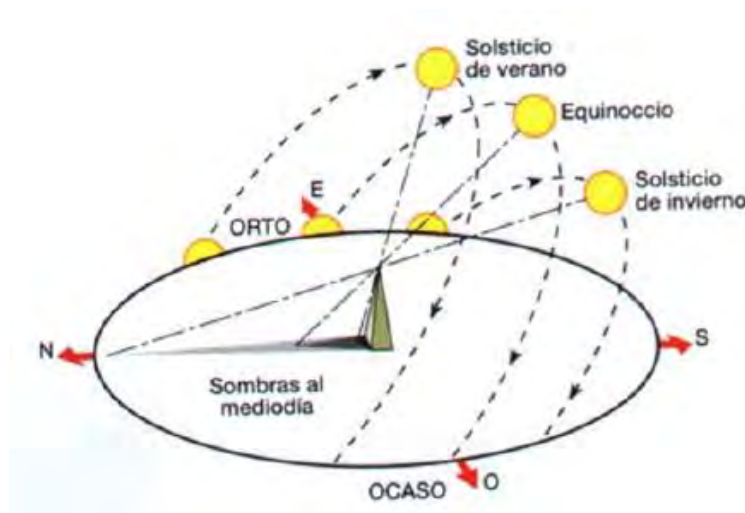


Ilustración 58. Elevación del sol a lo largo del año en un punto fijo (Fuente: Escholarium, 2023).

Debido a que sólo interesa maximizar la generación en los meses de verano, estos son los que deben fijar el ángulo de inclinación. Para ello se debe conocer el ángulo medio de elevación del sol en los meses en cuestión. Esta información se puede obtener de la herramienta SUNEARTHTOOLS.

<i>Mes</i>	<i>Ángulo de elevación</i>
<i>Mayo</i>	<i>68,70°</i>
<i>Junio</i>	<i>72,51°</i>
<i>Julio</i>	<i>70,25°</i>
<i>Agosto</i>	<i>63,01°</i>
<i>Septiembre</i>	<i>52,66°</i>

Tabla 14. Ángulo de elevación del sol (Fuente: SUNEARTHTOOLS, 2023).

Para obtener el ángulo óptimo, se realizará una media ponderada teniendo en cuenta el consumo de energía por cada mes, el cual se ha calculado anteriormente.

<i>Mes</i>	<i>Consumo (kWh)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Mayo	11.294	12,85
Junio	19.203	21,85
Julio	19.863	22,60
Agosto	23.463	26,70
Septiembre	8.545	9,72

Tabla 15. Porcentaje del consumo de cada mes (Fuente: elaboración propia, 2023).

$$\gamma = \frac{68,7 * 12,85 + 72,51 * 21,85 + 70,25 * 22,60 + 63,01 * 26,70 + 52,66 * 9,72}{100} = 62,5^{\circ}$$

Este ángulo calculado es el ángulo óptimo de elevación, por lo que el ángulo de inclinación óptimo será tal que la superficie de los paneles sea perpendicular a los rayos del sol.

$$\beta = 90^\circ - 62,5^\circ = 27,5^\circ$$

Por tanto, el ángulo de inclinación de los paneles es de aproximadamente 28°.

6.6.2 PREVISIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR

Para poder realizar una previsión de la potencia a instalar, se va a seguir el método descrito en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red de IDEA, donde aparece la siguiente fórmula.

$$P_{mp,min} = \frac{E_D * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR}$$

De donde:

- E_D : consumo eléctrico en kWh/día
- G_{CEM} : irradiancia de un módulo en la Condiciones Estándar de Medida (CEM), corresponde a 1 kW/m².
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del módulo, al ángulo azimutal (α) y de inclinación (β) correspondiente, medido en kWh/(m²*día)
- PR : Performance Ratio. Es el rendimiento energético de la instalación, el cual determina la eficiencia de la instalación en las condiciones reales de funcionamiento.

Para realizar este cálculo se elegirá las condiciones menos favorables, las cuales se dan en el mes de agosto, asegurando así que la potencia será la suficiente para abastecer toda necesidad.

Para el consumo eléctrico diario es necesario hacer la media entre el consumo en el mes de agosto y el número de días del mes. El consumo mensual en este mes ya se ha calculado anteriormente.

$$E_D = \frac{23463}{30} = 782,1 \text{ kWh/día}$$

Para la irradiancia diaria se realiza el mismo calculo teniendo en cuenta la irradianción mensual obtenida de PVGIS, teniendo en cuenta un ángulo azimutal de 0° y un ángulo de inclinación de 28°.

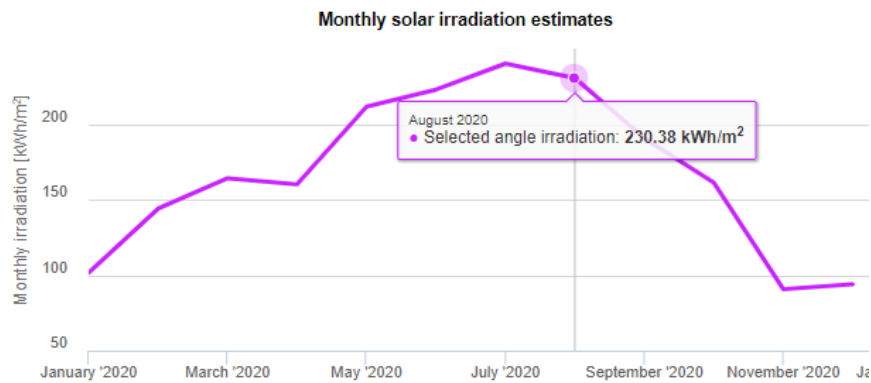


Ilustración 59. Irradiación media para un ángulo de inclinación de 28° (Fuente: PVGIS, 2023).

$$G_{dm}(0,28) = \frac{230,38}{30} = 7,7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

El PR es un índice que se debe calcular una vez realizada la simulación de la instalación fotovoltaica. Sin embargo, para poder estimar la potencia a instalar se tomará un valor estándar de 0,8.

Una vez obtenidos estos valores, se realiza el cálculo de la potencia pico a instalar.

$$P_{mp,min} = 126,96 \text{ kWp}$$

Finalmente, para asegurar un correcto funcionamiento de la instalación y poder cubrir las necesidades requeridas se sobredimensionará la potencia un 20%.

$$P_{mp} = 1,2 * P_{mp,min} = 152,35 \text{ kWp}$$

Por tanto, la planta a instalar deberá tener una potencia de **153kWp**.

6.7 EVALUACIÓN DE EQUIPOS

En este apartado se seleccionarán los módulos y el inversor a utilizar en el proyecto. Actualmente hay numerosos proveedores tanto de módulos como de inversores fotovoltaicos, sin embargo, sólo algunos están incluidos en la lista de Tier 1 de fotovoltaica. Para que los proveedores puedan aparecer en dicha lista deben cumplir una serie de requisitos como los siguientes³⁶:

- Proveer paneles solares de fabricación y marca propia.
- Haber suministrado sus paneles solares a 6 proyectos diferentes, mediante 6 financiaciones sin recurso distintas, en los últimos 2 años.
- Los proyectos deben superar los 1.5 MW de potencia instalada.

Dicha lista se muestra a continuación.

Fabricantes de placas solares			
Jinko Solar	Hanwha QCells	JA Solar	Canadian Solar
Longi	Risen Energy	Trina Solar	Chint/Astronergy
GCL Systems	Talesun	Seraphim	First Solar
Suntech	Renesola	Znshine Solar	LG Electronics
BYD	Akcome	Eging	Sumec / Phono Solar
Jinneng	REC Group	Waaree	HT-SAAE
Adani/Mundra	Neo Solar Power / URE	Vikram Solar	Hengdian DMEGC
Jolywood	ET Solar	Lightway	Boviet
Hansol Technics	S-Energy	AU Optronics	Shinsung

Ilustración 60. Fabricantes de Tier 1 de fotovoltaica (Fuente: Selectra, 2023).

³⁶ Selectra, “Tier 1 de fotovoltaica”, 2023.

Debido a esto se ha seleccionado un módulo de Jinko Solar, el modelo Cheetah HC 72M 390-410W, de 410W. Este módulo es debido a que, cuanto mayor sea la potencia del módulo, menor será el coste por Wp. La ficha técnica del módulo fotovoltaico se muestra en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

Por otro lado, el fabricante elegido para el inversor fotovoltaico es Huawei, debido a que es uno de los principales proveedores de inversores en los proyectos en España. El modelo elegido es el SUN2000-15KTL-M2, ya que teniendo una potencia pico de 153kWp, con nueve de estos inversores se obtiene una potencia nominal de 132kW, resultando en un AC/DC ratio de 1,14. La ficha técnica de este inversor se mostrará en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

6.8 PVSyst

En este apartado se realizará una simulación de la instalación fotovoltaica en la herramienta PVSyst. Se explicará el proceso seguido para realizarla y se mostrarán los resultados del informe obtenido.

En primer lugar, el programa pide por la ubicación del proyecto en cuestión para poder obtener los datos climatológicos necesarios, en este caso Torrejón el Rubio.

Archivo del sitio	Torrejón el Rubio_MN73.SIT	Torrejón el Rubio_MN73.SIT	Spain
Archivo meteo	Torrejón el Rubio_MN73_SYN.MET	Meteonorm 7.3 (1991-2010), Sat=100%	Sintético 0 k

Ilustración 61. Archivo climatológico de Torrejón el Rubio (Fuente: PVSyst, 2023).

A continuación, se debe definir el tipo de estructura y su orientación e inclinación. En este caso, como se ha calculado en apartados anteriores, se trata de una estructura fija orientada al sur (azimut 0°) y con una inclinación de 28°.

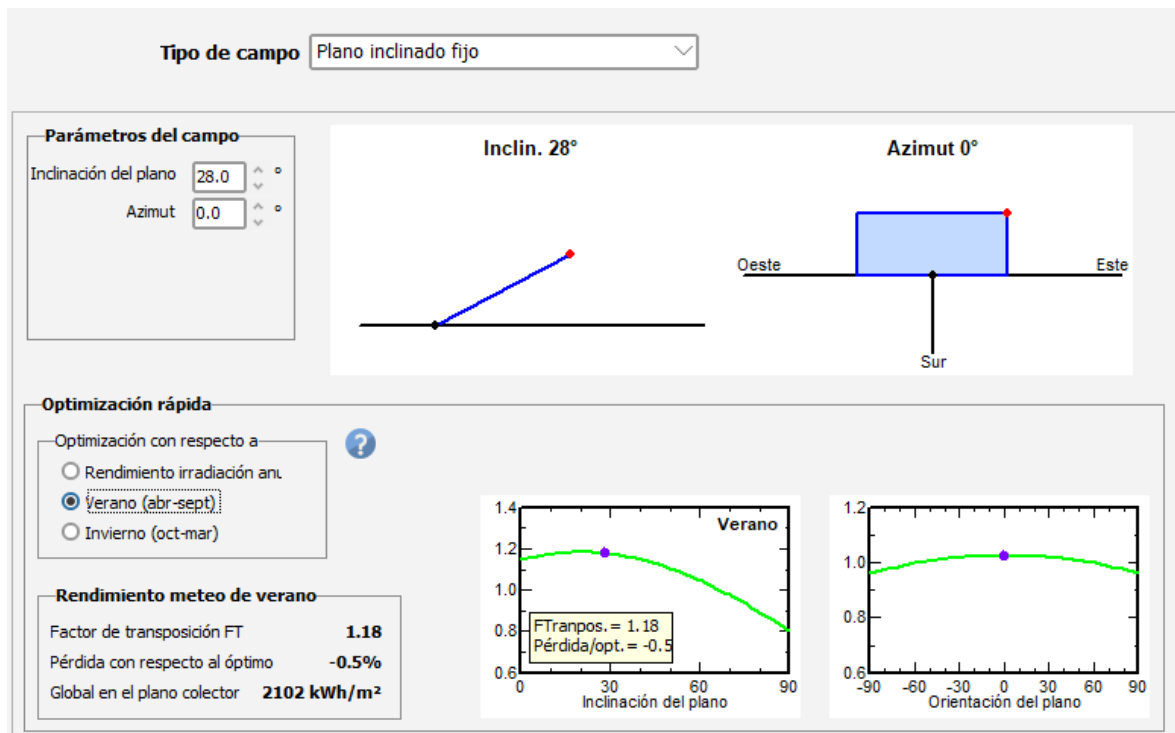


Ilustración 62. Datos de la orientación de los módulos (Fuente: PVsyst, 2023).

Lo siguiente que se debe definir es la sección Sistema, donde se seleccionan el tipo y la cantidad de los módulos e inversores a utilizar.

Seleccione el módulo FV

Disponible ahora

Filtro

Todos los módulos F

Módulos necesarios aprox. 373

Jinkosolar

410 Wp 36V Si-mono JKM410M-72H-V Desde 2020 Datasheets 2020

Usar optimizador

Voltajes de dimensionamiento : Vmpp (60°C) 35.8 V

Voc (-10°C) 55.5 V

?

Abrir

Seleccione el inversor

Disponible ahora

Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz

50 Hz

60 Hz

Huawei Technologies

15 kW 160 - 950 V TL 50/60 Hz SUN2000-15KTL-M2 Desde 2020

?

Abrir

Núm. de inversores 9

Voltaje de funcionamiento: 160-950 V

Poder global inversor 135 kWca

Utilizar característica multi-MPPT

Voltaje máximo de entrada: 1080 V

inversor con 2 MPPT

Diseñe el conjunto

Núm. de módulos y cadenas

Mód. en serie 17

entre 5 y 19

Núm. de cadenas 22

entre 19 y 22

Perdida sobrecarga 0.1 %

Proporción Pnom 1.14

Mostrar dimensionamiento

Núm. de módulos 374

Área 752 m²

Condiciones de operación

Vmpp (60°C) 608 V

Vmpp (20°C) 714 V

Voc (-10°C) 944 V

Irradia. plano 1000 W/m²

Imp (STC) 221 A

Isc (STC) 233 A

Isc (en STC) 233 A

Potencia nom. conjunto (STC) 153 kWp

El conjunto tiene 22 cadenas para distribuir en 9 inversores

Máx. en datos

STC

Potencia de funcionamiento máx. 140 kW

(en 1000 W/m² y 50°C)

Ilustración 63. Datos del tipo y cantidad de módulos e inversores (Fuente: PVSystem, 2023).

Finalmente se debe realizar un croquis de la instalación para poder realizar el cálculo de sombras, lo cual se ha realizado lo más parecido posible a la instalación real.

102

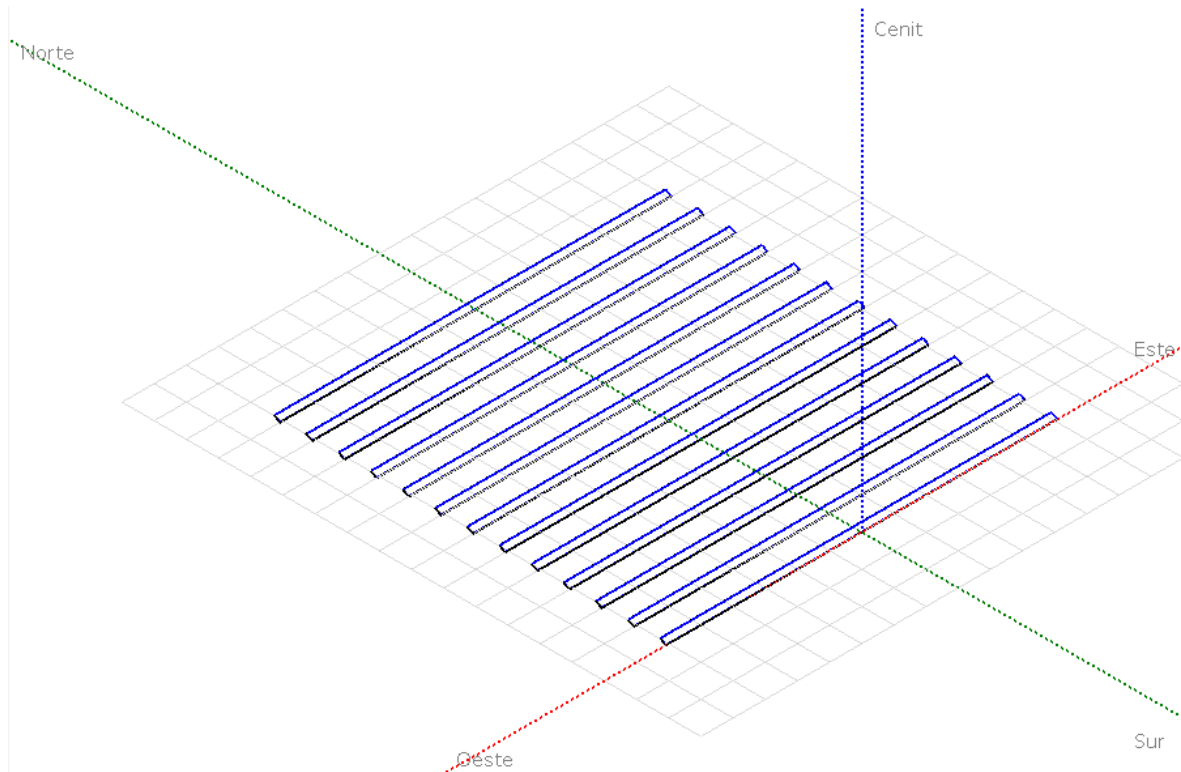


Ilustración 64. Croquis de la instalación fotovoltaica (Fuente: PVSyst, 2023).

Una vez definidos todos los parámetros necesarios se puede ejecutar la simulación, obteniendo un informe detallado de la producción y características de la planta. Dicho informe se incluirá en *Anexo I – Fichas técnicas e informes*.

6.8.1 RESULTADOS

En la primera página del informe aparece un resumen general del proyecto con la información principal.

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
Torrejón el Rubio		Latitude		Albedo	
Spain		Longitude		0.20	
		Altitude			
		Time zone		UTC+1	
Meteo data					
Torrejón el Rubio					
Meteonorm 7.3 (1991-2010), Sat=100% - Sintético					

System summary					
Grid-Connected System		Sheds, single array			
PV Field Orientation		Near Shadings		User's needs	
Fixed plane		Linear shadings		Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth					
28 / 0 °					
System information					
PV Array		Inverters			
Nb. of modules		374 units		9 units	
Pnom total		153 kWp		135 kWac	
				1.136	

Results summary					
Produced Energy		267.4 MWh/year		Specific production	
				1744 kWh/kWp/year	
				Perf. Ratio PR	
				84.40 %	

Ilustración 65. Resumen general del informe (Fuente: PVSyst, 2023).

Como se puede observar, aparece información sobre la ubicación del lugar, así como la orientación e inclinación de los paneles, número de módulos e inversores y la potencia pico y nominal. Debido a que se han elegido inversores de 410Wp, se necesitan 374 unidades para alcanzar los 153kWp necesarios para la planta. Del mismo modo, al tratarse de inversores de 15kW, son nueve unidades las necesarias para alcanzar una potencia nominal de 135kW. Con estas potencias pico y nominal se obtiene un DC/AC ratio de 1,14, lo cual es un valor estándar y aceptable.

Finalmente, podemos observar que el sistema genera 267,4 MWh/año, lo cual a priori es suficiente teniendo en cuenta que el consumo total es de casi 88 MWh/año. Además, cabe destacar que el Performance Ratio (PR) del sistema es de 84,4%, lo cual es aceptable y más aún cuando se estimó un valor del 80% para el cálculo de la potencia a instalar.

6.9 PRESUPUESTO

En esta sección se va calcular el presupuesto que suponen la compra de los módulos e inversores y la instalación de los mismos con todos los componentes necesarios.

En primer lugar, se ha estimado un precio de 2.213€ por inversor³⁷ y un precio de 0,134 €/Wp de módulos³⁸. Además, se ha estimado un coste de protecciones y cableado de 31.500€ en total y un coste de mano de obra de 71.200€ en total. Adicionalmente, se ha estimado un precio de mano de obra de 15€/h, al igual que se ha hecho en apartado anteriores, y 500 horas de trabajo.

<i>Características</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Presupuesto</i>
Módulo fotovoltaico Cheetah HC 72M 410W	0,134 €/Wp	135 kWp	20.196 €
Inversor Huawei SUN2000 15KTL M2	2.213 €/inversor	9	19.917 €
Protecciones y cableado	-	-	31.500 €
Obra civil y movimiento de tierras	-	-	63.700€
Mano de obra	15€/h	500 h	7.500 €
TOTAL			142.813 €

³⁷ WccSolar. Tienda online de energía solar.

³⁸ ENF Solar, Empresas y Productos de la Industria de la Energía Solar

Tabla 16. Presupuesto de la instalación fotovoltaica (Fuente: elaboración propia, 2023).

Una vez obtenido el presupuesto total, se puede calcular el precio por kWp, resultando en 933,4 €/kWp (llave en mano). Al haber obtenido un precio por kWp instalado de 933,4€ se puede concluir que las estimaciones son correctas ya que, para un proyecto de esta capacidad, a día de hoy se paga en torno a 950€/kwp.

A continuación, en el siguiente capítulo se realizará un estudio económico del proyecto teniendo en cuenta la inversión necesaria en la empacadora, sistema de riego y la instalación fotovoltaica.

Capítulo 7. ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará, en primer lugar, es análisis de los resultados obtenidos al comparar el consumo de la explotación agropecuaria y la generación de la instalación fotovoltaica.

Posteriormente se realizará el estudio económico de la instalación teniendo en cuenta el desembolso inicial de capital, la producción de energía, los posibles flujos de ingresos y el periodo de amortización, este estudio pretende desvelar la viabilidad económica, la sostenibilidad a largo plazo y la viabilidad financiera general de la implantación de la instalación fotovoltaica.

7.2 COMPARACIÓN GENERACIÓN CONSUMO

Una vez obtenido la curva de consumo de la explotación agropecuaria y realizada la simulación de generación de la planta fotovoltaica, se puede realizar una comparativa entre ambas y estudiar qué cantidad de energía se consume de la planta, cuánta se excede y cuánta se consume de la red.

Cabe destacar que, para que el sistema sea 100% eficiente, la curva de consumo debe ser lo más plana posible. Es decir, que el consumo sea lo más constante posible a lo largo del año. En este caso esto no es así debido a que la mayor parte del consumo se produce en los meses de verano, cuando se está en temporada de riego, y en invierno el consumo es muy bajo en comparación. Esto provocará ciertos problemas como una gran cantidad de energía excedida y un sobredimensionamiento en los meses con poco consumo.

En primer lugar, se ha realizado un estudio mensual de qué sucede con la energía producida y de dónde se obtiene la energía consumida en un año.

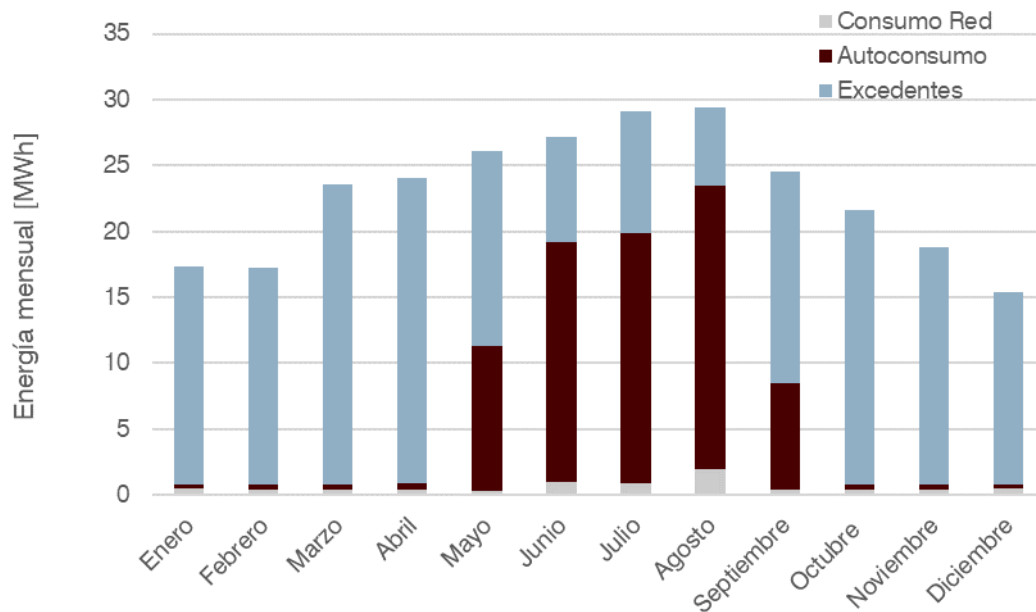


Ilustración 66. Comparativa de la energía consumida y producida en un año (Fuente: elaboración propia, 2023).

Como se puede observar y como se ha previsto anteriormente, en los meses de invierno hay una gran cantidad de excedentes debido a la irregularidad de la curva de consumo. También cabe destacar que la poca energía que se consume de la red es debido a los consumos nocturnos, ya que en ese horario la planta no puede producir.

A continuación, se va a mostrar la curva generación – consumo de un día representativo en verano y en invierno.

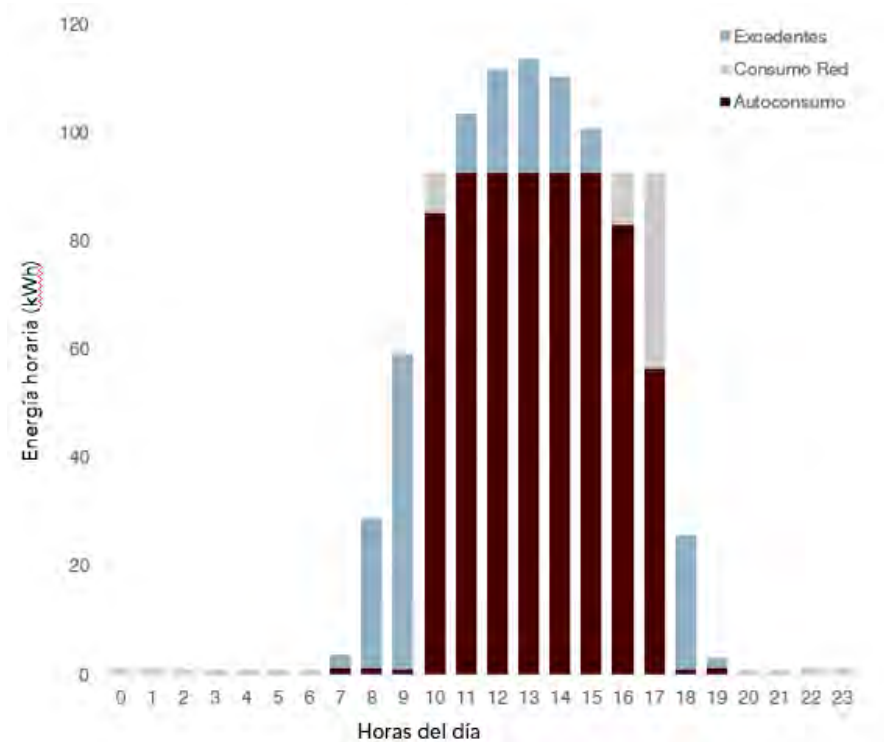


Ilustración 67. Curva generación – consumo de un día de agosto (Fuente: elaboración propia, 2023).

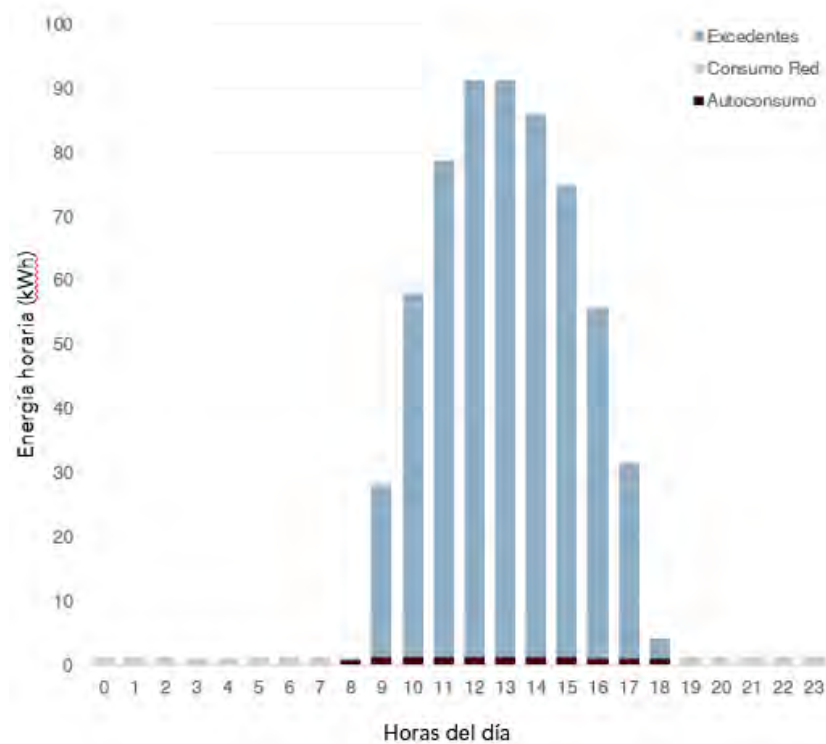


Ilustración 68. Curva generación – consumo de un día de agosto (Fuente: elaboración propia, 2023).

Como se puede observar, la curva de generación está muy bien ajustada en los meses de verano, pero en los meses de invierno está sobredimensionada. Estos excedentes no interesan ya que es energía perdida, y más aún cuando la planta no está conectada a la red y no se pueden compensar. Sin embargo, es preferible tener excedentes en invierno y ajustar la curva en verano para incrementar la energía autoconsumida.

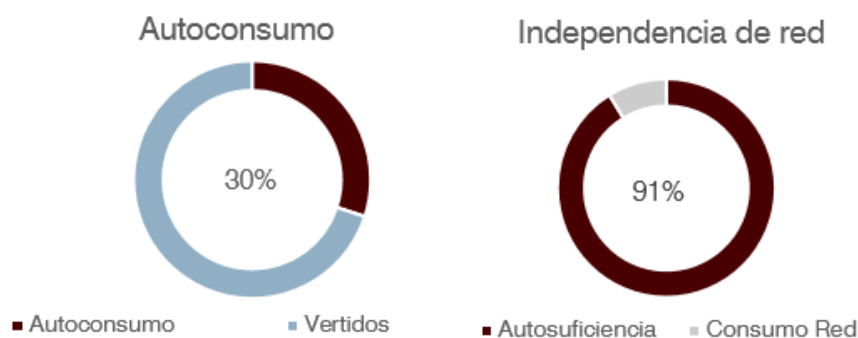


Ilustración 69. Autoconsumo e independencia de red de la explotación (Fuente: elaboración propia, 2023).

El sistema tiene una independencia de red considerablemente alta (91%), lo que se traduce en un gran ahorro en la factura de luz. Sin embargo, el porcentaje que es autoconsumido de la energía generada (30%) es relativamente bajo, gran parte de la energía producida a lo largo del año no se está consumiendo debido a la irregularidad de la curva de consumo.

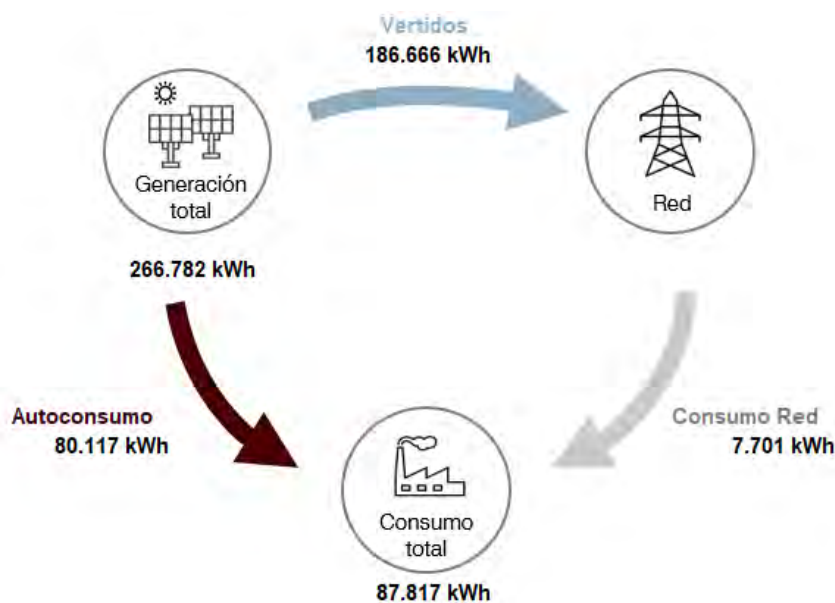


Ilustración 70. Resumen general del balance de energía (Fuente: elaboración propia, 2023).

De los casi 267MWh producidos en un año, únicamente 80MWh son consumidos. Sin embargo, de los casi 88MWh del consumo total, únicamente 7,7MWh son consumidos de la red, es decir, únicamente el 9% del consumo actual afectará a las facturas futuras.

En el siguiente apartado se estudiará, en función de la variación del precio de la energía, la viabilidad económica del proyecto.

7.3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

En este apartado se va a realizar un estudio económico del proyecto, para cual se calculará la TIR, el VAN y los años de amortización. Para realizar este análisis se ha partido de diversas premisas.

- 30 años de vida útil del proyecto, basándose en distintos proyectos fotovoltaicos anteriores.
- Se ha estimado un coste de operación y mantenimiento de la planta (O&M) de 2€/kWp instalado.
- Se ha tenido en cuenta una degradación anual de los módulos del 0,55% de su producción, según fabricante.
- Como tasa de descuento del proyecto se ha utilizado la tasa del bono español a 10 años, el cual, a día 29/08/2023, está en 3,55%³⁹.

³⁹ Expansión, “Bono español a 10 años”, 2023.

INVERSIÓN INICIAL	
Fotovoltaica	142.813,00 €
Riego	20.184,50 €
Empacadora	9.920,24 €
TOTAL	172.917,74 €

Ahorro 1er año (kWh)	
Consumo inicial	87817
Autoconsumo	80117
Consumo final	7701

Degradación paneles	0,55%
----------------------------	--------------

Operación y Mantenimiento	
2 €/kWp	

Potencia instalada	
153 kWp	

Wacc	3,55%
-------------	--------------

Ilustración 71. Premisas utilizadas en el análisis de rentabilidad (Fuente: elaboración propia, 2023).

Adicionalmente, se va a realizar el análisis en dos escenarios distintos en cuanto al precio de la energía. El precio de la energía está en constante fluctuación y se ve muy afectado por gran cantidad de factores externos. A día de hoy, es muy complicado conocer a ciencia cierta el precio de la energía en los años venideros. Sin embargo, el OMIP (Operador de Mercado Ibérico Portugal) proporciona una serie de precios a futuros de la electricidad. El primer escenario se basa en estos precios que proporciona el OMIP hasta 2033 y manteniendo constante el precio hasta el fin de la vida útil del proyecto, ya que no se conocen dichos precios.



Ilustración 72. Precios del OMIP en €/MWh el día 29/08/2023 (Fuente: OMIP, 2023).

El segundo escenario es un poco más optimista. Según los datos del OMIP, existe una clara tendencia a la baja. Esta tendencia puede estar provocada por la gran cantidad de energía renovable que entra en la oferta del mercado diario en las horas de luz. Sin embargo, el

precio podría aumentar cuando se desarrollen suficientes baterías de almacenaje de energía y se pueda aprovechar al 100% la energía fotovoltaica, por ejemplo, y no necesariamente verter toda al “pool” del mercado. Por estas razones también se realiza el estudio con una tendencia ligeramente al alza.

Precios del escenario 2	
Año	Precio (€/kWh)
2024	0,105
2025	0,110
2026	0,115
2027	0,121
2028	0,127
2029	0,133
2030	0,140
2031	0,147
2032	0,154
2033	0,162
2034	0,170
2035	0,179
2036	0,188
2037	0,197
2038	0,207
2039	0,217
2040	0,228
2041	0,240
2042	0,251
2043	0,264
2044	0,277
2045	0,291
2046	0,306
2047	0,321
2048	0,337
2049	0,354
2050	0,372
2051	0,390
2052	0,410

Tabla 17. Precios estimados del escenario 2 (Fuente: elaboración propia, 2023).

Una vez conocidos todas las premisas que se acaban de exponer, se puede realizar el cálculo del EBITDA y Flujo de caja año por año como:

$$EBITDA = \text{Precio energía} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] * \text{Autoconsumo [kWh]} - O\&M[\text{€}]$$

$$\text{Flujo de caja} = EBITDA [\text{€}] - \text{Capital invertido} [\text{€}]$$

$$\text{Flujo de caja acumulado } (i) = \text{Flujo de caja } (i - 1) + \text{Flujo de caja } (i)$$

Al calcular estos valores para cada uno de los 30 años de vida útil del proyecto, se calcula el VNA (Valor Neto Actual), la TIR (Tasa Interna de Retorno) y los años que se tarda en amortizar la inversión inicial (Payback) para cada uno de los escenarios.

Análisis escenario 1 (OMIP)	
Índice	Valor
VNA	-105.693,70€
TIR	-3,96%
Payback	No se amortiza en los 30 años de vida útil del proyecto

Tabla 18. Análisis del escenario 1 (Fuente: elaboración propia, 2023).

Análisis escenario 2 (estimado)	
Índice	Valor
VNA	82.997,34€
TIR	6,43%
Payback	15 años

Tabla 19. Análisis del escenario 2 (Fuente: elaboración propia, 2023).

Como se puede observar, hay una gran diferencia entre ambos escenarios, simplemente por estimar de manera distinta el precio de la electricidad.

7.4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez analizados ambos escenarios, se comprueba que, siguiendo la estimación más fiable del precio de la electricidad a futuros, es decir, la estimación del OMIP (escenario 1), los índices calculados son muy negativos. Sin embargo, hay diferentes posibles soluciones que ayudarían a mejorar la rentabilidad de este escenario.

En primer lugar, el precio de la electricidad podría tender al alza ayudando a la rentabilidad, como se ha comprobado en el escenario 2.

En segundo lugar, los consumos calculados del proyecto se han calculado teniendo en cuenta que todas las bombas de impulsión funcionan las 8 horas diarias durante todo el período de riego, algo que en la realidad no es así, lo que se traduce en una menor inversión inicial.

En tercer lugar, el consumo durante la temporada de invierno podría ser mayor con una inversión relativamente baja. Por ejemplo, incluyendo unas máquinas frigoríficas existentes donde se podría almacenar leche de oveja y comercializar con ella. Esto ayudaría a aplanar la curva de consumo, aumentando la energía autoconsumida. Tanto la comercialización de dicha leche como el aumento de la energía autoconsumida ayudaría a incrementar los ingresos obtenidos durante los años de vida útil del proyecto.

En resumen, este proyecto es complicado a nivel económico, pero no inviable, necesitando de un estudio exhaustivo para reducir los costes al máximo y aumentar y explotar los posibles beneficios que puede aportar la explotación agropecuaria.

Capítulo 8. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

En el proyecto realizado en este trabajo se ha diseñado y presupuestado una empacadora de lana vertical para el negocio lanero existente en la explotación agropecuaria.

Adicionalmente se ha estudiado el sistema de riego existente para su optimización, se ha ejecutado una simulación para comprobar su eficiencia y se han corregido los elementos necesarios para su correcto funcionamiento.

Como elemento de cohesión a lo mencionado, está la instalación fotovoltaica. Dicha instalación se ha diseñado y dimensionado en este proyecto según la demanda energética de la explotación. Estudiando el recurso solar de la zona y la curva de consumo se ha definido por completo la instalación y se ha realizado una simulación para comprobar su funcionamiento con respecto al consumo.

Una vez estudiados los resultados se ha llevado a cabo un análisis de rentabilidad del proyecto completo, teniendo en cuenta la inversión requerida en la empacadora, en el sistema de riego y en la propia instalación fotovoltaica, y se han obtenido los índices necesarios para conocer su viabilidad económica.

Como desarrollo futuro, ya comentado en el capítulo anterior, se podría estudiar la posibilidad de implementar una industria lechera. Esta industria requiere una inversión algo mayor que la empacadora. Sin embargo, provocaría un aumento considerable en los meses de invierno que aprovecharía la energía desperdiciada por la instalación fotovoltaica. Además, sería una fuente de ingresos adicional a los existentes que ayudaría a mejorar los índices de rentabilidad del proyecto.

Adicionalmente, también sería posible realizar un estudio exhaustivo sobre las explotaciones ovinas del alrededor con el fin de que esta explotación comercialice con su lana y sea el

principal empacador de la zona, aumentando así los ingresos anuales y el consumo, lo que tendría un resultado similar a la industria de leche ovina.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AEMET, “Valores climatológicos normales. Cáceres”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=3469A&k=undefined>
- [2] AlbaSolar. “Diferencias entre silicio monocristalino y policristalino”. 2021. Disponible en: <https://albasolar.es/silicio-monocristalino-y-policristalino-diferencias/>
- [3] Austro, “Paneles solares de capa fina”. Consultado en abril de 2023. Disponible en: <https://www.austro.com.ar/paneles-solares-capa-fina-thin-film/>
- [4] Bombas Intercal, “Ventajas de las bombas centrífugas para uso agrícola”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://bombas-intercal.com/blog/ventajas-de-las-bombas-centrifugas-para-uso-agricola/>
- [5] Cáceres Impulsa, “Torrejón el Rubio”. Consultado em 2023. Disponible em: <https://www.caceresimpulsa.com/municipios/torreon-el-rubio/>
- [6] EcoInventos, “Las células solares de perovskita están revolucionando las placas solares”. 2023. Disponible en: <https://ecoinventos.com/celulas-solares-perovskita/>
- [7] EDP Energía. “Horas de luz en España”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/horas-sol-espana/>
- [8] EURIBOR Diario, “Euribor diario durante el mes de agosto de 2023”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.euribordiarario.es/>
- [9] EUROTUBO, “Tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.eurotubo.com.pe/tuberias-polietileno-alta-densidad.php>

- [10] Dr. Fernández Santana, “El clima em Extremadura”. Consultado em 2023. Disponible en: <https://iesdrfdez santana.educarex.es/web/departamentos/ccss/paisajes/paisajextre/clima.htm#:~:text=EL%20CLIMA%20EN%20EXTREMADURA,por%20las%20Borrascas%20de l%20Atl%C3%A1ntico>
- [11] GARGIL, “Qué son las bombas sumergibles y sus características técnicas”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://gargil.es/que-son-las-bombas-sumergibles-y-sus-caracteristicas-tecnicas/>
- [12] IGC, “¿Qué son los sistemas de bombeo de velocidad variable?”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://igc.com.pe/que-son-sistemas-de-bombeo-de-velocidad-variable/>
- [13] Inarquia, “Paneles solares bifaciales: que son, ventajas y precios “. Consultado en abril de 2023. Disponible en: <https://inarquia.es/panel-solar-bifacial-que-es-ventajas-precios/>
- [14] Ministerio de agricultura, “Las exportaciones agroalimentarias baten un récord y superan los 60.000 millones de euros”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/las-exportaciones-agroalimentarias-baten-un-r%C3%A9cord-y-superan-los-60.000-millones-de-euros-/tcm:30-612044#prettyPhoto>
- [15] Ministerio de transición, “Sector agrícola y ganadero”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/agricola.aspx>
- [16] Naciones Unidas, “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Consultado em 2023. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [17] PRAKOR. “Tipos de tuberías para un sistema de riego por goteo agrícola”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://prakor.com/tipos-de-tuberias-para-un-sistema-de-riego-por-goteo-agricola/>

- [18] PVEDUCATION..”Células Tándem”. Consultado en abril de 2023. Disponible en:
<https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/4-operaci%C3%B3n-de-c%C3%A9lulas-solar/celulas-tandem>

- [19] REDINNOVAGRO. “Guía de instalación y uso de micro riego de baja presión”. Consultado en 2023. Disponible en:
<https://www.redinnovagro.in/docs/guiaMicroRiegoBajaPresion.pdf>

- [20] SERVEISTACIO. “Tubos de pvc: usos y características básicas”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://serveiestacio.com/blog/tubos-de-pvc-usos-y-caracteristicas-basicas/>

- [21] SINTECHPUMPS. “¿Qué son las bombas de turbina vertical y cómo funcionan?”. Consultado en 2023. Disponible en: <https://www.sintechpumps.com/bombas/que-son-las-bombas-de-turbina-vertical-y-como-funcionan/?lang=es>

- [22] Visionbaler. “Empacadora vertical”. Consultado en 2023. Disponible en:
<https://es.visionbaler.com/scrap-baler-machine/vertical-baler-machine/350-tons-vertical-wool-yarn-baler.html>

- [23] XTPACK. “Empacadora vertical”. Consultado en 2023. Disponible en:
<http://m.es.xtpackpress.com/vertical-baler/textile-baler/textile-balers.html>

- [24] XTPACK. “Tipos de empacadora”. Consultado en 2023. Disponible en:
<http://m.es.xtpackpress.com/>

- [25] Wikipedia. “Hardy Cross”. Consultado en 2023. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Hardy_Cross

ANEXO I – FICHAS TÉCNICAS E INFORMES

铝罐/PET瓶子打包机

Cans/PET Bottle Balers

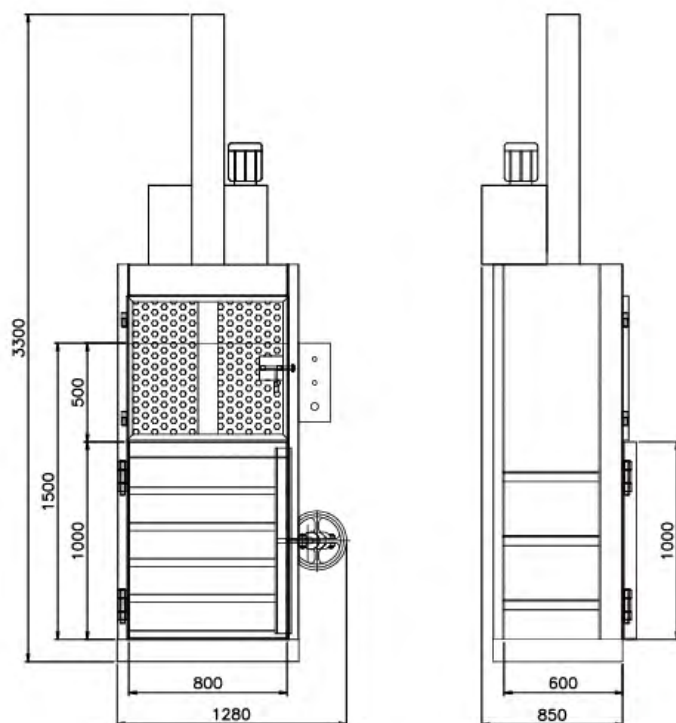
机器应用

专门用于易拉罐，PET 可乐瓶，油瓶等空心产品的压缩打包

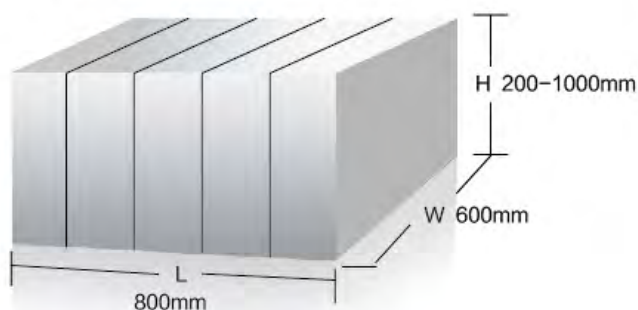
Usage

Specially used for recycling the cans, PET bottles, oil tank etc.

Diagram(Model XTY-300KL8060)



Bale Size (Model XTY-300KL8060)



参数 Specifications

型号Model	XTY-300KL8060	XTY-400KL10060	XTY-500KL11070	XTY-800KL12080
压力 Pressure	30tons	40tons	50tons	80tons
加料口尺寸 (L × H) Feed Opening Size (L×H)	800 × 500mm	1000 × 500mm	1100 × 500mm	1200 × 500mm
压缩腔高度 Baling Chamber Height	1500mm	1500mm	1500mm	1700mm
包块尺寸 (L × W × H, H可调) Bale Size (L×W×H, H is adjustable)	800 × 600 × (200-1000)mm	1000 × 600 × (300-1000)mm	1100 × 700 × (300-1000)mm	1200 × 800 × (300-1200)mm
包块重量 Bale Weight	30-120kgs	60-180kgs	90-270kgs	200-380kgs
功率 Power	5.5kw	7.5kw	7.5kw	15kw
机器重量 Machine Weight	1400kgs	1700kgs	1900kgs	2500kgs
机器外观尺寸 Machine Overall Dimension	1280 × 850 × 3300mm	1480 × 1000 × 3400mm	1600 × 1100 × 3500mm	1700 × 1200 × 3900mm

机器特点

- 自动挂链出包，提高了工作效率
- 采用开门停机设计，使机器更安全可靠
- 装配急停按钮，单独安装，位置醒目，使操作更安全
- 采用欧美标准的防弹门结构，能保护操作人员的安全
- 装配自动平衡装置，避免因放置物料不当产生意外
- 采用日本进口NOK密封圈，使用寿命更长
- 采用日本A.M.C油管接头，确保不漏油
- 独特的电机和泵的直叉连接，保证泵和电机100%同心，替代了一般的联轴器联结方式，提高了泵的使用寿命



Features

- Automatic chain bale ejector for quickly and easily ejecting the bales out from the machine
- The ram will stop running downwards when the feeding gate is opened which ensure the safety of the operation
- Equipped with independent emergency stop for safe operation
- Equipped with Euro and U.S standard anti-rebound gate structure which makes sure the safety of operation
- Special ram guides design makes the platen not slope because of uneven materials feedings during compression
- Equipped with NOK seals that from Japan means longer lifespan of the seals
- Equipped with A.M.C. oil pipe joints that from Japan ensures the machine far away from oil leakage problems
- Peculiar combination of motor and pump with direct-crossed connection makes sure 100 percent concentricity, which replacing the common coupling connection so that extend the lifespan of the pump

Elettropompe multistadio
Multistage electric pumps
Electropompes multicellulaires
Mehrstufige Kreiselpumpen
Electrobombas multicelulares



Catalogo generale
General catalogue
Catalogue général
Hauptkatalog
Catálogo general

PRESTAZIONI - PERFORMANCES - CARACTERISTIQUES - LEISTUNGSBEREICH - PRESTACIONES

MEK/KV80-60

Prestazioni a 50Hz, 2 poli
Performances at 50Hz, 2 poles
Caractéristiques à 50Hz, 2 pôles
Leistungsbereich bei 50Hz, 2-polig
Prestaciones a 50Hz, 2 polos

Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba		 IEC kW HP			Portata - Capacity - Débit - Fördermenge - Caudal										
					l/min	0	800	900	1000	1100	1200	1250	1300	1400	1500
					m³/h	0	48	54	60	66	72	75	78	84	90
					l/s	0	13,3	15	16,7	18,3	20	20,8	21,7	23,3	25
ME25K80-60/2P	ME25KV80-60/2P	•	18,5	25	H m	91	83	79	76	71	66	62	-	-	-
ME30K80-60/2A	ME30KV80-60/2A	•	22	30		91	83	79	76	71	66	64	61	55	48
ME30K80-60/2P	ME30KV80-60/2P	•	22	30		108	102	99	95	90	84	81	-	-	-
ME35K80-60/2A	ME35KV80-60/2A	•	30	40		103	97	95	91	87	82	79	76,5	71	64,5
ME35K80-60/2P	ME35KV80-60/2P	•	30	40		110	106	103	99	95	90,5	88	-	-	-
ME40K80-60/3A	ME40KV80-60/3A	•	30	40		128	115	111	105	97,5	89	84	79	66	50
ME40K80-60/3P	ME40KV80-60/3P	•	30	40		143	131	125	119	112	104	100	-	-	-
ME50K80-60/3A	ME50KV80-60/3A	•	37	50		148	141	136	130	124	116	111	106	95	81
ME50K80-60/3P	ME50KV80-60/3P	•	37	50		172	162	156	150	144	137	132	-	-	-
ME60K80-60/3A	ME60KV80-60/3A	•	45	60		175	167	163	158	152	144	140	135	125	114
ME60K80-60/4P	ME60KV80-60/4P	•	45	60		207	194	188	181	170	159	153	-	-	-
ME75K80-60/4A	ME75KV80-60/4A	•	55	75		220	215	207	200	190	180	176	170	158	144
ME75K80-60/4P	ME75KV80-60/4P	•	55	75		236	226	220	213	204	193	187	-	-	-
ME100K80-60/5A	ME100KV80-60/5A	•	75	100		292	278	272	260	253	240	233	225	208	190

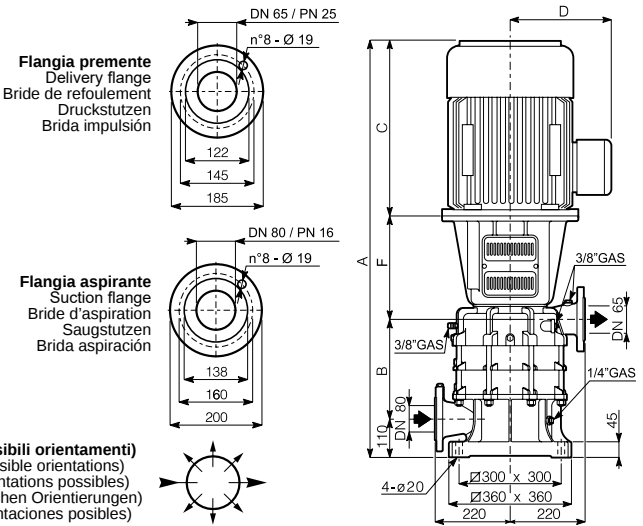
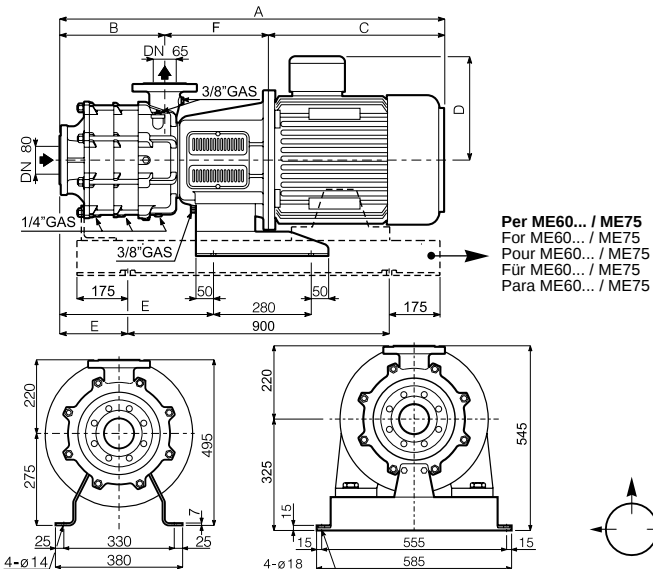
Dimensioni di ingombro in mm e peso in kg
Overall dimensions in mm and weight in kg
Dimensions en mm et masse en kg
Abmessungen in mm, Gewicht in kg
Medidas en mm, peso en kg

*** Per le dimensioni di ingombro e i pesi dei motori vedere pagg. 40 - 44**
* For motors overall dimensions and weights please refer to pages 40 - 44
* Pour les dimensions et les masses des moteurs voir pages 40 - 44
* Gesamtlänge und Gewichte der Unterwassermotoren, siehe Seiten 40 - 44
* Para la dimensiones y los pesos de los motores, consulte las páginas 40 - 44



Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	IEC	A	B	C	D	E	F	Peso Weight Masse Gewicht Peso	
								Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	Motore Motor Moteur Motor Motor
ME25K80-60/2P	•	*	231	*	*	371	297	105	*
ME30K80-60/2A	•	*	231	*	*	371	297	105	*
ME30K80-60/2P	•	*	231	*	*	371	297	105	*
ME35K80-60/2A	•	*	231	*	*	371	297	106	*
ME35K80-60/2P	•	*	231	*	*	371	297	106	*
ME40K80-60/3A	•	*	301	*	*	441	297	127	*
ME40K80-60/3P	•	*	301	*	*	441	297	127	*
ME50K80-60/3A	•	*	301	*	*	441	297	127	*
ME50K80-60/3P	•	*	301	*	*	441	297	127	*
ME60K80-60/3A	•	*	301	*	*	441	297	172	*
ME60K80-60/4P	•	*	371	*	*	118	297	193	*
ME75K80-60/4A	•	*	371	*	*	118	327	223	*
ME75K80-60/4P	•	*	371	*	*	118	327	223	*
ME100K80-60/5A	•	*	441	*	*	188	327	244	*

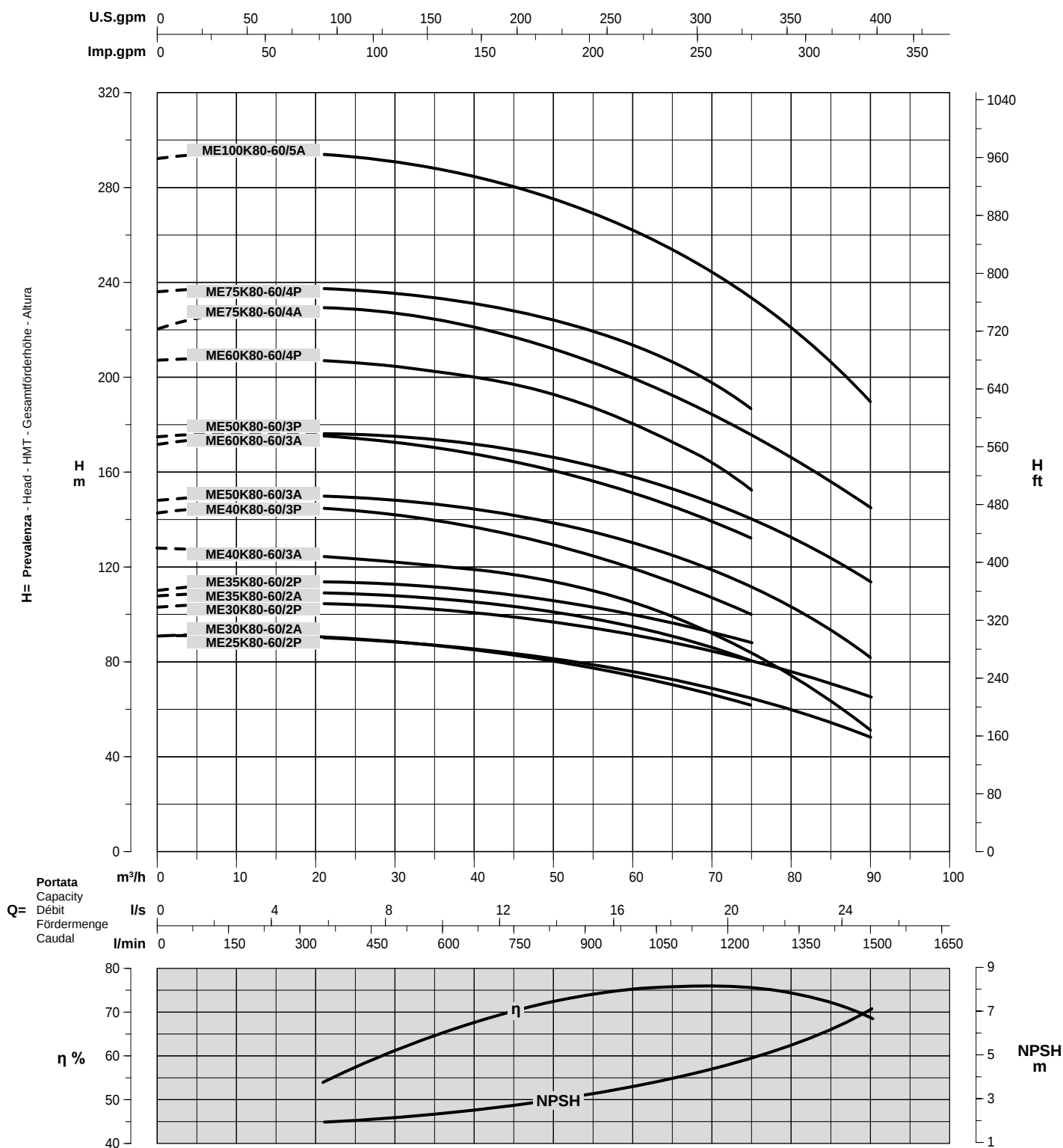
Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	IEC	A	B	C	D	E	F	Peso Weight Masse Gewicht Peso	
								Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	Motore Motor Moteur Motor Motor
ME25KV80-60/2P	•	*	203	*	*	-	297	112	*
ME30KV80-60/2A	•	*	203	*	*	-	297	112	*
ME30KV80-60/2P	•	*	203	*	*	-	297	112	*
ME35KV80-60/2A	•	*	203	*	*	-	297	113	*
ME35KV80-60/2P	•	*	203	*	*	-	297	113	*
ME40KV80-60/3A	•	*	273	*	*	-	297	134	*
ME40KV80-60/3P	•	*	273	*	*	-	297	134	*
ME50KV80-60/3A	•	*	273	*	*	-	297	134	*
ME50KV80-60/3P	•	*	273	*	*	-	297	134	*
ME60KV80-60/3A	•	*	273	*	*	-	297	137	*
ME60KV80-60/4P	•	*	273	*	*	-	297	158	*
ME75KV80-60/4A	•	*	343	*	*	-	327	188	*
ME75KV80-60/4P	•	*	343	*	*	-	327	188	*
ME100KV80-60/5A	•	*	413	*	*	-	327	209	*



Tolleranze ISO 9906 Grado 3B - Tolerances ISO 9906 Grade 3B - Tolérances ISO 9906 Niveau 3B - Toleranzen ISO 9906 Klasse 3B - Tolerancias ISO 9906 Grado 3B

MEK/KV80-60

Prestazioni a 50Hz, 2 poli
Performances at 50Hz, 2 poles
Caractéristiques à 50Hz, 2 pôles
Leistungsbereich bei 50Hz, 2-polig
Prestaciones a 50Hz, 2 polos



Curve per liquidi aventi densità 1000 kg/m³ - viscosità 1 mm²/s alla temperatura di 20°C
Curves established for liquid density 1000 kg/m³ - viscosity 1 mm²/s - temperature 20°C
Courbes établies pour liquides densité 1000 kg/m³ - viscosité 1 mm²/s - température 20°C
Leistungskurve für Flüssigkeiten mit Dichtigkeit von 1000 kg/m³ - Viskosität 1 mm²/s - Temp. 20°C
Curvas para líquidos con densidad 1000 kg/m³ - viscosidad 1 mm²/s a la temperatura de 20°C

Rendimento della pompa
Pump efficiency
Rendement de la pompe
Wirkungsgrad
Eficiencia de la bomba

Riduzione rendimento
Efficiency reduction
Réduction du rendement
Leistungsminderung
Reducción de eficiencia

/2	=	-2
/3	=	-1
/4	=	-

Tolleranze ISO 9906 Grado 3B - Tolerances ISO 9906 Grade 3B - Tolérances ISO 9906 Niveau 3B - Toleranzen ISO 9906 Klasse 3B - Tolerancias ISO 9906 Grado 3B

PRESTAZIONI - PERFORMANCES - CARACTERISTIQUES - LEISTUNGSBEREICH - PRESTACIONES

MEK/KV65-22

Prestazioni a 50Hz, 2 poli
Performances at 50Hz, 2 poles
Caractéristiques à 50Hz, 2 pôles
Leistungsbereich bei 50Hz, 2-polig
Prestaciones a 50Hz, 2 polos

Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba			Portata - Capacity - Débit - Fördermenge - Caudal										
			l/min	0	125	200	300	350	400	450	500	550	600
			m³/h	0	7,5	12	18	21	24	27	30	33	36
			l/s	0	2,1	3,3	5	5,8	6,7	7,5	8,3	9,2	10
IEC	kW	HP											
ME10K65-22/3	ME10KV65-22/3	• 7,5	10	95	92	88	79	73	66,5	60	52	44	35
ME12K65-22/3	ME12KV65-22/3	• 11	15	108	105	103	96	90	84	77	69	60	49,5
ME15K65-22/4	ME15KV65-22/4	• 11	15	135	134	132	122	114	106	96	86	74	62,5
ME17K65-22/5	ME17KV65-22/5	• 15	20	160	154	150	136	127	117	105	92,5	79	65
ME20K65-22/5	ME20KV65-22/5	• 15	20	176	173	170	158	150	140	129	116	102	88
ME25K65-22/6	ME25KV65-22/6	• 18,5	25	212	208	204	192	180	168	153	137	118	97
ME30K65-22/8	ME30KV65-22/8	• 22	30	263	258	252	232	218	201	181	161	138	114
ME40K65-22/9	ME40KV65-22/9	• 30	40	303	304	295	272	256	238	216	193	167	140

Dimensioni di ingombro in mm e peso in kg
Overall dimensions in mm and weight in kg
Dimensions en mm et masse en kg
Abmessungen in mm, Gewicht in kg
Medidas en mm, peso en kg

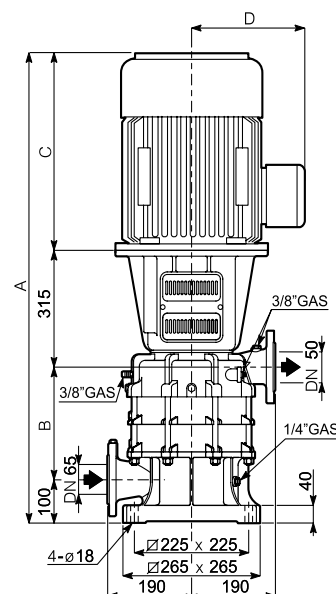
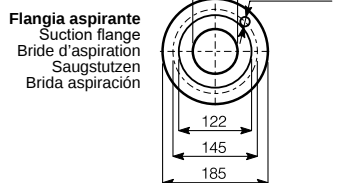
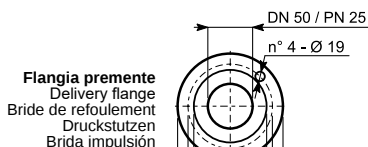
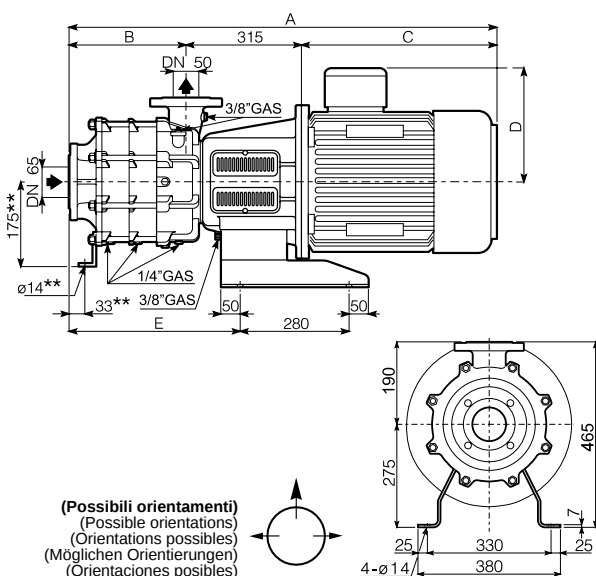
*** Per le dimensioni di ingombro e i pesi dei motori vedere pagg. 40 - 44**
* For motors overall dimensions and weights please refer to pages 40 - 44
* Pour les dimensions et les masses des moteurs voir pages 40 - 44
* Gesamtlänge und Gewichte der Unterwassermotoren, siehe Seiten 40 - 44
* Para la dimensiones y los pesos de los motores, consulte las páginas 40 - 44



Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	IEC	A	B	C	D	E	Peso Weight Masse Gewicht Peso	
							Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	Motore Motor Moteur Motor Motor
ME10K65-22/3	• *	250	*	*	408	91	*	*
ME12K65-22/3	• *	250	*	*	408	95	*	*
ME15K65-22/4	• *	310	*	*	468	108	*	*
ME17K65-22/5	• *	370	*	*	528	121	*	*
ME20K65-22/5	• *	370	*	*	528	121	*	*
ME25K65-22/6 **	• *	430	*	*	588	134	*	*
ME30K65-22/8 **	• *	550	*	*	708	160	*	*
ME40K65-22/9 **	• *	610	*	*	768	163	*	*

** = Con piede - With foot - Avec patte - Zu Fuß - Con pie

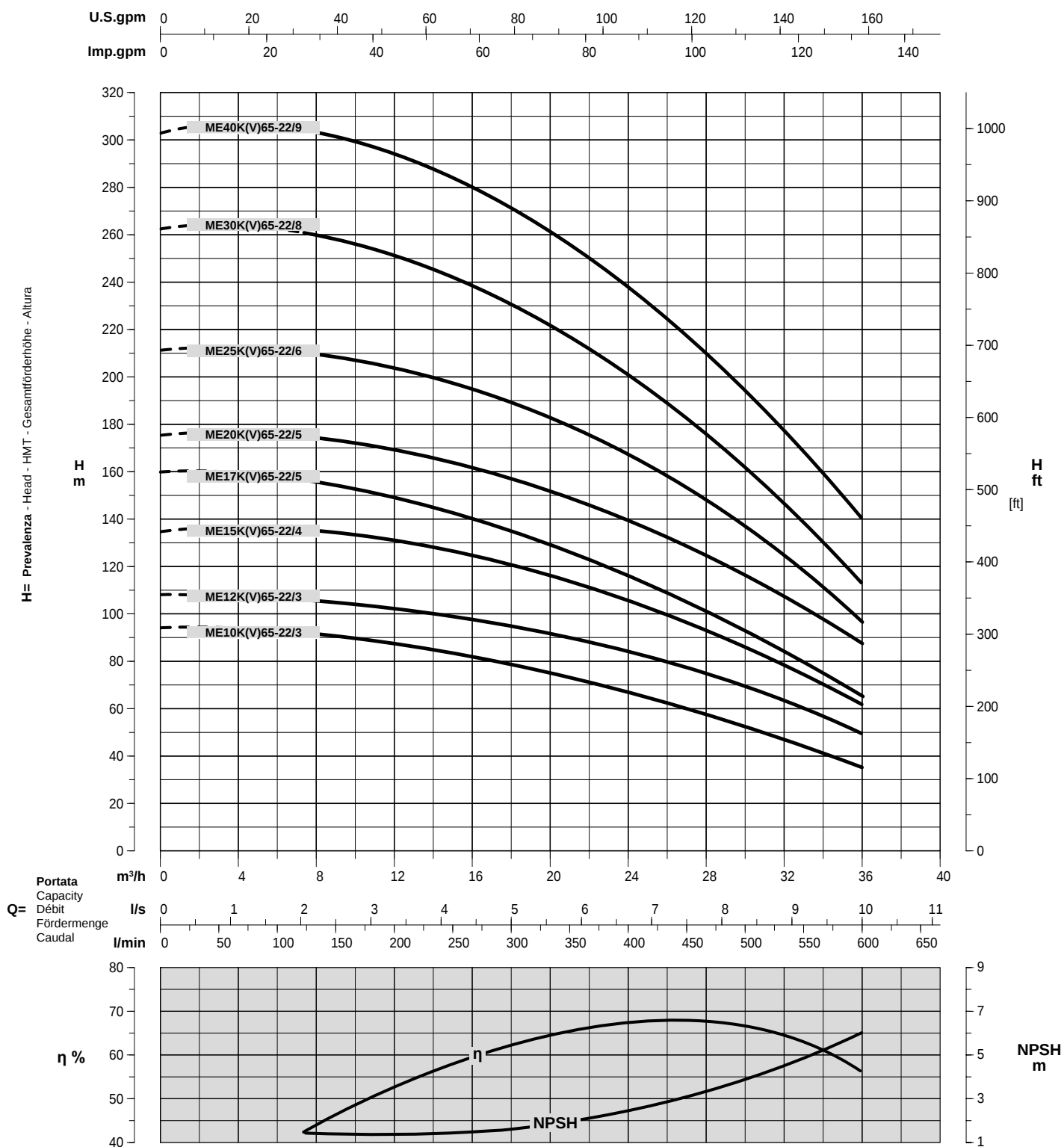
Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	IEC	A	B	C	D	E	Peso Weight Masse Gewicht Peso	
							Pompa Pump Pompe Pumpe Bomba	Motore Motor Moteur Motor Motor
ME10KV65-22/3	• *	180	*	*	-	92	*	*
ME12KV65-22/3	• *	180	*	*	-	96	*	*
ME15KV65-22/4	• *	240	*	*	-	109	*	*
ME17KV65-22/5	• *	300	*	*	-	122	*	*
ME20KV65-22/5	• *	300	*	*	-	122	*	*
ME25KV65-22/6	• *	360	*	*	-	135	*	*
ME30KV65-22/8	• *	480	*	*	-	161	*	*
ME40KV65-22/9	• *	540	*	*	-	158	*	*



Tolleranze ISO 9906 Grado 3B - Tolerances ISO 9906 Grade 3B - Tolérances ISO 9906 Niveau 3B - Toleranzen ISO 9906 Klasse 3B - Tolerancias ISO 9906 Grado 3B

MEK/KV65-22

Prestazioni a 50Hz, 2 poli
Performances at 50Hz, 2 poles
Caractéristiques à 50Hz, 2 pôles
Leistungsbereich bei 50Hz, 2-polig
Prestaciones a 50Hz, 2 polos



Curve per liquidi aventi densità 1000 kg/m³ - viscosità 1 mm²/s alla temperatura di 20°C
Curves established for liquid density 1000 kg/m³ - viscosity 1 mm²/s - temperature 20°C
Courbes établies pour liquides densité 1000 kg/m³ - viscosité 1 mm²/s - température 20°C
Leistungskurve für Flüssigkeiten mit Dichtigkeit von 1000 kg/m³ - Viskosität 1 mm²/s - Temp. 20°C
Curvas para líquidos con densidad 1000 kg/m³ - viscosidad 1 mm²/s a la temperatura de 20°C

Rendimento della pompa
Pump efficiency
Rendement de la pompe
Wirkungsgrad
Eficiencia de la bomba

Riduzione rendimento
Efficiency reduction
Réduction du rendement
Leistungsminderung
Reducción de eficiencia

/3	=	-2
/4	=	-1
/5	=	-

Tolleranze ISO 9906 Grado 3B - Tolerances ISO 9906 Grade 3B - Tolérances ISO 9906 Niveau 3B - Toleranzen ISO 9906 Klasse 3B - Tolerancias ISO 9906 Grado 3B



PIVOT HIDRÁULICO RKD®

SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO OPERADO CON ENERGÍA HIDRÁULICA



Vista aérea de la unidad motriz de Monotorre Hidráulica.

La preocupación medioambiental y la competencia existente en el mercado agrícola promueven el desarrollo de instalaciones de riego más eficientes, donde se realice un consumo razonado y responsable del agua y de la energía.

El **MONOTORRE HIDRÁULICO** de RKD es una máquina de riego de tipo pivote central que funciona gracias a la energía del flujo de agua de riego, sin energía eléctrica.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La máquina incorpora una turbina hidráulica y una serie de componentes para realizar la conversión de la potencia hidráulica del flujo de agua de riego en potencia mecánica en las ruedas motrices de la máquina. De este modo, se suprimen los componentes eléctricos de la máquina (armario eléctrico, motores eléctricos, manguera de cables, colector, etc).

El sistema de conversión de potencia se sitúa sobre la unidad motriz de la máquina. El agua se conduce desde la tubería principal hacia la turbina hidráulica donde se obtiene la energía necesaria para el desplazamiento de la máquina y para la realización de los distintos automatismos durante su funcionamiento (sistema sectorial y sistema cierre cañón). Tras su paso por la turbina, el agua es conducida de vuelta a la tubería principal para efectuar el riego con el voladizo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El sistema desarrollado por **RKD** es capaz de operar con una presión de alimentación entrada de la máquina de tan solo 4,5 bares, permitiendo a la máquina desplazarse por pendientes de hasta 5°. No obstante, si la presión disponible a la entrada de la máquina es mayor, el **MONOTORRE HIDRÁULICO** de RKD es capaz de superar pendientes de valores mayores.

La configuración más estándar del **MONOTORRE HIDRÁULICO** consiste en un tramo de 59,4 metros, un voladizo de 24 ó 30 metros, y un cañón final, pudiéndose regar de esta manera una extensión de hasta 4 hectáreas. No obstante, otras configuraciones son posibles.

El caudal mínimo de alimentación de la máquina varía dependiendo de que la máquina incorpore un cañón final o no, así como del área total irrigada. Para la configuración más estándar (torre de 59,4 metros y voladizo de 24 metros), y considerando que no se dispone de cañón final, el caudal óptimo de alimentación de la máquina es de 30 m³/h. En caso de que la máquina lleve cañón final, habrá de sumarse al anterior valor, el caudal correspondiente al cañón.

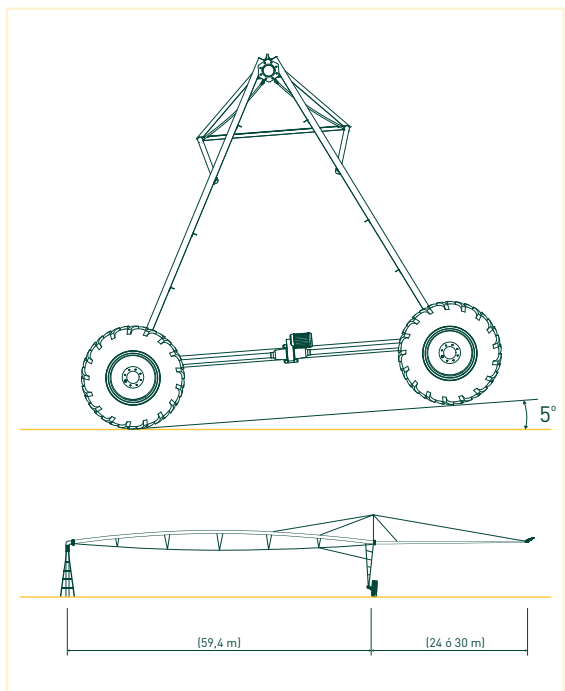
Cuando se garantiza un caudal disponible para ser turbinado de 16 m³/h, la velocidad de avance de la máquina es de 1,4 m/minuto. De esta forma, la máquina de dimensión estándar termina un riego completo en 4 horas y media (desplazamiento de 360° - círculo completo), realizando una precipitación de 6,5 litros por metro cuadrado.

ecológico... económico... autónomo... fiable...

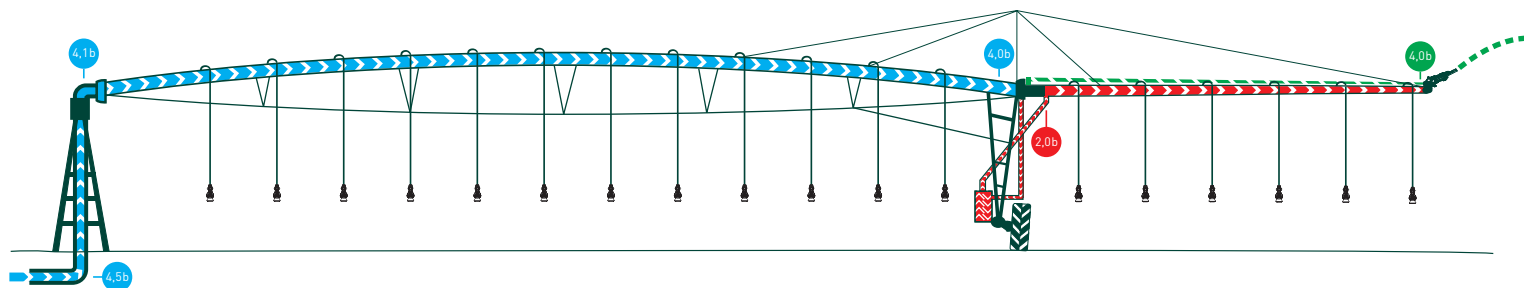
El **MONOTORRE HIDRAULICO** de RKD, cuenta con un dispositivo para modificar la velocidad de avance de la máquina, que permite ajustar la cantidad de agua aportada al terreno según el requerimiento de los cultivos.

Opcionalmente, el **MONOTORRE HIDRAULICO** de RKD puede equiparse con un sistema sectorial para los casos en que la geometría de la finca no permite que la máquina recorra círculos completos.

También, de manera opcional, el **MONOTORRE HIDRÁULICO** de RKD puede equiparse con un sistema automático de cierre de cañón, por el cual se abre y se cierra el suministro de agua al cañón final durante el desplazamiento de la máquina según las necesidades, lo que permite realizar un uso más eficiente del agua, y ampliar la superficie total regada.



Vista aérea del voladizo de 24 ó 30 metros.



APLICACIONES

La principal motivación que impulsa a **RKD** en el desarrollo de su **MONOTORRE HIDRÁULICO** es la evidencia de la existencia de una energía excedente en el flujo de agua disponible en los hidrantes de riego en las redes de distribución de las comunidades de regantes, la cual en multitud de parcelas implica una presión de un valor muy superior al estrictamente necesario para efectuar con garantía un riego óptimo por medio de máquinas de tipo pivote central.

Así pues, el **MONOTORRE HIDRÁULICO** de **RKD** se presenta como la alternativa más eficiente para instalarse en ese tipo de fincas, realizando un aprovechamiento de la energía excedente del flujo de agua de riego, suprimiendo todo consumo eléctrico necesario para efectuar el desplazamiento de la máquina y sus automatismos.

Pero, además, el hecho de que la máquina pueda operar sin energía eléctrica descubre otros escenarios de aplicación, allí donde se requiere una independencia del abastecimiento de electricidad.



Conjunto Pivote Central. Incluye sistema cierre cañón.



Detalle de Unidad Motriz con Sistema de Conversión de Potencia Hidráulica y Sistema Sectorial.

A continuación, se enumeran una serie de posibles escenarios de aplicación:

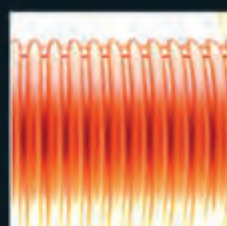
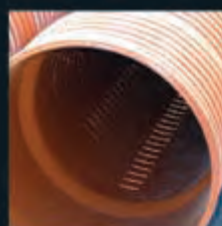
- Fincas pertenecientes al dominio de una comunidad de regantes donde esté garantizado un flujo de agua con unas características adecuadas para el funcionamiento de la máquina.
- Emplazamientos remotos alejados de las redes de suministro eléctrico, y donde se cuente con un recurso hidráulico con unas características apropiadas para el funcionamiento de la máquina.
- Adaptación de máquinas de tipo pivote central de un tramo de **RKD** para operar con el nuevo sistema de aprovechamiento de energía hidráulica.
- Emplazamientos donde la fiabilidad de la máquina sea una absoluta prioridad, como, por ejemplo, en países en vías de desarrollo, donde puede escasear la mano de obra cualificada para realizar las tareas de mantenimiento típicas de las máquinas de tipo pivote central convencionales operadas con energía eléctrica.

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

Longitud de Torre Estándar:	59,4 m
Longitud de Voladizo:	24 ó 30 m
Cañón Final:	Según necesidades del cliente
Caudal Mínimo (excluido cañón final):	30.000 l/h
Presión Mínima de Alimentación:	4,5 bar
Precipitación Mínima:	6,5 l/m2
Sistema de Regulación de Velocidad:	Manual
Sistema Sectorial:	Automático
Sistema Cierre Cañón:	Automático
Aspersores:	Según preferencias del cliente. Reguladores de presión obligatorios
Tubería Principal:	Acero Galvanizado. Diámetro 127 mm. Espesor 3 mm
Pendientes en Terreno:	Según presión disponible
Desplazamiento Sin Regar:	Reductores desembragables

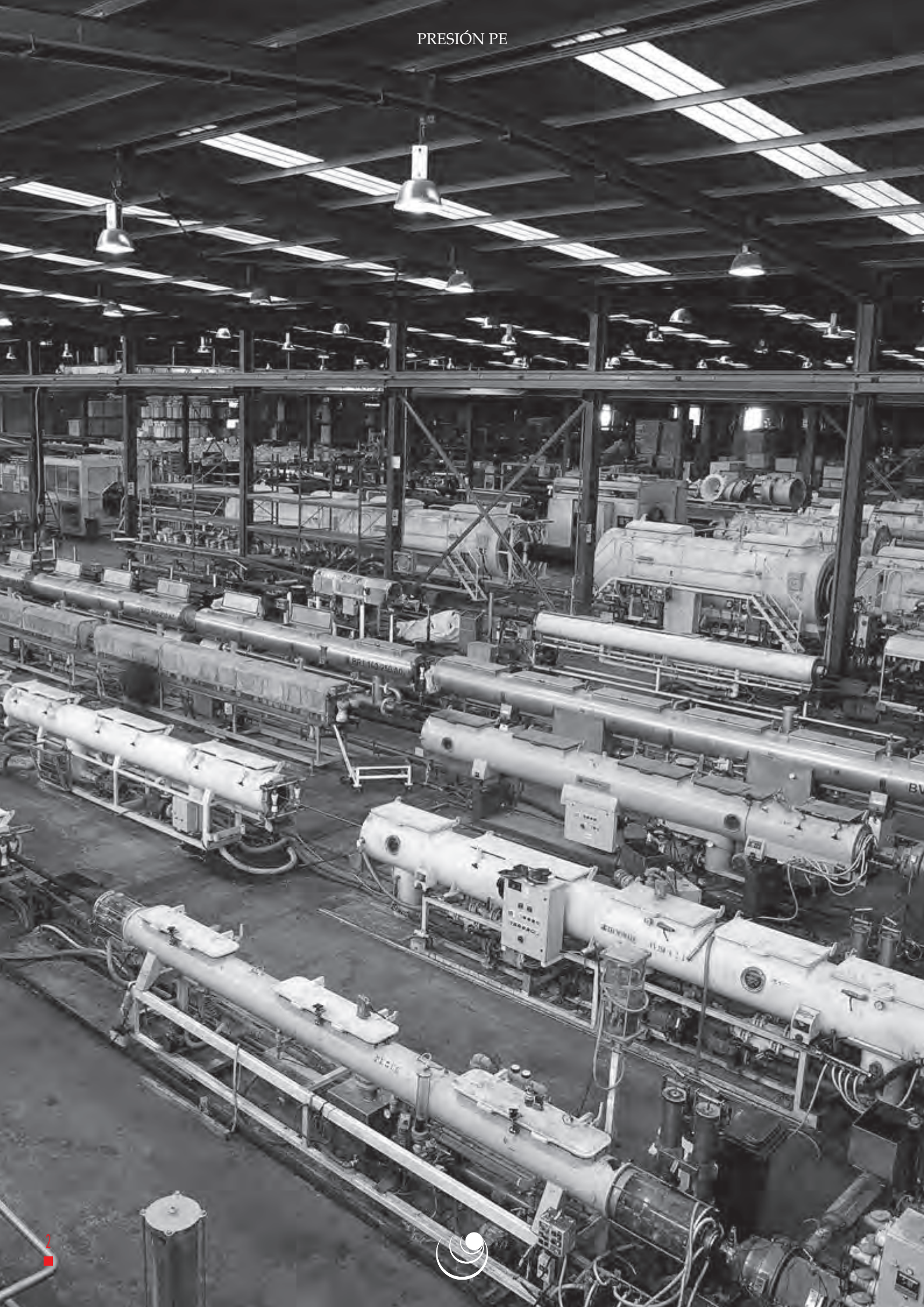


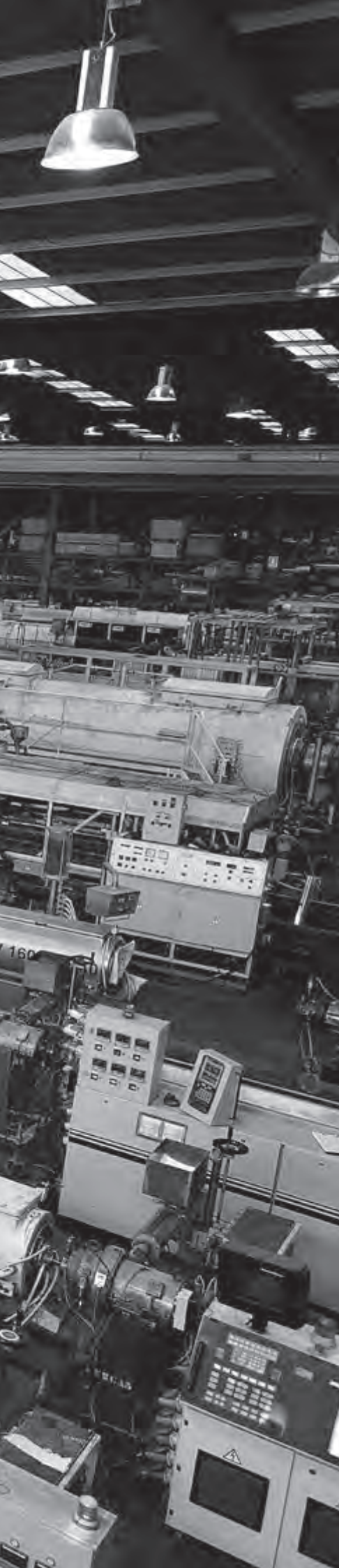
TUBERÍAS DE POLIETILENO PARA PRESIÓN




TUYPER
GRUPO

PRESIÓN





1.- INTRODUCCIÓN	5
2.- FABRICACIÓN Y PRESENTACIÓN	6
3.- CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE	8
4.- GARANTÍAS	9
5.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS	10
6.- PROGRAMA DE:	
6.1.- TUBERÍAS	12
6.2.- UNIONES	14
7.- CAMPOS DE APLICACIÓN	17
8.- MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO ...	18
9.- INSTRUCCIONES DE MONTAJE	
9.1. OBRA CIVIL	19
9.2. PRUEBA DE PRESIÓN EN OBRA	20
9.3. PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN	21
10.- ASPECTOS TÉCNICOS DE PROYECTO	
10.1. CÁLCULO HIDRÁULICO POR IMPULSIÓN	22
10.2. CÁLCULO HIDRÁULICO POR GRAVEDAD	25





1. INTRODUCCIÓN



El fuerte incremento experimentado en los últimos años en la utilización de las tuberías de polietileno pone de manifiesto su idoneidad técnica y competitividad en todo tipo de conducciones de fluidos a presión.

Con una vida útil mínima de 50 años y unas características físicas y químicas excepcionales, las tuberías de polietileno se configuran como la alternativa actual a las tuberías metálicas y de otros materiales tradicionales, habiendo pasado en pocos años de ser utilizadas únicamente en conducciones de pocos milímetros de diámetro a ser empleadas en la actualidad en importantes e innovadoras aplicaciones.

TUYPER GRUPO, líder en el sector de tuberías plásticas en la Península Ibérica, ofrece una extensa gama de tuberías de polietileno de alta calidad para todo tipo de aplicaciones.



2. FABRICACIÓN Y PRESENTACIÓN

Para la fabricación de las tuberías de polietileno, TUYPER GRUPO utiliza materia prima procedente directamente de plantas petroquímicas, con los estabilizantes, antioxidantes, y negro de humo necesarios ya incorporados para garantizar la calidad del producto y una correcta transformación.

Las tuberías de polietileno de TUYPER GRUPO son extruidas y calibradas en línea por procedimientos totalmente automáticos. Durante todo el proceso de fabricación se utilizan los sistemas y equipos de control de calidad más avanzados, cumpliendo los criterios y especificaciones dispuestos en las normas UNE correspondientes, según las distintas aplicaciones:

CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE A PRESIÓN.

Color negro con bandas azules.

TIPO	ESFUERZO DE DISEÑO ()	RESISTENCIA MÍNIMA REQUERIDA MRS	COEFICIENTE DE SEGURIDAD C	NORMA
PE-40	3,2	4,0	1,25	UNE EN 12201
PE-80	6,3	8,0	1,25	
PE-100	8,0	10,0	1,25	

CONDUCCIÓN DE AGUA NO POTABLE Y SANEAMIENTO A PRESIÓN.

Color negro con bandas marrones.

TIPO	ESFUERZO DE DISEÑO ()	RESISTENCIA MÍNIMA REQUERIDA MRS	COEFICIENTE DE SEGURIDAD C	NORMA
PE-100	8,0	10,0	1,25	UNE EN 12201

CONDUCCIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS.

Color negro con bandas amarillas-anaranjadas, amarillo-anaranjado o amarillo.

TIPO	ESFUERZO DE DISEÑO ()	RESISTENCIA MÍNIMA REQUERIDA MRS	COEFICIENTE DE SEGURIDAD C	NORMA
PE-80	4,0	8,0	2,00	UNE EN 1555
PE-100	5,0	10,0	2,00	



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidad	PE-40	PE-80	PE-100
Densidad	g/cm ³	> 0,93	0,93 a 0,95	> 0,95
Coefficiente de dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,17	0,22	0,22
Conductividad térmica	Kcal/hm °C	0,35	0,36	0,37
Contenido en negro de carbono	%	2 – 2,5	2 – 2,5	2 – 2,5
Dispersión negro de carbono		≤ grado 3	≤ grado 3	≤ grado 3
Contenido en materias volátiles	mg/Kg	< 350	< 350	< 350
Contenido en agua	mg/Kg	< 300	< 300	< 300
Módulo de elasticidad a corto plazo	MPa	400-500	500-800	1.000-1.200
Módulo de elasticidad a largo plazo	MPa	130	150	160
Coefficiente de Poisson,		0,4	0,4	0,4
Constante dieléctrica		2,3	2,4	2,5
Rugosidad hidráulica	K (mm)	0,003	0,003	0,003
	N (Manning)	0,008	0,008	0,008
	C (H Will.)	150	150	150

Las tuberías de polietileno de TUYPER GRUPO se marcan longitudinalmente y de manera indeleble, figurando los datos y características técnicas mostrados a continuación:

MARCADO TUBERÍA PE-40, PE-80 y PE-100 (BANDA AZUL) UNE EN 12201 (CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE A PRESIÓN)

AENOR  01/XXX TUPLN UNE EN 12201 PE-XX ØxESPESOR PN XX BAR SDR XX USO ALIMENTARIO LOTE TURNO

MARCADO TUBERÍA PE-100 (BANDA MARRÓN) UNE EN 12201 (CONDUCCIÓN DE AGUA NO POTABLE Y SANEAMIENTO A PRESIÓN)

AENOR  01/XXX TUPLN UNE EN 12201 PE-100 ØxESPESOR PN XX BAR SDR XX AGUA NO POTABLE LOTE TURNO

MARCADO TUBERÍA GAS PE-80 y PE-100 UNE EN 1555 (CONDUCCIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS)

AENOR  01/XXX PE-XX GAS UNE EN 1555 TOL.B SDR XX ØxESPESOR TPP TUPLN COD. MATERIAL PN XX BAR LOTE TURNO



3. CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

TUYPER GRUPO tiene implantado un Sistema de Gestión de Calidad para todos sus procesos según el modelo UNE EN ISO 9001, certificado por AENOR.

Nuestro departamento de calidad dedica una atención especial a todas las fases del proceso de transformación, que van desde el control de las materias primas hasta los productos totalmente terminados, los cuales son analizados continua y regularmente en nuestros laboratorios.

Las tuberías de presión en polietileno de TUYPER GRUPO están fabricadas de acuerdo a lo establecido en las normas UNE EN 12201 (tubos de polietileno PE-100/80/40 negro con banda azul para conducción de agua para consumo humano; tubos de polietileno PE-100 negro o negro con banda marrón o morada para instalaciones enterradas y aéreas para aplicaciones de conducción de agua no potable a presión y saneamiento a presión) y UNE EN 1555 (tubos de polietileno PE-100 negro con banda amarillo-anaranjada o amarillo-anaranjado para el suministro de combustibles gaseosos).

(Puede descargarse todos los certificados de calidad de TUYPER GRUPO en su página web www.tuypergrupo.com)

TUYPER GRUPO tiene entre sus objetivos prioritarios contribuir al desarrollo sostenible mediante una actuación respetuosa con el medio ambiente y la naturaleza. Para ello tiene implantado en sus centros de producción un Sistema Integrado de Gestión de Calidad y Medio Ambiente según las normas ISO 9001 e ISO 14001.

La alta reciclabilidad del polietileno favorece una adecuada gestión medioambiental en todas las fases del proceso de fabricación, siendo éste un proceso totalmente exento de sustancias y gases contaminantes, con productos finales que cumplen con el objetivo de contribuir a la mejora en las conducciones de las aguas potables, no potables y combustibles gaseosos.

TUYPER GRUPO tiene concedido el Registro Sanitario nº 39.02.429/VI.



4. GARANTÍAS

Nuestras empresas tienen suscrita una Póliza de Responsabilidad Civil para cubrir los daños ocasionados como consecuencia de un posible defecto de nuestros tubos.

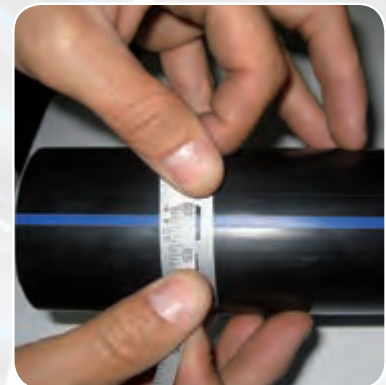
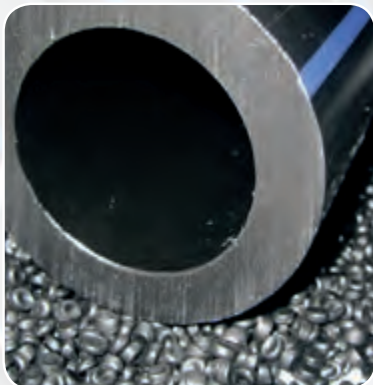
AENOR
ER
Empresa
Registrada



5. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Las tuberías de presión en polietileno de TUYPER GRUPO se caracterizan por las siguientes propiedades:

- **LIGEREZA:** gran facilidad de manipulación, almacenaje e instalación gracias a su bajo peso.
- **FLEXIBILIDAD:** se adaptan a los posibles asentamientos del terreno.
- **DURABILIDAD:** vida útil mínima de 50 años con máxima seguridad y fiabilidad.
- **ATOXICIDAD:** no alteran el sabor ni el olor del agua, haciéndolas apropiadas para el transporte de agua potable.
- **RESISTENCIA QUÍMICA:** inalterables frente a los agentes agresivos y/o sustancias químicas contenidas en el agua y en el suelo. Resistentes a la corrosión y a la oxidación.
- **RESISTENCIA AL IMPACTO:** incluso a muy bajas temperaturas.
- **RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA.**
- **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN:** la acción de las partículas sólidas en suspensión que son transportadas por el agua o fluido no afectan a sus paredes interiores, prolongándose así su vida útil.
- **BAJO COEFICIENTE DE RUGOSIDAD:** la gran lisura interior de sus paredes favorece la ausencia de sedimentos e incrustaciones, permitiendo un buen comportamiento hidráulico (mayores velocidades del flujo transportado) y una menor pérdida de carga.
- **MÁXIMA ESTANQUEIDAD E IMPERMEABILIZACIÓN:** no hidrocópicas, no absorben agua.
- **AISLAMIENTO ELÉCTRICO:** el polietileno es un material no conductor de electricidad.
- **INSENSIBILIDAD A LAS HELADAS.**
- **BAJOS COSTES DE MANTENIMIENTO.**
- **GRAN VARIEDAD DE ACCESORIOS.**



AGUA: UNE EN 12201 y UNE EN 13244

EXIGENCIAS DE ENSAYOS		VALOR EXIGIDO			MÉTODO DE ENSAYO
		PE-40	PE-80	PE-100	
Alargamiento a la rotura		≥ 350 %	≥ 350 %	≥ 350 %	UNE EN ISO 6259
Tiempo de inducción a la oxidación (TIO) a 200 °C		≥ 20 min.	≥ 20 min.	≥ 20 min.	ISO 11357-6
Índice de fluidez		± 20% V.M.P.	± 20% V.M.P.	± 20% V.M.P.	UNE EN ISO 1133
Resistencia a la presión interna (esfuerzo tangencial)	Sin fallo, 100 horas a 20 °C	7,0 Mpa	10,0 Mpa	12,0 Mpa	UNE EN ISO 1167
	Sin fallo, 165 horas a 80 °C	2,5 Mpa	4,5 Mpa	5,4 Mpa	
	Sin fallo, 1.000 horas a 80 °C	2,0 Mpa	4,0 Mpa	5,0 Mpa	
Retracción longitudinal		≤ 3 %	≤ 3 %	≤ 3 %	UNE EN ISO 2505

GAS: UNE EN 1555

EXIGENCIAS DE LOS ENSAYOS		VALOR EXIGIDO		MÉTODO DE ENSAYO
		PE-80	PE-100	
Alargamiento a la rotura		≥ 350 %	≥ 350 %	UNE EN ISO 6259
Tiempo de inducción a la oxidación (TIO) a 200 °C		≥ 20 min.	≥ 20 min.	UNE EN 728
Índice de fluidez		± 20% V.M.P	± 20% V.M.P	UNE EN ISO 1133
Resistencia a la presión interna (esfuerzo tangencial)	Sin fallo, 100 horas a 20 °C	10,0 Mpa	12,0 Mpa	UNE EN ISO 1167
	Sin fallo, 165 horas a 80 °C	4,5 Mpa	5,4 Mpa	
	Sin fallo, 1.000 horas a 80 °C	4,0 Mpa	5,0 Mpa	
Resistencia a la propagación lenta de fisuras (ensayo del cono e ≤ 5 mm)		Sin rotura v ≤ 10 mm/día	Sin rotura v ≤ 10 mm/día	UNE EN ISO 13480
Resistencia a la propagación lenta de fisuras (ensayo de entalla e > 5 mm)		Sin rotura	Sin rotura	UNE EN ISO 13479
Resistencia a la propagación rápida de fisuras (pc = presión crítica)		pc ≥ 1,5 MOP	pc ≥ 1,5 MOP	UNE EN ISO 13477
Retracción longitudinal		≤ 3 %	≤ 3 %	UNE EN ISO 2505
Retracción circunferencial (dn ≥ 250 mm)		≤ tolerancia Ø	≤ tolerancia Ø	UNE EN 1555-2

TABLA DE COEFICIENTES A APLICAR A LA PRESIÓN NOMINAL SEGÚN TEMPERATURAS DE UTILIZACIÓN

TEMPERATURA AGUA	COEFICIENTES	
	PARA PE-80 y PE-100	PARA PE-40
20 °C	1,00	1,00
30 °C	0,87	0,65
40 °C	0,74	0,30



6. PROGRAMA DE

6.1. TUBERÍAS

TUYPER GRUPO ofrece una amplia gama de tuberías de polietileno para diferentes aplicaciones:

GAMA DE TUBERÍAS PARA CONDUCCIONES DE AGUA A PRESIÓN Y SANEAMIENTO CON PRESIÓN



Fabricadas según normas UNE EN 12201 (BANDA AZUL) y UNE EN 13244 (BANDA MARRÓN)

		PE-100						PE-80			PE-40			
		espesor (mm)						espesor (mm)			espesor (mm)			
	PRESION (bar)	4	6	10	12,5	16	20	25	3	10	16	4	6	10
Ø exterior (mm)	20					2,0	2,3	3,0			2,3		2,0	3,0
	25					2,3	3,0	3,5		2,0	3,0		2,3	3,5
	32			2,0		3,0	3,6	4,4		2,4	3,6	2,0	3,0	4,4
	40			2,4		3,7	4,5	5,5		3,0	4,5	2,4	3,7	5,5
	50			3,0		4,6	5,6	6,9		3,7	5,6	3,0	4,6	6,9
	63			3,8		5,8	7,1	8,6		4,7	7,1	3,8	5,8	8,6
	75			4,5		6,8	8,4	10,3		5,6	8,4	4,5	6,8	10,3
	90			5,4		8,2	10,1	12,3		6,7	10,1	5,4	8,2	12,3
	110		4,2	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1		8,1	12,3			
	125		4,8	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1		9,2	14,0			
	140		5,4	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2		10,3	15,7			
	160		6,2	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9	7,7	11,8	17,9			
	180		6,9	10,7	13,3	16,4	20,1	24,6	8,6	13,3	20,1			
	200		7,7	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4	9,6	14,7	22,4			
	225		8,6	13,4	16,6	20,5	25,2	30,8	10,8	16,6	25,2			
	250		9,6	14,8	18,4	22,7	27,9	34,2	11,9	18,4	27,9			
	280		10,7	16,6	20,6	25,4	31,3	38,3	13,4	20,6	31,3			
	315	7,7	12,1	18,7	23,2	28,6	35,2	43,1	15,0	23,2	35,2			
	355		13,6	21,1	26,1	32,2	39,7		16,9	26,1				
	400	9,8	15,3	23,7	29,4	36,3	44,7		19,1	29,4				
	450		17,2	26,7		40,9								
	500	12,3	19,1	29,7		45,4								
	560		21,4	33,2		50,8								
	630	15,4	24,1	37,4		57,2								
	710		27,2	42,1										
	800		30,6	47,4										
	900		34,4	53,3										
	1.000		38,2	59,3										

Para otros diámetros y presiones por favor consultar.

Puede descargarse todos los certificados de TUYPER GRUPO en su página web: www.tuypergrupo.com



GAMA DE TUBERÍAS PARA LA CONDUCCIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS



Fabricadas según norma UNE EN 1555

		PE-80/PE-100 GAS		
		espesor (mm)		
		SDR 17,6	SDR 17	SDR 11
Ø exterior (mm)	20	2,3	2,3	3,0
	25	2,3	2,3	3,0
	32	2,3	2,3	3,0
	40	2,3	2,4	3,7
	63	3,6	3,8	5,8
	90	5,2	5,4	8,2
	110	6,3	6,6	10,0
	160	9,1	9,5	14,6
	200	11,4	11,9	18,2
	250	14,2	14,8	22,7
	315	17,9	18,7	28,6

Para otros diámetros por favor consultar.

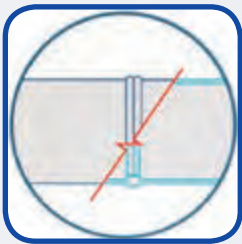
Puede descargarse todos los certificados de TUYPER GRUPO en su página web: www.tuypergrupo.com



6.2. UNIONES

Las tuberías de polietileno pueden unirse mediante soldadura a tope, electrosoldaduras, o uniones mecánicas de plástico o metálicas.

La elección del sistema apropiado dependerá en cada caso del medio y de las condiciones en que vayan a ser usadas las tuberías, de las características del fluido a conducir y del diámetro.

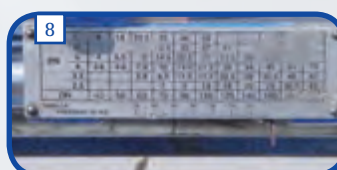


1. UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA A TOPE

Este sistema se puede utilizar en tuberías de polietileno PE-80 y PE-100, preferentemente a partir de 90 mm de diámetro nominal y 5 mm de espesor.

- 1.- Limpiar de residuos y grasa la placa calefactora con papel y alcohol.
- 2.- Limpiar las superficies a soldar de ambos tubos.
- 3.- Colocar los tubos alineados y sujetarlos mediante las mordazas de la máquina, dejando espacio entre ellos para que pueda actuar la biseladora.
- 4.- Biselar ambos tubos a la vez y eliminar las virutas generadas.
- 5.- Enfrentar los tubos y volver a comprobar que estén alineados.
- 6.- Colocar la placa calefactora entre ambos tubos y aproximarlos a ella, comprobando que hagan buen contacto a lo largo de todo su perímetro.
- 7.- Calentar hasta la formación del cordón. Temperatura placa calefactora:

- Para PE-80 = $210\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Para PE-100 = $225\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 8.- Retirar la placa e inmediatamente unir ambos tubos aplicando la presión indicada en la tabla de la máquina para el tubo correspondiente.
- 9.- Dejar enfriar la soldadura, teniendo en cuenta que se enfría más rápido por el exterior.



PARÁMETROS DE LA SOLDADURA A TOPE

P_1 es la presión del sistema hidráulico (manómetro en bar). (Véase la tabla de la máquina de soldar).

P_k es la presión de soldadura prefijada: 1,5 bar.

P_2 es la presión en el tiempo de calentamiento: $P_2 = 0,2 \text{ bar} = 10\% P_1$.

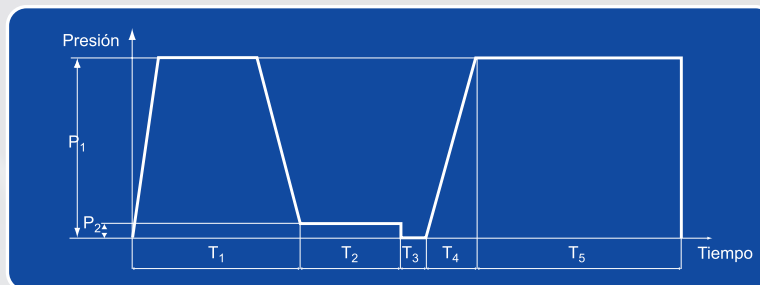
T_1 es el tiempo para la formación del cordón inicial de altura h .

T_2 es el tiempo de calentamiento en segundos.

T_3 es el tiempo de retirar la placa en segundos.

T_4 es el tiempo para alcanzar la presión de soldadura en segundos, $T_3 = T_4 = 6 \text{ s}$.

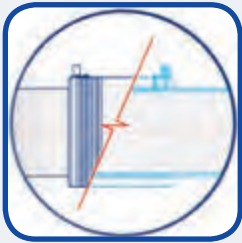
T_5 es el tiempo de enfriamiento en minutos, $T_5 = 1,2 \text{ s} \times \text{espesor (PE-100)}$, $1,5 \text{ s} \times \text{espesor (PE-80)}$



CONTROL VISUAL DE LA SOLDADURA A TOPE

Además de la aplicación adecuada de los parámetros de soldadura, otra forma de determinar si una soldadura a tope está bien realizada es mediante el control visual del cordón de soldadura. Si la soldadura obtenida es defectuosa, se deben cortar los extremos y soldar de nuevo. No obstante, si se siguen los pasos indicados, la soldadura a tope será resistente y segura.

	1. Soldadura correcta. <i>Cordón redondeado.</i>
	2. El cordón es demasiado estrecho y alto. <i>Exceso de presión.</i>
	3. El cordón es muy pequeño. <i>Presión insuficiente.</i>
	4. Una hendidura profunda en el centro del cordón. <i>Temperatura insuficiente o tiempo de transición demasiado largo.</i>
	5. Desalineamiento. <i>La desviación máxima permitida es del 10% del espesor de la pared.</i>
	6. Diferentes espesores de pared. <i>Se recomienda utilizar accesorios electrosoldables.</i>
	7. Los materiales tienen diferentes temperaturas.

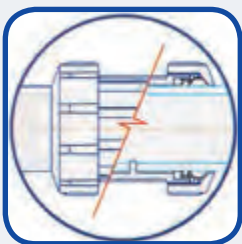


2. UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN

Este sistema se puede utilizar para tuberías de polietileno PE-80 y PE-100. Mediante este tipo de accesorios es posible unir tubos de PE-80 y PE-100 entre sí y con distintos espesores.

La unión se lleva a cabo mediante el uso de accesorios especiales que llevan incorporadas una o varias resistencias en su superficie interna y cuyos terminales están ubicados sobre la superficie externa.

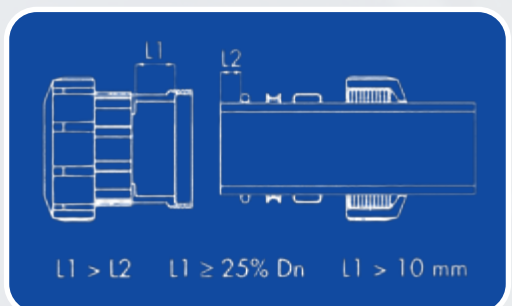
- 1.- Limpiar las superficies de los tubos a soldar.
- 2.- Tornear la superficie que estará en contacto con la pieza electrosoldable.
- 3.- Introducir todos los tubos que estarán en contacto con la pieza hasta el tope y en sentido longitudinal.
- 4.- Conectar los electrodos a los polos de la pieza e introducir el código de parámetros que viene adjunto a ésta. La máquina comprueba primero la resistencia de la pieza.
- 5.- Dejar enfriar la unión el tiempo indicado por la máquina, como mínimo.



3. UNIÓN MEDIANTE ACCESORIO MECÁNICO (FITTINGS)

Por su sencillez, seguridad y rapidez de montaje, es un sistema ideal para tuberías de PE-40 de cualquier diámetro y, para las de PE-80 y PE-100, hasta un diámetro de 90 mm.

Este sistema está compuesto por un cuerpo que se une al tubo, aro de fijación, junta de estanqueidad y pieza móvil roscada o atornillada al cuerpo. Debe disponer del cuello suficiente para el alojamiento de las tuberías entre el anillo de estanqueidad y el tope de penetración (mínimo el 25% del diámetro nominal de la tubería y nunca menor de 10 mm).

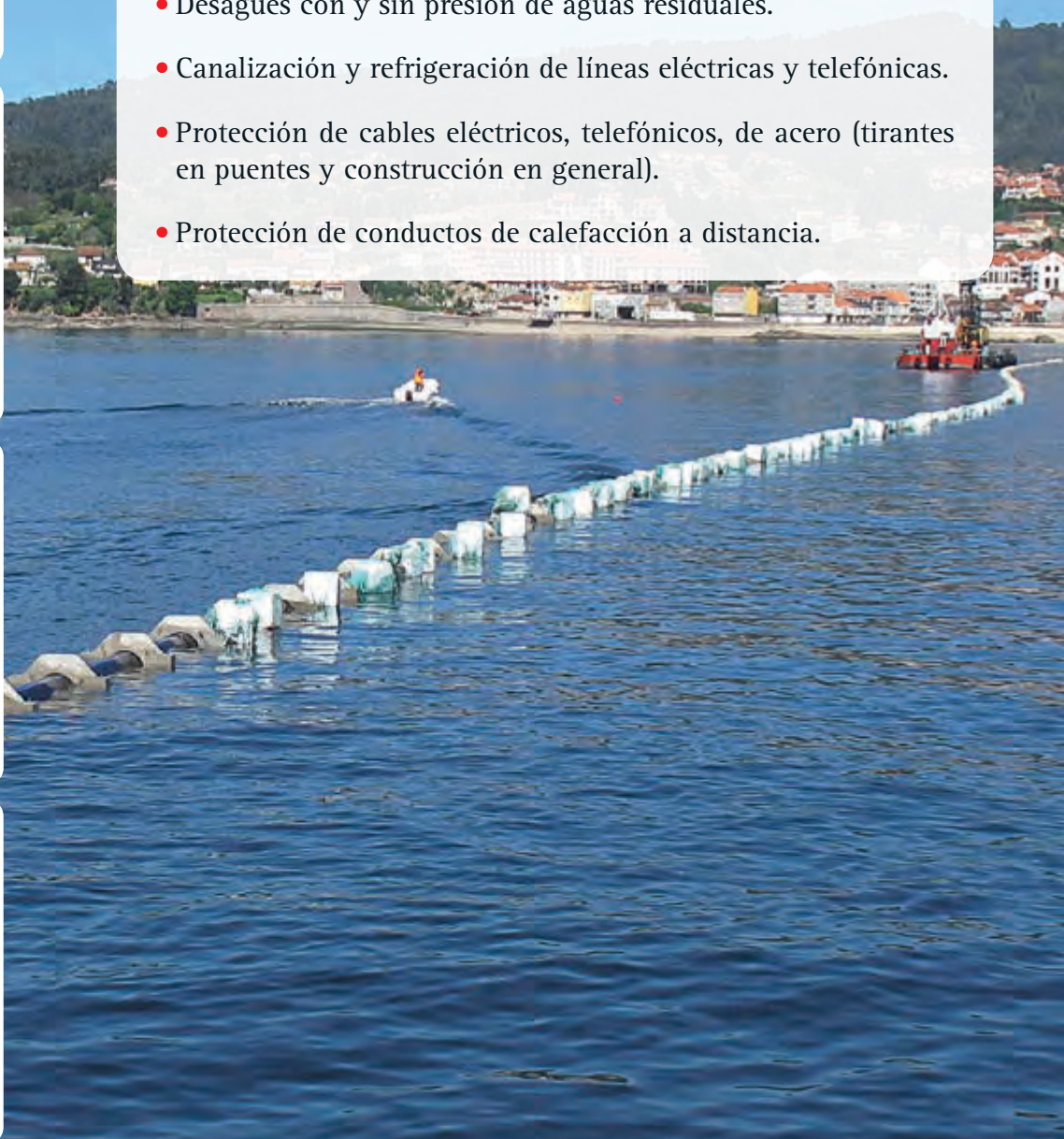
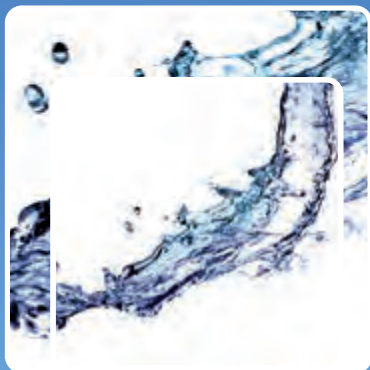


En el caso de instalaciones no sometidas a tracción, se pueden emplear accesorios mecánicos con fijación no metálica o sin elemento de fijación.



7. CAMPOS DE APLICACIÓN

- Abastecimientos de agua.
- Redes de riego (por aspersión, microirrigación, por goteo, microaspersión...).
- Canalizaciones industriales.
- Acometidas y montantes en edificios.
- Conducciones de gas.
- Transporte hidráulico de sólidos en la industria.
- Emisarios submarinos.
- Desagües con y sin presión de aguas residuales.
- Canalización y refrigeración de líneas eléctricas y telefónicas.
- Protección de cables eléctricos, telefónicos, de acero (tirantes en puentes y construcción en general).
- Protección de conductos de calefacción a distancia.



8. MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El polietileno es un material flexible y resistente que permite realizar en frío curvaturas importantes sin necesidad de piezas especiales. Los radios mínimos de curvatura que se recomiendan son:

PN tubo	PE-40	PE-80	PE-100
4	20 DN	-	-
6	15 DN	20 DN	40 DN
10	12 DN	18 DN	30 DN
16	10 DN	15 DN	20 DN
20	-	-	20 DN
25	-	-	20 DN

MANIPULACIÓN

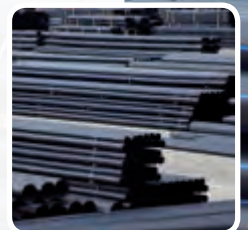
- Las tuberías y sus accesorios se manipularán con cuidado para evitar golpes, rasgaduras y arañazos (roces con el suelo, con superficies abrasivas o golpes violentos que puedan dañar al producto).
- Las maniobras de manipulación deben realizarse con útiles o piezas especiales que no dañen ni deformen el tubo. Todas las superficies que vayan a estar en contacto con el material deben estar debidamente protegidas.
- En la manipulación de las barras se evitará el uso de cables metálicos, de modo que puedan producirse flexiones excesivas o cizalladuras en el material. Las bobinas se manipularán por rodadura o elevación mediante grúa.
- Si debido a la manipulación o almacenaje defectuoso una tubería resulta dañada o con dobleces, el tramo afectado debe suprimirse totalmente.

TRANSPORTE

- El transporte se realizará en vehículos provistos de un plano horizontal, con superficie lisa y exenta de elementos punzantes y/o agentes químicos que puedan dañar las tuberías.
- Las tuberías deben descansar por completo sobre la superficie del vehículo, evitando que el extremo de las mismas sobresalga por la parte posterior más de 40 cm.
- Se deben proteger los extremos de los tubos para evitar daños. No se utilizarán amarres metálicos para sujetar las tuberías.
- Las tuberías no deben someterse a esfuerzos durante el transporte, evitando colocar cargas pesadas encima que puedan provocar deformaciones y alterar su forma circular.

ALMACENAMIENTO

- El lugar destinado al almacenamiento debe estar suficientemente nivelado y enrasado.
- En el supuesto de que se almacenen tubos de distinto diámetro, es conveniente que los tubos de mayor diámetro, los más pesados, estén en la parte más baja.
- Los tubos de PE de color negro pueden ser almacenados al descubierto ya que están debidamente protegidos de la acción solar por la adición de negro de carbono. Los accesorios deben permanecer en sus embalajes hasta su empleo.
- Los tubos no deben estar almacenados en lugares próximos a fuentes de calor ni a materiales químicos agresivos o combustibles, tales como pinturas, disolventes o adhesivos.



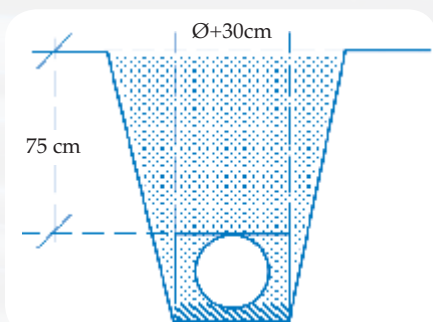
9. INSTRUCCIONES DE MONTAJE

9.1. OBRA CIVIL

El ancho de la zanja es aconsejable que sea proporcional al diámetro del tubo y a la altura de la zanja.

$$\text{Ancho cm} = \varnothing \text{ cm} + 30 \text{ cm}$$

En terrenos agrícolas se aconseja un recubrimiento mínimo de 75 cm por encima del tubo para evitar roturas al realizar las labores propias de la actividad.



En el supuesto de no existir otros condicionantes, es suficiente un recubrimiento de 60 cm por encima del tubo.

En el supuesto de que existan cargas móviles, se seguirán las indicaciones del director de obra o, en su defecto, las especificaciones descritas en la norma UNE 53331 respecto a sobrecargas verticales.

CAMA DE ASIENTO o LECHO DE ARENA

Es el tipo de material sobre el que se apoya el tubo, normalmente de arena. Este material estará libre de cascotes, piedras u objetos que puedan dañar el tubo perforándolo.

Espesor medio = 10 cm, para tuberías con diámetro inferior a 110 mm, o espesor de 15 cm para tuberías con diámetros mayores.

TENDIDO DE LA TUBERÍA

Se realizará en lo posible de forma sinuosa para absorber las posibles dilataciones fruto de los cambios térmicos.

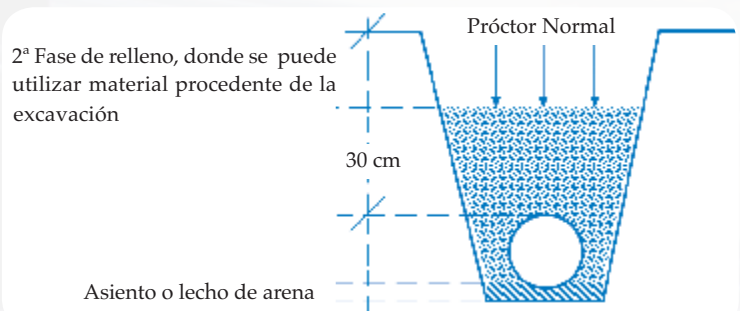
Ante la presencia de pendientes acusadas, el tendido del tubo se debe realizar en sentido ascendente.

La interrupción en el tendido del tubo se debe acompañar con el taponamiento de los extremos, para evitar la entrada de cuerpos o elementos extraños.

RELLENO DE LA ZANJA

El relleno de la zanja se realizará con tierra exenta de piedras, cascotes o cantos angulosos que puedan dañar el tubo, perforándolo, y hasta una altura de 30 cm por encima del tubo, acompañando el relleno con la compactación de los “riñones” de la tubería.

No se rellenarán las zanjas en tiempo de grandes heladas o con materiales congelados.



9.2. PRUEBA DE PRESIÓN EN OBRA

A medida que avance el montaje de la tubería se deberán realizar pruebas parciales de presión interna por tramos. La longitud de los tramos y la metodología a seguir será la fijada por el proyecto o la Dirección de Obra. Los métodos más habituales son:

9.2.1 MÉTODO DE PRUEBA DE PÉRDIDA O CAÍDA DE PRESIÓN SEGÚN PLIEGO DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO DEL MOPU DE 1974:

- La temperatura de la tubería en el momento de la prueba no debe ser superior a 20° C.
- Es necesario que la prueba se realice cuando las soldaduras se hayan enfriado totalmente.
- Todos los accesorios deben estar instalados en su posición definitiva y la tubería convenientemente anclada en todos los cambios de posición y puntos fijos.
- Se procederá a pruebas parciales de presión en tramos de longitud aproximada de 500 m. La diferencia de presión entre el punto más alto y el más bajo del tramo será inferior al 10% de la presión de prueba.
- El llenado de la tubería con agua se hará lentamente (velocidad inferior a 0,5 m/s) por el punto más bajo del tramo, dejando abiertos todos los elementos que permiten la salida del aire, para irlos cerrando de abajo a arriba una vez comprobada la inexistencia de aire. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para facilitar la expulsión de aire y que todo el tramo se encuentre lleno.
- El equipo de presión se colocará en el punto más bajo del tramo de prueba. La presión se hará subir lentamente, de forma que el incremento no sea superior a 1 Kg/cm² por minuto.
- La presión de prueba en el punto más bajo del tramo será, como máximo, 1,4 veces la presión máxima de trabajo (suma de la máxima presión de servicio más la sobrepresión, incluido el golpe de ariete, siempre inferior a la presión nominal de la tubería).
- Una vez alcanzada la presión se mantiene durante 30 min. La prueba se considera satisfactoria si el manómetro no acusa un descenso superior a $\sqrt{P/5}$, siendo P = presión de prueba en Kg/cm²

9.2.1 MÉTODO DE PRUEBA DE PRESIÓN SEGÚN NORMA UNE EN 805.

Esta norma describe un método específico para las tuberías de polietileno teniendo en cuenta las características del material.

La prueba, que es única, consta, en general, de las tres etapas siguientes:

1. Etapa preliminar o de relajación.
2. Etapa de caída de presión.
3. Etapa principal.

La inclusión de una etapa preliminar o de relajación tiene por objeto que la tubería se estabilice, alcanzando un estado similar al de servicio, a fin de que durante la posterior etapa principal los fenómenos de adaptación de la tubería, propios de una primera puesta en carga, no sean significativos en los resultados de la prueba, como por ejemplo:

- Movimientos de recolocación en uniones, accesorios, anclajes, válvulas y demás elementos.
- Expulsión del aire en toda la tubería.
- Incrementos de volumen de los tubos, debido a la presión.

El método completo se describe en el Anexo A.27 de la norma UNE EN 805.

9.3. PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN

PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN (Procedimiento dinámico)

1.- Limpieza

Se realizará por tramos o sectores, para lo cual se utilizará agua con una velocidad inferior a 0,75 m/seg.

2.- Desinfección

Se introducirá cloro en la red, previamente llena de agua, aislada y con las descargas cerradas.

Se introduce cloro por medio de una boca de aire y en cantidad suficiente para que en el punto más alejado se consiga una cantidad de cloro residual de 25 mg/l.

Después de 24 horas la cantidad de cloro residual en dicho punto debe ser superior a 10 mg/l.

Se aconseja realizar un examen bacteriológico una vez realizada la desinfección de la red.

3.- Puesta en servicio

Realizamos el llenado de la red a baja velocidad y desde el punto más bajo para facilitar el vaciado del aire. Una vez vaciada la red del aire ocluido, cerramos la boca del aire hasta alcanzar la presión de servicio.

Si la prueba es satisfactoria, conectamos a otra red que previamente y de forma independiente ha sido verificada para su puesta en servicio.

Nota: En todo caso, el proyectista o director de obra debe de especificar el volumen, la velocidad de avance, y la concentración de la solución desinfectante.



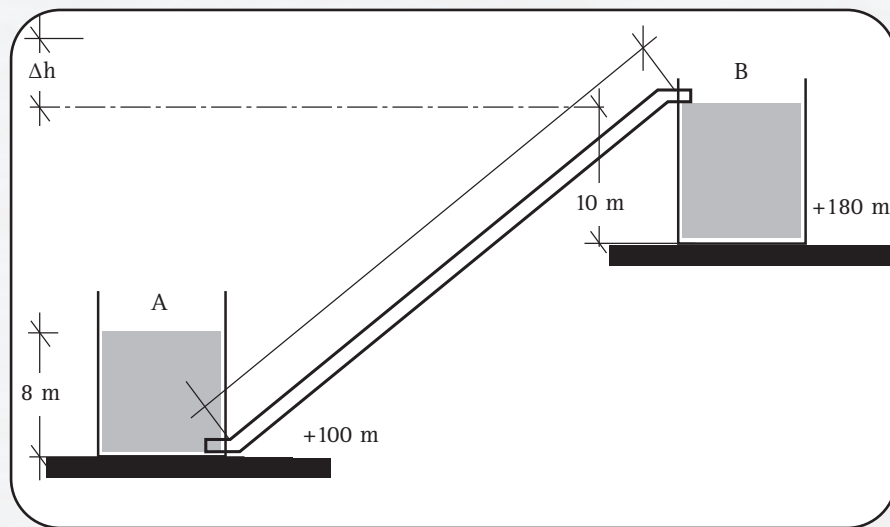
10. ASPECTOS TÉCNICOS DE PROYECTO

10.1. CÁLCULO HIDRÁULICO POR IMPULSIÓN

Tenemos un depósito A situado a una altura de 100 m desde el que queremos enviar un caudal $Q = 20 \text{ l/s}$ a otro depósito B situado a una altura de 180 m.

Suponemos que el nivel del depósito situado a menor altura permanece de forma constante e igual = 8 m.

Velocidad recomendable de circulación = 0,60 m/s



Determinar:

1º Diámetro de tubería necesario

2º Presión nominal de la tubería

3º Potencia requerida en la bomba situada a la salida del depósito inferior

En este caso NO consideramos las pérdidas de carga producidas por otros motivos; véase válvulas, codos,

1º Cálculo del diámetro interior:

Se adoptará como velocidad recomendable de circulación:

$$V = 0,6 \text{ m/s}$$

La sección interior de la tubería vendrá dada por:

$$Q = V \times S \Rightarrow S = Q/V$$

$$Q = 20 \text{ l/s} = 0,020 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$S = \frac{0,020 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,60 \text{ m/seg}} = \frac{0,020 \text{ (= caudal)}}{0,60 \text{ (= velocidad)}} = 0,033 \text{ m}^2 = 33.000 \text{ mm}^2$$

El diámetro interior de la tubería será:

$$\text{Si } S = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4} \Rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{33.000 \times 4}{\pi}} = 204,98 \text{ mm}$$



En nuestro caso tendríamos que elegir en función del diámetro útil o interior:

Ø 225	6 atm.	PE-100	espesor 8,60 mm
Ø 250	6 atm.	PE-100	espesor 9,60 mm
	10 atm.	PE-100	espesor 14,80 mm
	12,50 atm.	PE-100	espesor 18,40 mm
	16 atm.	PE-100	espesor 22,70 mm
Ø 315	16 atm.	PE-100	espesor 28,60 mm

Si tenemos en cuenta que el desnivel es de $80 + 10 = 90$ m, quiere decir que la potencia de la BOMBA será, como mínimo, de 9 atm, por lo que inicialmente elegimos:

Ø 250 12,50 atm. $\Rightarrow$ esp. nominal 18,40 mm

Ø 315 16 atm. $\Rightarrow$ esp. nominal 28,60 mm

Para determinar el valor REAL de la velocidad utilizamos la ecuación:

$$V = Q/S$$

Donde aplicamos los parámetros correspondientes a la tubería elegida. Por ejemplo:

Ø 315 16 atm. PE-100 $\Rightarrow$ Ø int. = 257,80 mm.

$$S = \frac{\pi \times (257,8)^2}{4} = 49.797 \text{ mm}^2 = 0,0498 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,020 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,0498 \text{ m}^2} = 0,4016 \text{ m/seg}$$

En este caso podemos considerar el Ø porque obtenemos la velocidad relativamente baja.

Ø 250 12,50 atm. PE-100 $\Rightarrow$ Ø int. = 213,20 mm

$$S = \frac{\pi \times (213,20)^2}{4} = 35,6999 \text{ mm}^2 = 0,0357 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,020 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,0357 \text{ m}^2} = 0,56 \text{ m/seg}$$



2º Ahora podemos determinar la pérdida de carga a lo largo de la tubería; para ello, utilizamos la fórmula de Manning:

$$J = \frac{V^2 \times \eta^2}{R_h^{4/3}}$$

Donde:

V = velocidad

η = coef. de rozamiento interno del PE (0,008)

R_h = radio hidráulico de superf. mojada = S_m/P_m

S_m = superficie mojada a sección llena

P_m = perímetro mojado a sección llena

$$\left. \begin{aligned} S_m &= \frac{\pi \times 0,213^2}{4} = 0,0356 \text{ m}^2 \\ P_m &= \pi \times 0,213 = 0,669 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_h = \frac{0,0356}{0,669} = 0,0532 \text{ m}$$

$$J = \frac{V^2 \times \eta^2}{R_h^{4/3}} = \frac{0,56^2 \times 0,008^2}{0,0255} = 7,87 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Si el tramo de tubería es de 1.000 m quiere decir que tenemos una pérdida de carga continua de: 0,787 m

3º La BOMBA necesaria ha de cumplir los siguientes datos:

A: Caudal mínimo = 20 l/seg.

B: Presión manométrica inicial $H = 80 + 10 - 8 = 82\text{m}$

$J = 0,787 \text{ m}$

$$H = H_0 + J$$

C: Potencia de la BOMBA $\Rightarrow P_t$ = Potencia en cv.

γ = Peso específico del agua

H = Altura en m

Q = m³/seg.

η = Rendimiento

$$P_t = \frac{\gamma \times Q \times H}{75 \times \eta}$$

$$P_t = \frac{1.000 \times 0,020 \times 82,78}{75 \times 0,75} = 29,40 \text{ cv.}$$

RESUMEN: PE-100 Ø 250 12,50 atm. $P_t = 29,40 \text{ cv.}$



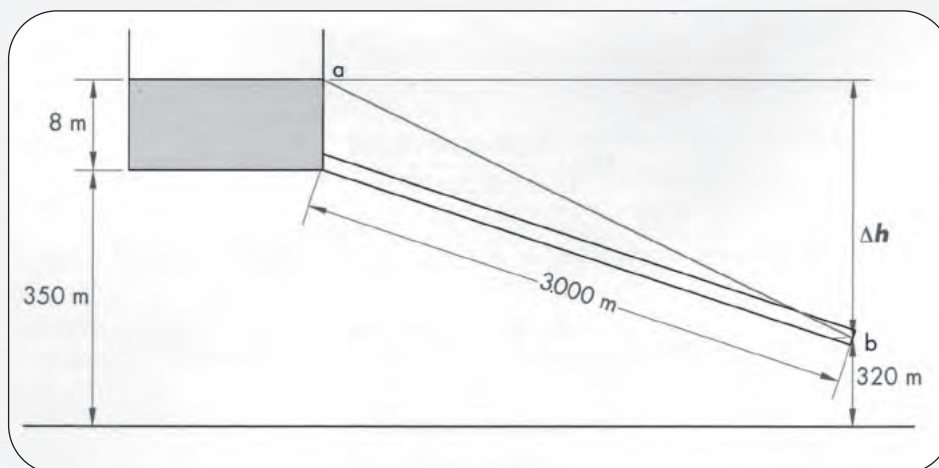
10.2 CÁLCULO HIDRÁULICO POR GRAVEDAD

Ejemplo:

Se dispone de un depósito situado a cota 350 m, desde el que se desea enviar un caudal de 40 l/s a un punto de la conducción situado a cota de 320 m, mediante una tubería de 3.000 m de longitud. Suponiendo que el nivel en el depósito permanece constante e igual a 8 m, calcular:

Diámetro de tubería necesario.

Se despreciarán las pérdidas de carga localizadas. Esquema:



$$\text{Solución: } \Delta h = 350 + 8 - 320 = 38\text{m}$$

Si la longitud de tubería es de 3000 m, entonces la pérdida de carga por unidad de longitud será:

$$J = \frac{38}{3.000} = 1,26 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

El valor de J vendrá dado por:

$$J = \frac{V^2 \times \eta^2}{R_h^{4/3}} ; n = 0,008 \quad (1)$$

Puesto que v (velocidad) se calcula:

$$v = \frac{Q}{S} \quad (2), \text{ donde } S = \text{sección tubería}$$

$$R_h = \frac{S}{P} \quad (3) \quad S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (4) \quad P = \pi \times D \quad (5)$$



Tendremos que combinando las cinco expresiones anteriores, el valor de J se calcula como:

$$J = \frac{10,30 \times Q^2 \times n^2}{D^{16/3}} \quad (6) \text{ Por lo que si } Q = 40 \text{ l/s} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ entonces: } D = \left(\frac{10,30 \times 0,42^2 \times 0,008^2}{1,26 \times 10^{-2}} \right)^{3/16} = 0,17199 \text{ m}$$

Obtenemos que el valor necesario de diámetro interior de tubería debe ser:

$$D = 171,99 \text{ mm. Se deduce que la tubería necesaria será de PE-100.}$$

Puesto que el nivel de agua en el depósito permanece en 8 m, entonces será suficiente con una tubería de presión nominal 6 atm. Veamos que tubería tiene un diámetro interior de valor más aproximado al calculado:

$$180-6 \text{ atm: } D_{\text{int}} = 166,2 \text{ mm.}$$

Esta será la tubería necesaria. El caudal que circulará por la tubería será el correspondiente a este diámetro. Haciendo uso de la fórmula (6) tendremos:

$$1,26 \times 10^{-2} = \frac{10,30 \times Q^2 \times 0,008}{(0,1662)^{16/3}}$$

$$\text{Despejando el valor de } Q, \text{ tendremos: } Q = 0,036 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para este caudal, la velocidad de circulación del agua dentro de la tubería será de:

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi \times 0,1662^2}{4} = 0,0216 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,036}{0,0216} = 1,66 \text{ m/s}$$

Resultado: ø 180 mm - 6 atm PE-100



CUADRO DE UNIDADES DE MEDIDA

LONGITUD

1,00 m = 3,281 pies = 39,37 pulgadas
 1 pie = 30,48 cm
 1 pulgada = 2,540 cm

PRESIÓN

1 Mpa = 10Kg/cm² = 10 atm.
 1 atm. = 760mm Hg = 10 m.c.a. = 1,013 bar

CAUDAL

1 m³/s = 1.000 l/s
 1 m³/s = 3.600 m³/h

POTENCIA

1 C. V. = 735 W
 1 H. P. = 746 W
 1 W = 1 J/s

Para ampliar informacion técnica consultar:

“Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión”, CEDEX, Ministerio de Fomento, 2003.

UNE 53331 IN. Plásticos. Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas.

UNE 53394 IN. Plásticos. Sistemas de canalización para la conducción de agua a presión. Polietileno (PE). Guía para la instalación.

TUYPER GRUPO no es responsable de los posibles errores tipográficos que puedan existir en este catálogo.

Los cálculos expresados en este catálogo son orientativos, siendo el director de obra del proyecto el responsable del cálculo hidráulico. TUYPER GRUPO se reserva la posibilidad de rectificar este catálogo sin previo aviso.





Cheetah HC 72M 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell



PERC



KEY FEATURES



5 Busbar Solar Cell

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Efficiency

Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability Against Extreme Environmental Conditions

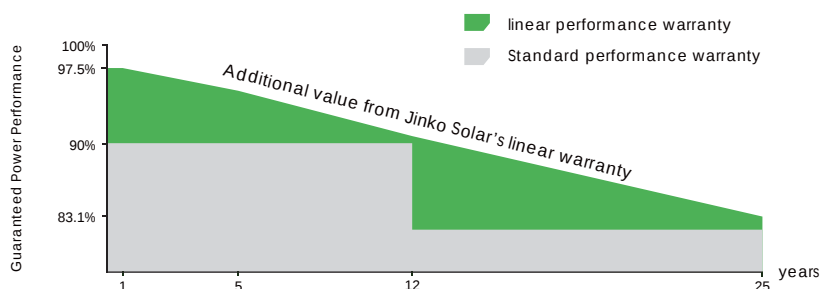
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

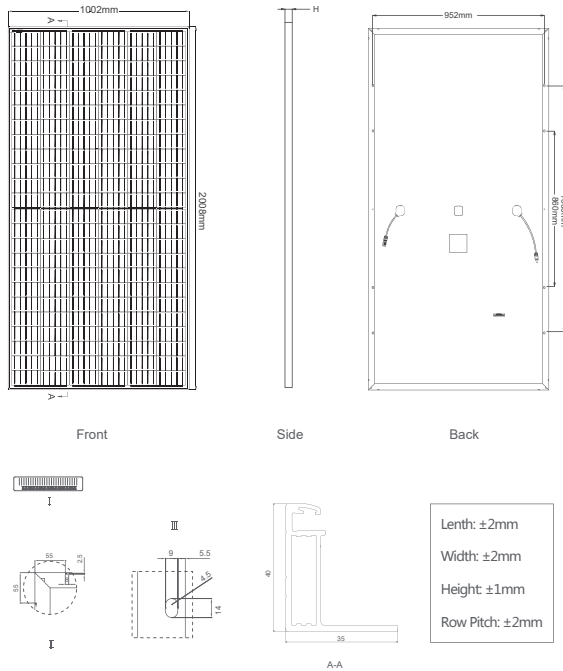
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product



Engineering Drawings

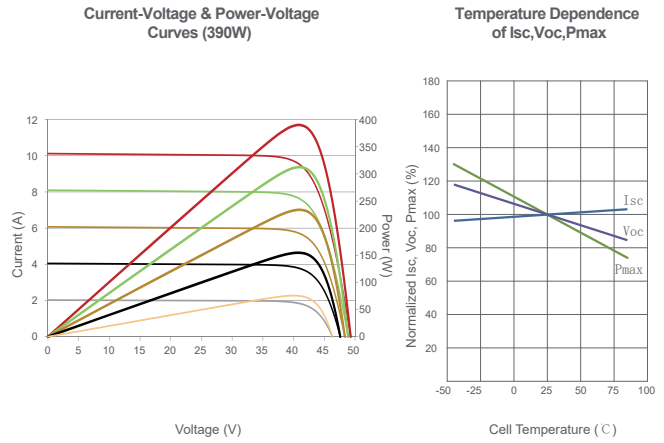


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

27pcs/pallet, 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm², (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V		JKM405M-72H-V		JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~-+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m²

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m²

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Smart String Inverter



Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos
active con tecnología de IA



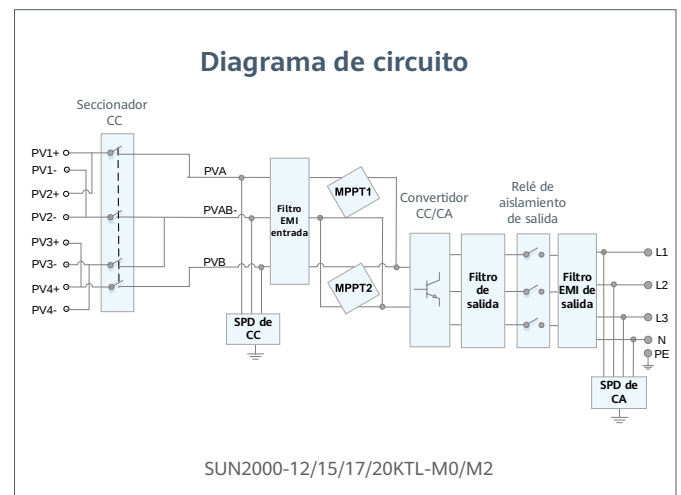
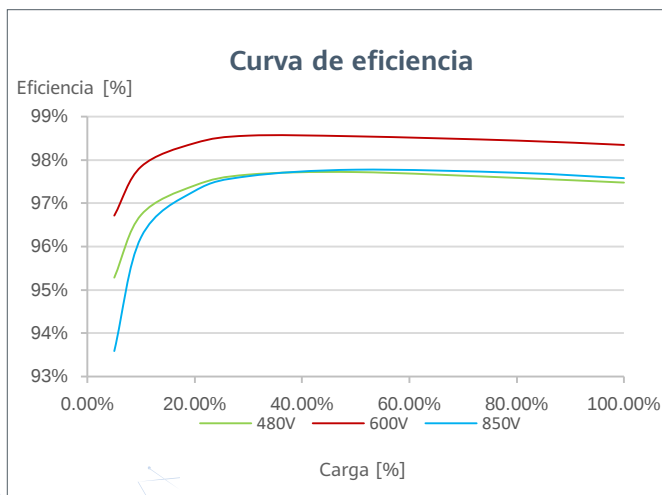
Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de energía con optimizadores ¹



Comunicación flexible

WiFi, Fast Ethernet, 4G
Comunicación soportada



¹ Solo aplicable al inversor SUN2000-12, #/CN.# 15, #/intranet # 17, #/intranet # 20KTL-M2.

SUN2000-12/15/17/20KTL-M2

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000 -12KTL-M2	SUN2000 -15KTL-M2	SUN2000 -17KTL-M2	SUN2000 -20KTL-M2
---------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Eficiencia

Máxima eficiencia	98.50%	98.65%	98.65%	98.65%
Eficiencia europea ponderada	98.00%	98.30%	98.30%	98.30%

Entrada

Potencia FV máxima de entrada ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp
Tensión máxima de entrada ²	1,080 V			
Rango de tensión de operación ³	160 V ~ 950 V			
Tensión de arranque	200 V			
Tensión nominal de entrada	600 V			
Intensidad de entrada máxima por MPPT	22 A			
Intensidad de cortocircuito máxima	30 A			
Cantidad de MPPTs	2			
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2			

Salida

Conexión a red eléctrica	Tres fases			
Potencia nominal activa de CA	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W
Máx. potencia aparente de CA	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE			
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo			
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %			

Características y protecciones

Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí
Protección contra cortocircuito de CA	Sí
Protección contra sobretensión de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Protección contra descargas atmosféricas CC	Type II
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, Clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11
Monitorización de corriente residual	Sí
Protección contra fallas de arco	Sí
Control del receptor Ripple	Sí
Recuperación integrada de PID ⁴	Sí

Datos generales

Rango de temperatura de operación	-25 ~ + 60 °C
Humedad de operación relativa	0 % RH ~ 100% RH
Altitud de operación	0 - 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2,000 m)
Ventilación	Convección natural
Pantalla	LED Indicators; WiFi integrada + aplicación FusionSolar
Comunicación	RS485; WLAN / Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional) 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)
Peso (incluida ménsula de montaje)	25 kg
Dimensiones (incluida ménsula de montaje)	525 x 470 x 262 mm
Grado de protección	IP65
Consumo de energía durante la noche	< 5,5 W ⁵

Compatibilidad optimizadora

DC MBUS optimizador compatible	SUN2000-450W-P
--------------------------------	----------------

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777.2, C10/11, ABNT, VFR 2019, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, IEC61727, IEC62116, DEWA

^{*1} La potencia fotovoltaica máxima de entrada del inversor es de 40.000 Wp cuando las cadenas largas se diseñan y se conectan completamente con el SUN2000-450W-P power optimizers inbound #. abonada# *.

^{*2} El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

^{*3} Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

^{*4} SUN2000-12~20KTL-M2 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly).

^{*5}. <10 W cuando la función de recuperación PID está activada.



PVsyst - Simulation report

Sheds, single array
System power: 153 kWp
Torrejón el Rubio - Spain



Project summary

Geographical Site

Torrejón el Rubio

Spain

Situation

Latitude 39.77 °N

Longitude -5.96 °W

Altitude 353 m

Time zone UTC+1

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Torrejón el Rubio

Meteonorm 7.3 (1991-2010), Sat=100% - Sintético

System summary

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 28 / 0 °

Sheds, single array

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

System information

PV Array

Nb. of modules

374 units

Pnom total

153 kWp

Inverters

Nb. of units

9 units

Pnom total

135 kWac

Pnom ratio

1.136

Results summary

Produced Energy 267.4 MWh/year Specific production 1744 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 84.40 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7
Cost of the system	8
CO ₂ Emission Balance	9



General parameters

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 28 / 0 °

Sheds, single array

Sheds configuration

Nb. of sheds 13 units

Single array

Sizes

Sheds spacing 5.00 m

Collector width 1.00 m

Ground Cov. Ratio (GCR) 20.0 %

Top inactive band 0.02 m

Bottom inactive band 0.02 m

Shading limit angle

Limit profile angle 6.7 °

Models used

Transposition Perez

Diffuse Perez, Meteonorm

Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Jinkosolar

Model

JKM410M-72H-V

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

410 Wp

Number of PV modules

374 units

Nominal (STC)

153 kWp

Modules

22 Strings x 17 In series

At operating cond. (50°C)

P_{mpp}

140 kWp

U_{mpp}

635 V

I_{mpp}

221 A

Total PV power

Nominal (STC)

153 kWp

Total

374 modules

Module area

752 m²

Cell area

668 m²

Inverter

Manufacturer

Huawei Technologies

Model

SUN2000-15KTL-M2

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

15.0 kWac

Number of inverters

9 units

Total power

135 kWac

Operating voltage

160-950 V

P_{nom} ratio (DC:AC)

1.14

Total inverter power

Total power

135 kWac

Nb. of inverters

9 units

P_{nom} ratio

1.14

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

U_c (const) 20.0 W/m²K

U_v (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

48 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction

0.1 %

IAM loss factor

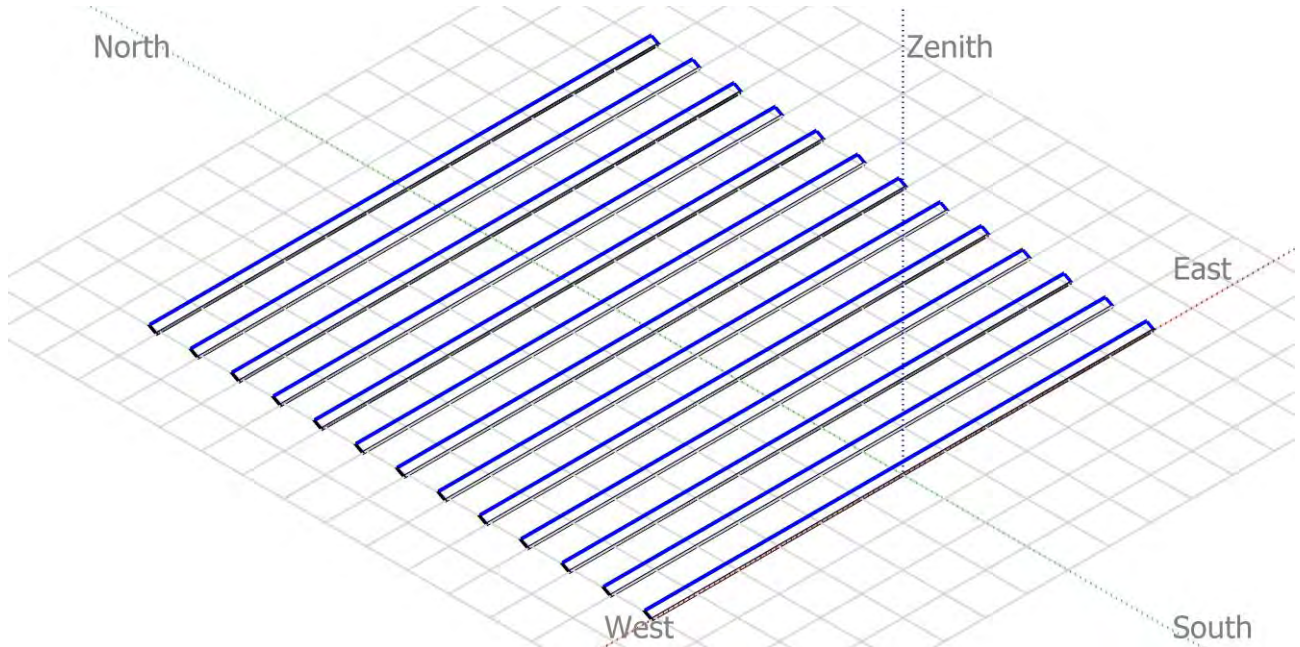
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

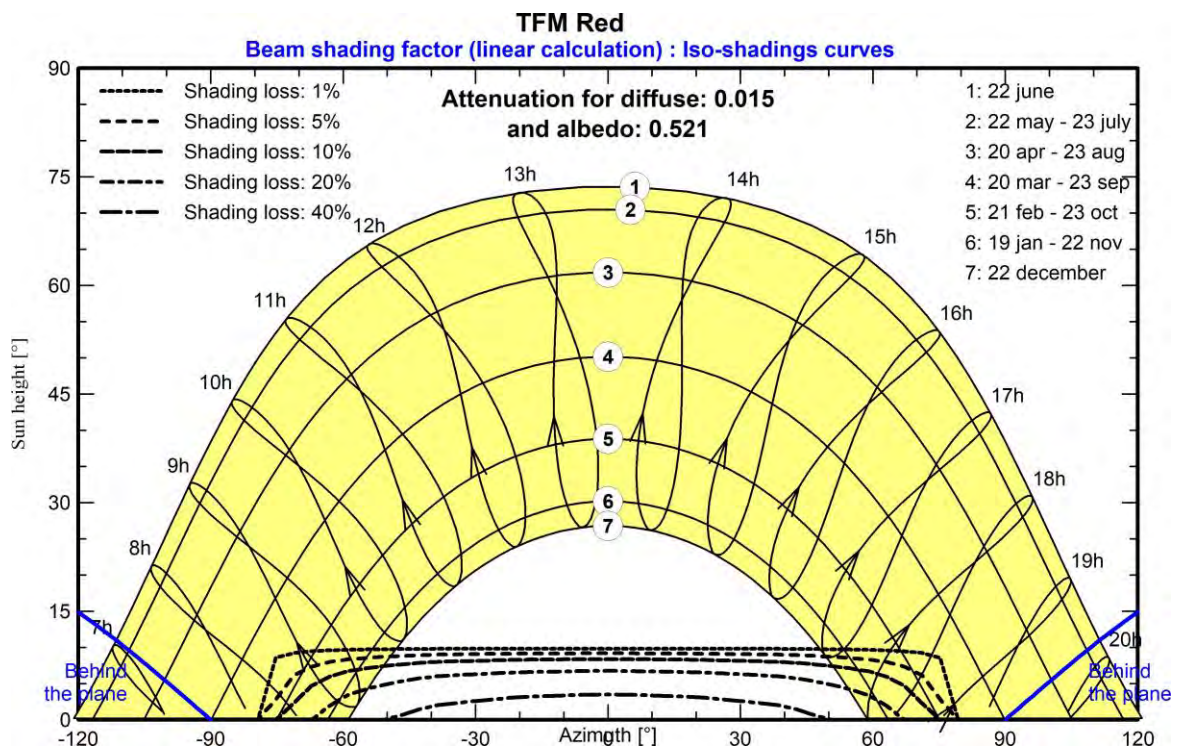


Near shadings parameter

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram





Main results

System Production

Produced Energy

267.4 MWh/year

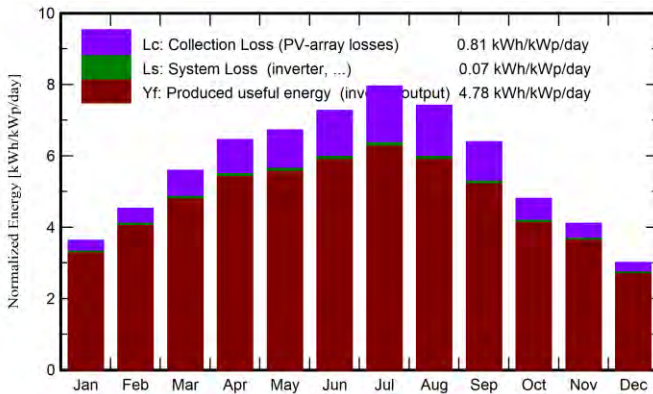
Specific production

1744 kWh/kWp/year

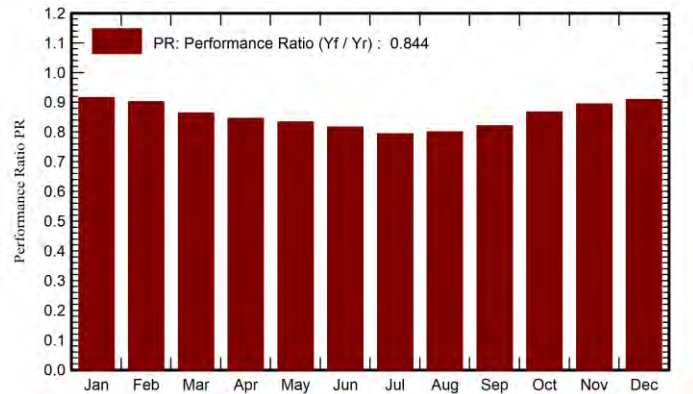
Performance Ratio PR

84.40 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	69.2	27.44	7.75	112.4	109.1	16.03	15.78	0.916
February	87.9	32.72	9.55	126.8	123.9	17.80	17.53	0.902
March	139.9	50.34	12.67	173.5	168.8	23.33	22.98	0.864
April	176.3	56.04	14.19	193.6	187.9	25.50	25.11	0.846
May	210.2	74.86	18.89	208.5	201.4	27.05	26.64	0.833
June	227.5	68.42	24.50	218.0	210.6	27.73	27.30	0.817
July	252.9	47.91	26.60	246.4	238.5	30.47	30.00	0.794
August	216.5	49.39	26.72	229.8	223.0	28.63	28.21	0.801
September	160.5	44.33	22.68	191.9	186.8	24.53	24.16	0.821
October	110.9	45.12	17.50	148.9	145.1	20.12	19.82	0.868
November	77.0	25.94	11.21	123.2	120.1	17.15	16.89	0.894
December	57.3	25.77	8.28	93.3	90.6	13.23	13.01	0.910
Year	1786.1	548.25	16.75	2066.1	2005.7	271.56	267.41	0.844

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

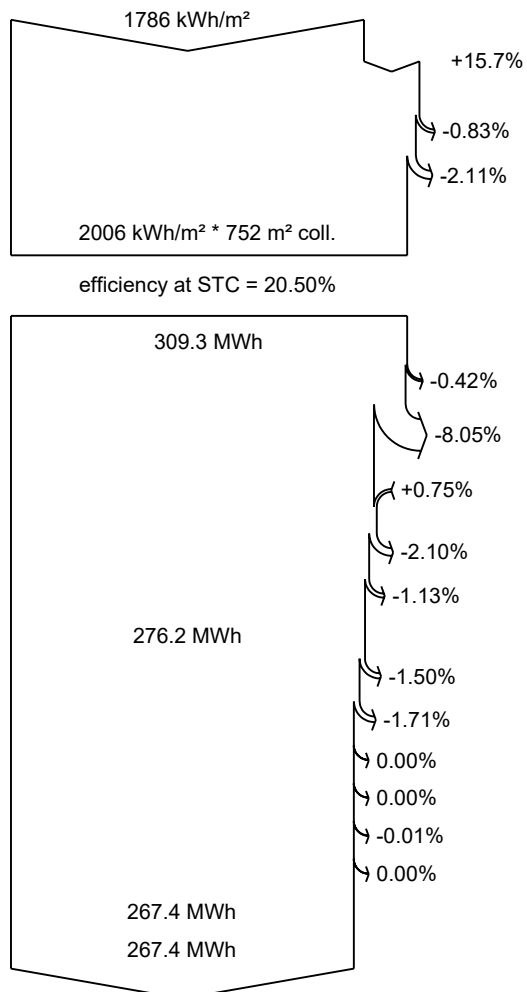
EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio



Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

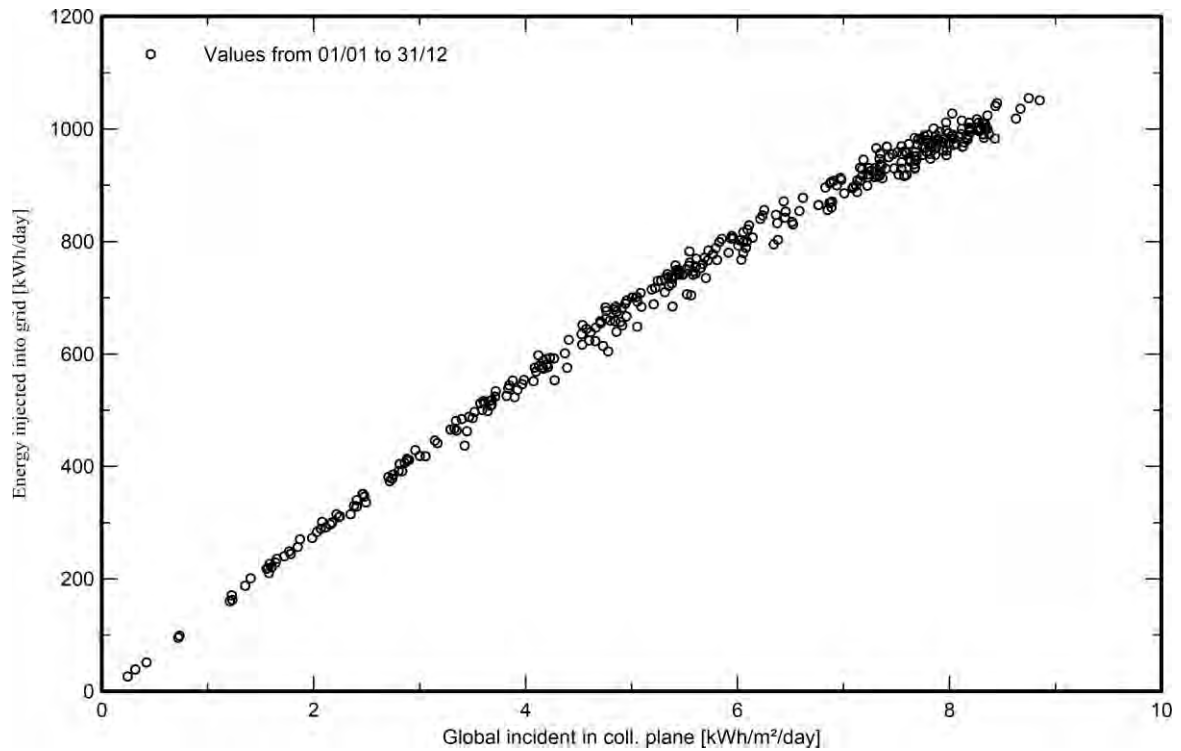
Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid

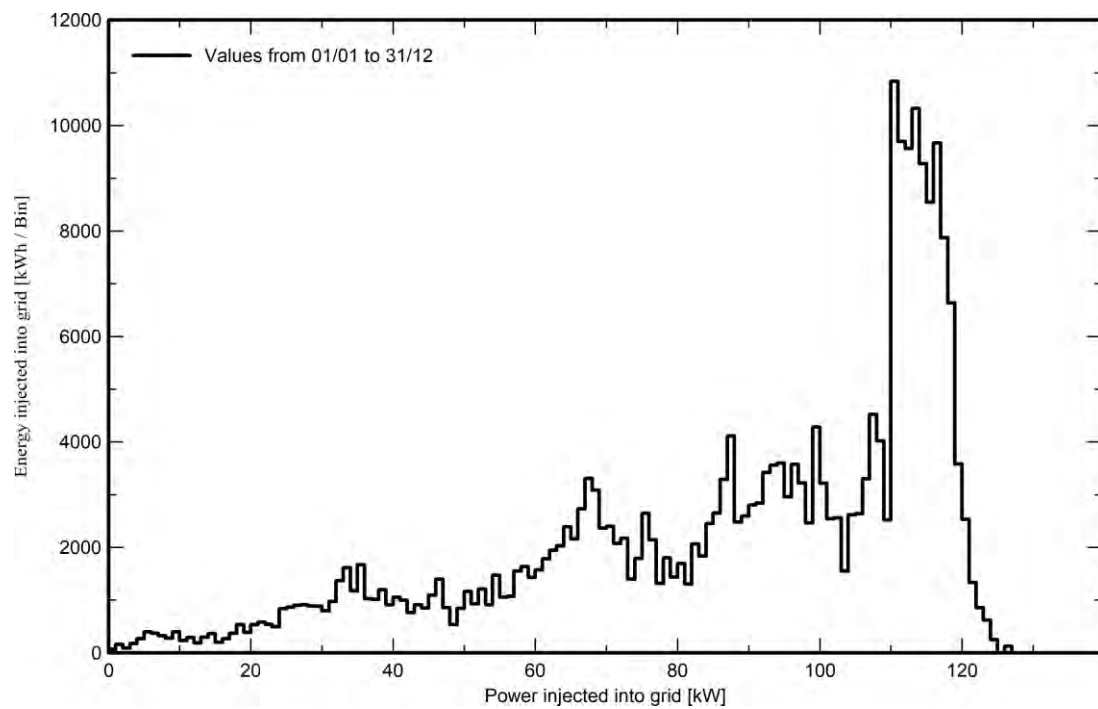


Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema





Cost of the system

Installation costs

Item	Quantity units	Cost EUR	Total EUR
Total			0.00
Depreciable asset			0.00

Operating costs

Item	Total EUR/year
Total (OPEX)	0.00

System summary

Total installation cost	0.00 EUR
Operating costs	0.00 EUR/year
Produced Energy	267 MWh/year
Cost of produced energy (LCOE)	0.000 EUR/kWh



CO₂ Emission Balance

Total: 1727.2 tCO₂

Generated emissions

Total: 270.55 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below:

Replaced Emissions

Total: 2302.4 tCO₂

System production: 267.41 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 287 gCO₂/kWh

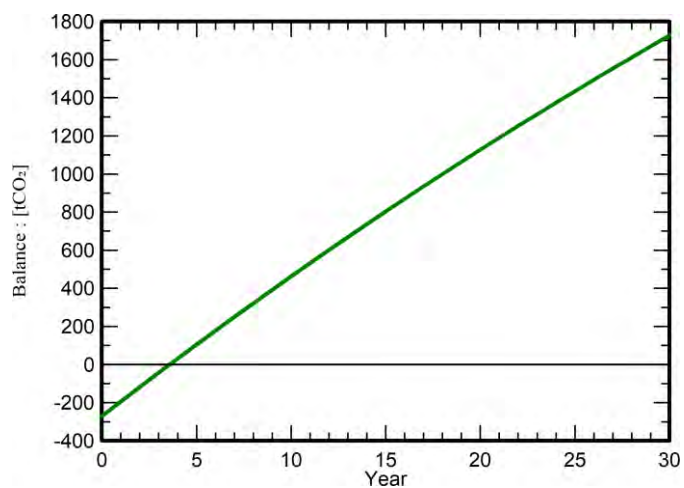
Source: IEA List

Country: Spain

Lifetime: 30 years

Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	153 kWp	262628
Supports	1.91 kgCO ₂ /kg	3740 kg	7159
Inverters	190 kgCO ₂ /	4.00	759