



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Estación de bombeo en finca particular en la provincia
de Soria

Autor: Rodrigo Díez Borque

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Junio 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria

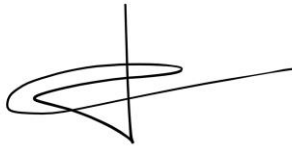
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/2023 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 Díez Borque

Fecha: 12/ 06/ 23

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 12/ 06/ 23



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Estación de bombeo en finca particular en la provincia
de Soria

Autor: Rodrigo Díez Borque

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Junio 2023

ESTACIÓN DE BOMBEO EN FINCA PARTICULAR EN LA PROVINCIA DE SORIA

Autor: Díez Borque, Rodrigo.

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de bombeo para extraer agua de tres pozos y posteriormente almacenarla en depósitos y una balsa, para un uso de consumo humano y abastecimiento de agua a sistemas de regadío. Para ello es necesario estudiar los grupos de bombeo y la distribución de la red hidráulica, conociendo los caudales disponibles. Además, la fuente de alimentación será solar fotovoltaica instalada en un parque flotante. Por otro lado, se evaluará el coste del proyecto, así como el impacto medioambiental que causará en la zona.

Palabras clave: Agua, bombas, depósito, pozo, balsa, agricultura, fotovoltaico, flotante.

1. Introducción

La finca agrícola donde se instalará el proyecto está ubicada en la provincia de Soria, a 20 km de la capital y en la margen izquierda del río Duero. Se quiere abastecer de agua a cultivos de regadío y a las naves y casas para un consumo humano. Para ello se dispone de tres pozos en distintas localizaciones de los que se podrá extraer agua para llevar a dos depósitos cerrados (dedicados al uso humano) y a una balsa abierta (dedicada exclusivamente al riego de los campos cercanos). Se quiere una única fuente de energía que será la solar fotovoltaica.

Se estudian los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, así como un análisis de costes totales, mantenimientos necesarios e impacto medioambiental.

2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en crear un sistema hidráulico que eleve el agua de los pozos una altura de 40 metros hasta los depósitos y balsa, alimentado por una fuente de energía limpia. Se sigue en todo momento el criterio económico para la selección de componentes, siempre y cuando no se sacrifique la calidad, con el fin de no tener averías ni paradas inesperadas del sistema.

El objetivo principal es buscar una forma limpia de obtener agua y almacenarla, para poder aumentar el rendimiento económico de la finca y adicionalmente suministrar agua a las casas y naves. Además, se busca la sencillez de la instalación de cara a que los trabajadores agrícolas de la finca puedan subsanar pequeñas averías sin necesidad de contactar con un especialista.

3. Descripción del sistema

La instalación se diseña a partir de los elementos disponibles, los pozos y los sistemas de almacenaje. Con los caudales y distancias y de acuerdo con el principio de sencillez, se diseñan las tres bombas necesarias y la red hidráulica. Se consigue instalar la misma bomba en los tres pozos, así como crear tres circuitos independientes que lleven el agua de cada pozo a la parte superior de la finca, a 41 metros de altura. Por acción de la gravedad, el agua se distribuye hacia las casas y parcelas de regadío de los alrededores.

En la parte alta de la finca se encuentran los depósitos, que son destinados para abastecer de agua de consumo humano, y la balsa abierta, dedicada al almacenamiento de agua para los sistemas de regadío de los campos cercanos. Los depósitos no necesitan ninguna acción para comenzar a funcionar, a diferencia de la balsa que necesita impermeabilizarse, lo cual supone un coste adicional que se tiene en cuenta.

Por otro lado, se alimenta de energía limpia a las bombas en todo momento, proveniente del sol. Se diseña un parque solar fotovoltaico flotante, instalado en la superficie del agua almacenada en la balsa, el cual permite no desaprovechar suelo productivo y evitar gran parte de la evaporación del agua. A través de tres inversores, se suministra electricidad a las tres bombas, diseñados según la potencia de cada una de ellas. Estos inversores están dotados de sistemas de arranque automatizados que permitirán el funcionamiento autónomo sin necesidad de presencia humana.

Se estudia también el mantenimiento de toda la instalación, atendiendo a los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos, lo que trata de buscar la continuidad de funcionamiento de los sistemas y evitar el desabastecimiento de agua de la finca. Además, se tiene en cuenta el impacto medioambiental que causará la obra, así como la disposición final de todos los elementos instalados.

Finalmente, se estudia el coste del proyecto, se analizan los resultados obtenidos y se proponen trabajos futuros que ampliarán y modernizarán la instalación.

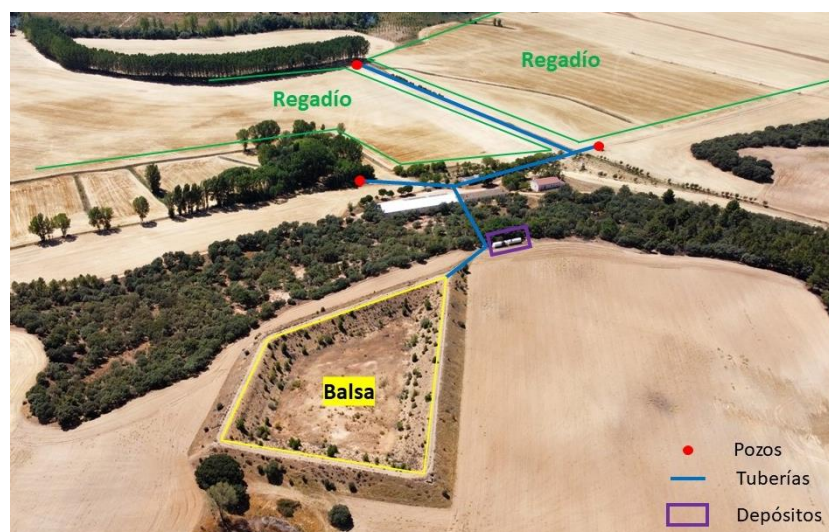


Ilustración 1 – Situación actual del lugar de instalación del proyecto. Fuente: elaboración propia

4. Resultados

Se analizan los costes del proyecto atendiendo al criterio LCC (Life Cycle Costs) de todos los elementos de la instalación. Además, se tienen en cuenta las subvenciones disponibles en el momento de estudio, pudiendo suponer un gran ahorro a la hora de realizar la inversión.

Los elevados costes obligan a realizar un análisis de rentabilidad, comparando los beneficios adicionales de la agricultura de regadío frente a los cultivos de secano previos. Se concluye la necesidad de operar 9,5 años para recuperar la inversión, valor aceptado por los dueños de la finca.

Sin embargo, se analizan también algunos costes de oportunidad presentes debido a las peticiones de los dueños, como pueden ser los aspectos de simplicidad y uniformidad. Imponer tres circuitos hidráulicos independientes o elegir la misma bomba elevaría los costes considerablemente.

Cabe mencionar que los precios tomados son afectados por la inflación al existir una incertidumbre respecto al momento en el que se lleve a cabo el proyecto.

5. Conclusiones

Se consiguen los objetivos propuestos para realizar el proyecto. En primer lugar, se extrae agua subterránea y se eleva hasta unos sistemas de almacenaje. En segundo lugar, la instalación se abastece de energía limpia, consiguiendo aspectos innovadores como es el parque solar flotante. En tercer lugar, la instalación alcanza una viabilidad económica teniendo en cuenta los costes iniciales y recurrentes que necesitará.

Por otro lado, se estudian posibles ampliaciones futuras como puede ser la instalación de una potabilizadora, una red de riego o el vertido de energía eléctrica sobrante a la red.

Con esta instalación, se consigue una forma sostenible de obtener agua para aumentar el rendimiento de los cultivos y abastecer de agua a las casas y naves de la finca.

PUMPING STATION ON PRIVATE PROPERTY IN THE PROVINCE OF SORIA

Author: Díez Borque, Rodrigo.

Supervisor: Sanz Fernández, Íñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project consists of the design of a pumping system to extract water from three wells and subsequently store it in tanks and a reservoir for human consumption and to supply water to irrigation systems. For this purpose, it is necessary to study the pumping groups and the distribution of the hydraulic network, knowing the available flows. In addition, the power supply source will be solar photovoltaic installed in a floating park. On the other hand, the cost of the project will be evaluated, as well as the environmental impact it will have on the area.

Keywords: Water, pumps, reservoir, well, pond, agriculture, photovoltaic, floating.

1. Introduction

The agricultural estate where the project will be installed is in the province of Soria, 20 km from the capital and on the left bank of the Duero River. The aim is to supply water to irrigated crops and to the warehouses and houses for human consumption. For this purpose, there are three wells in different locations from which water can be extracted and taken to two closed tanks (for human use) and to an open reservoir (exclusively for irrigation of the nearby fields). A single source of energy is desired, which will be photovoltaic solar energy.

The elements necessary to carry out the project are studied, as well as an analysis of total costs, necessary maintenance and environmental impact.

2. Definition of the Project

The project consists of creating a hydraulic system that raises the water from the wells to a height of 40 metres to the tanks and reservoirs, powered by a clean energy source. Economic criteria are always followed in the selection of components, as long as quality is not sacrificed, in order to avoid breakdowns and unexpected stoppages of the system.

The main objective is to find a clean way of obtaining water and storing it, in order to increase the economic efficiency of the farm and additionally to supply water to the houses and buildings. In addition, the aim is to simplify the installation so that the farm workers on the farm can correct small breakdowns without the need to contact a specialist.

3. Description of the system

The installation is designed based on the available elements, wells and storage systems. Based on the flow rates and distances and in accordance with the principle of simplicity, the three necessary pumps and the hydraulic network are designed. The same pump was installed in the three wells, and three independent circuits were created to take the water from each well to the top of the farm, at a height of 41 metres. By the action of gravity, the water is distributed to the surrounding houses and irrigated plots.

At the top of the farm are the reservoirs, which are used to supply water for human consumption, and the open reservoir, which is used to store water for the irrigation systems of the nearby fields. The reservoirs do not need any action to start functioning, unlike the pond, which needs to be waterproofed, which is an additional cost that is taken into account.

On the other hand, clean energy from the sun is always feeding the pumps. A floating photovoltaic solar park is designed, installed on the surface of the water stored in the pond, which allows not wasting productive soil and avoids a large part of the evaporation of the water. Three inverters supply electricity to the three pumps, designed according to the power of each one of them. These inverters are equipped with automated start-up systems that will allow autonomous operation without the need for human presence.

The maintenance of the entire installation is also studied, including corrective, preventive and predictive maintenance, which aims to ensure the continuity of the systems' operation and avoid water shortages on the estate. In addition, the environmental impact of the work is considered, as well as the final disposal of all the installed elements.

Finally, the cost of the project is studied, the results obtained are analysed and future works are proposed to extend and modernise the installation.

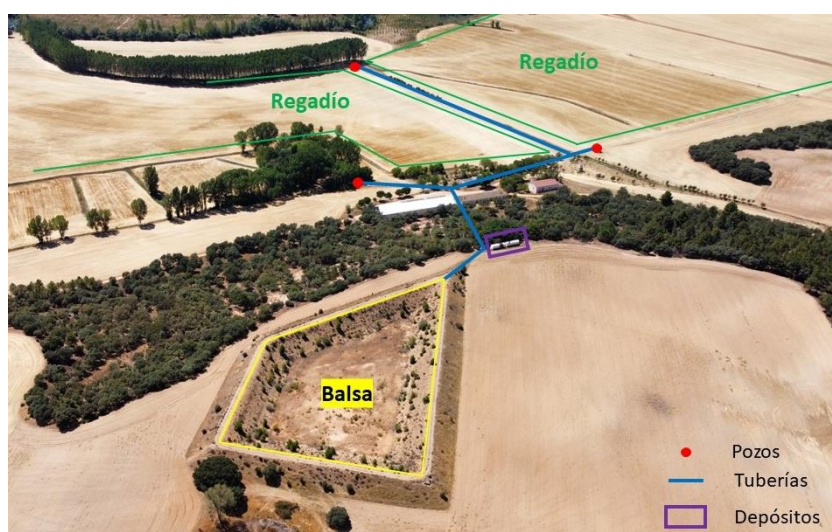


Illustration 2 - Current situation of the project site. Source: own elaboration

4. Results

The costs of the project are analysed according to the LCC (Life Cycle Costs) criterion for all the elements of the installation. In addition, the subsidies available at the time of the study are taken into account, which can lead to large savings when making the investment.

The high costs make it necessary to carry out a profitability analysis, comparing the additional benefits of irrigated agriculture compared to previous rainfed crops. The conclusion is that it takes 9.5 years to recover the investment, a value accepted by the farm owners.

However, some opportunity costs are also analysed due to the owners' requests, such as simplicity and uniformity aspects. Imposing three independent hydraulic circuits or choosing the same pump raises the costs considerably.

It is worth mentioning that the prices taken are affected by inflation as there is uncertainty as to when the project will be carried out.

5. Conclusions

The objectives of the project are achieved. Firstly, groundwater is extracted and pumped up to storage systems. Secondly, the installation is supplied with clean energy, achieving innovative aspects such as the floating solar park. Thirdly, the installation achieves economic viability, taking into account the initial and recurrent costs it will require.

On the other hand, possible future extensions are studied, such as the installation of a water treatment plant, an irrigation network or the discharge of surplus electricity into the grid.

With this installation, a sustainable way of obtaining water to increase crop yields and supply water to the houses and buildings on the farm is achieved.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Motivación del proyecto.....	9
1.2 Objetivos del proyecto.....	9
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	11
2.1 Bombas. Diseño en Absel	11
2.2 Sistemas de medición	11
2.3 EPANET.....	12
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	13
Capítulo 4. Definición del Trabajo	15
4.1 Justificación.....	15
4.2 Objetivos	15
• Sistema de bombeo.....	15
• Fuente de energía renovable (solar).....	15
• Automatización del arranque.....	16
• Mantenimiento	16
• Unificación de los elementos	16
• Impacto medioambiental.....	16
4.3 Metodología.....	16
Capítulo 5. Sistema de bombeo y red hidráulica	18
5.1 Red hidráulica.....	19
• Circuito 1	21
• Circuito 2	21
• Circuito 3.....	22
5.2 Sistema de bombeo.....	22
• Pozo 1 (Fresneda).....	23
• Pozo 2 (Conejos).....	25
• Pozo 3 (Huertos).....	25
• Selección final.....	26

5.3 Almacenaje.....	27
Capítulo 6. Alimentación solar fotovoltaica	30
Capítulo 7. Automatización de los sistemas de arranque.....	37
7.1 Placa “tester”	37
7.2 Inversores	38
7.3 Vida útil.....	39
7.4 Tipos de averías.....	39
Capítulo 8. Mantenimiento.....	41
8.1 Mantenimiento de las bombas	41
8.2 Mantenimiento de la red hidráulica.....	42
8.3 Mantenimiento de los sistemas de almacenaje	42
8.4 Mantenimiento de la fuente de energía	43
Capítulo 9. Impacto medioambiental.....	44
9.1 Durante la construcción.....	44
9.2 Finalizada la construcción	45
Capítulo 10. Coste del proyecto	47
10.1 Bombas.....	48
10.2 Red Hidráulica.....	48
10.3 Balsa.....	49
10.4 Alimentación	51
10.5 Coste total.....	52
10.6 Subvenciones.....	52
Capítulo 11. Análisis de Resultados.....	53
11.1 Coste de oportunidad.....	53
11.2 Productividad del regadío.....	54
Capítulo 12. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	56
Capítulo 13. Bibliografía.....	59
ANEXO I: Red hidráulica.....	61

<i>ANEXO II: Selección de bombas.....</i>	<i>63</i>
<i>ANEXO III: Alimentación solar.....</i>	<i>71</i>
<i>ANEXO IV: Precios.....</i>	<i>73</i>
<i>ANEXO V: Subvenciones.....</i>	<i>74</i>

Índice de figuras

Figura 1. Disposición de los elementos actuales.	13
Figura 2. Distancias y cotas.....	18
Figura 3. Red hidráulica	19
Figura 4. Datos bomba VMS 10.....	24
Figura 5. Datos de la bomba VMS 15	24
Figura 6. Sistema de grifo con boya.....	28
Figura 7. Válvula antirretorno	28
Figura 8. Área de la superficie de la balsa.....	30
Figura 9. Instalación ofrecida por Powen España	31
Figura 10. Panel JA Solar 540W.	31
Figura 11. Flotadores de 10º.....	32
Figura 12. Anclaje de los flotadores	33
Figura 13. Disposición final de los paneles flotantes.	33
Figura 14. Radiación solar de los años 2018 a 2020	34
Figura 15. Radiación solar media y su variación.....	35
Figura 16. Número de horas de sol pico al día	36
Figura 17. Placa tester	38
Figura 18. Zanja.....	44
Figura 19. Balsa vallada	45
Figura 20. Esquema de la Red Hidráulica (realización en EPANET).....	61
Figura 21. Ficha técnica del PVC.....	62
Figura 22. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 1	63
Figura 23. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 1	63
Figura 24. Datos técnicos bomba VMS 6 para el pozo 2	64
Figura 25. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 2	64
Figura 26. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 2	65
Figura 27. Datos técnicos bomba VMS 4 para el pozo 2	65
Figura 28. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 3	66

Figura 29. Datos técnicos bomba VMS 40 para el pozo 3	66
Figura 30. Datos técnicos bomba VMS 6 para el pozo 3	67
Figura 31. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 3	67
Figura 32. Página 1 de la hoja técnica de bombas VMS	68
Figura 33. Página 2 de la hoja técnica de bombas VMS	69
Figura 34. Irradiación solar proporcionada por CENSOLAR.....	71
Figura 35. Irradiación solar proporcionada por PVGIS	72
Figura 36. Desglose de precios impermeabilización de la balsa	73
Figura 37. Desglose de precios vallado de la balsa	73

Índice de tablas

Tabla 1. Datos de los pozos	23
Tabla 2. Selección de bombas disponibles para el pozo 1.....	23
Tabla 3. Selección de bombas disponibles para el pozo 2.....	25
Tabla 4. Selección de bombas disponibles para el pozo 3.....	25
Tabla 5. Selección final	26
Tabla 6. Selección de inversores y precios.....	39
Tabla 7. Selección de bombas	48
Tabla 8. Precios adquisición de elementos Red Hidráulica.....	49
Tabla 9. Coste impermeabilización de la balsa	50
Tabla 10. Coste vallado de la balsa	50
Tabla 11. Coste de elementos de alimentación	51
Tabla 12. Coste de instalación de elementos de alimentación	51
Tabla 13. Coste de oportunidad de la uniformidad en las bombas.....	54
Tabla 14. Coste de oportunidad de la separación de circuitos hidráulicos.....	54
Tabla 15. Productividad de los cultivos de secano y de regadío	55
Tabla 16. Pago de la inversión.....	55

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Longitud del circuito 1	21
Ecuación 2. Velocidad del circuito 1	21
Ecuación 3. Pérdidas del circuito 1	21
Ecuación 4. Altura final del circuito 1	21
Ecuación 5. Longitud del circuito 2	21
Ecuación 6. Velocidad del circuito 2	21
Ecuación 7. Pérdidas del circuito 2	22
Ecuación 8. Altura final del circuito 2	22
Ecuación 9. Longitud del circuito 3	22
Ecuación 10. Velocidad del circuito 3	22
Ecuación 11. Pérdidas del circuito 3	22
Ecuación 12. Altura final del circuito 3	22
Ecuación 13. Life Cycle Costs	47
Ecuación 14. Life Cycle Costs para las bombas	48
Ecuación 15. Life Cycle Costs para la red hidráulica	48
Ecuación 16. Life Cycle Costs para la balsa	49
Ecuación 17. Life Cycle Costs para la fuente de alimentación	51

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Se pretende instalar un sistema de bombeo de aguas subterráneas para riego y uso sanitario. El lugar del proyecto se encuentra en una finca agrícola particular en la provincia de Soria, a 990 metros de altitud. Se sitúa a 20 kilómetros de la ciudad de Soria y en la margen izquierda del río Duero.

Se dispone de 3 pozos del año 1992 y sus respectivos caudales, medidos en el momento de su excavación. Además, 40 metros por encima del nivel de los pozos, existe una balsa artificial construida en el año 1997, en desuso y sin sistemas de impermeabilidad, así como dos depósitos de metal cerrados.

Se instalarán bombas en cada uno de los pozos, que bombearán agua hasta los depósitos, y una vez llenos, a la balsa. Este almacenamiento de agua se sitúa en el punto más alto de la finca, por lo que no será necesario ningún sistema de bombeo adicional para llevar el agua a destino. El consumo principal del agua será para sistemas de riego por goteo y aspersión, suministrándose también a las casas y naves de la propia finca.

La fuente de energía será renovable, mediante paneles solares fotovoltaicos, limitando el almacenaje de agua a las horas principales de los días soleados.

Por otro lado, se estudiará también la viabilidad económica del proyecto, desde la instalación hasta el mantenimiento necesario de los sistemas de bombeo. Se estudiarán diferentes escenarios y se tomará la decisión en función a los criterios LCC (Life Cycle Cost). Además, se tendrán en cuenta los posibles beneficios extra por el uso del regadío a la hora de estudiar la rentabilidad del proyecto.

Finalmente, se valorarán las actuales subvenciones que se ofrecen para este tipo de proyectos.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es dotar de un sistema de regadío efectivo y eficiente a la finca, así como abastecer de agua a las casas y naves. La motivación es principalmente personal, pues dicha finca es propiedad de familiares y puedo aportar el conocimiento necesario para la realización del proyecto de ingeniería, tratando de mejorar la producción de la explotación agrícola, lo cual supondría un gran ahorro económico.

Este proyecto busca satisfacer las necesidades de los dueños del terreno, con el mínimo coste posible y el menor gasto en mantenimiento de las instalaciones. También, dado que los trabajadores no residen en la propia finca, se quiere automatizar los procesos de arranque, evitando el vaciado por completo de los sistemas de almacenaje que puedan dejar sin agua a los cultivos e instalaciones.

Finalmente, existe la motivación relacionada con el impacto medioambiental, el cual se tratará de reducir a su mínima expresión, tanto en el proceso de montaje y construcción de la instalación, como en el resultado final.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Este proyecto trata de conseguir los siguientes objetivos:

- Se estudiará el sistema de bombeo necesario para salvar la altura desde los pozos hasta los sistemas de almacenaje, incluyendo las pérdidas de la red.
- Dotar de fuente de energía renovable a los grupos de bombeo mediante energía solar fotovoltaica, atendiendo al coste de instalación y futuro mantenimiento.
- Automatización del arranque. Se quiere que el arranque de las bombas empiece de manera automática cuando las placas solares fotovoltaicas reciban la luz suficiente para suministrar la potencia necesaria. Asimismo, si se paran las bombas, se estudiará un sistema de rearme automático para evitar el desplazamiento de un operario al lugar.

- Mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo. Se minimizará el coste recurrente del uso de la instalación atendiendo al mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
- Unificación de los elementos de la instalación, buscando la facilidad de montaje como su futuro mantenimiento llevado a cabo por los operarios de la finca.
- Finalmente, se estudiará el impacto medioambiental del proyecto, durante la construcción de este, así como el resultado final, atendiendo a los espacios verdes de los alrededores y a la fauna de la zona, tanto terrestre como voladora.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1 BOMBAS. DISEÑO EN ABSEL

Se utilizan bombas VMS, también denominadas bombas verticales multietapa, las cuales son un tipo de bombas centrífugas que puedes bombear líquidos como el agua o aceites. El aspecto característico de estas bombas es que las etapas actúan como varios impulsores en serie, lo que permite obtener una mayor presión de salida frente a bombas de una sola etapa. El uso de estas bombas es clave en instalaciones que necesitan salvar grandes alturas o en instalaciones de riego agrícola.

La empresa suiza *Sulzer* dispone de un programa informático para el diseño y análisis de bombas llamado *ABSEL* (“*Advanced Blade System Evaluation and Layout*”). Este programa dispone de herramientas con las que permite introducir los datos de la instalación para optimizar el diseño del impulsor y maximizar así el rendimiento hidráulico de la bomba.

2.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN

Se utilizan dos sistemas de medición para hallar las distancias disponibles en la zona.

- Google Earth: es una aplicación desarrollada por Google que ofrece un servicio de visualización y medición de la superficie del planeta. Proporciona un sistema de medición muy exacto respetando los desniveles y distancias reales del terreno. Con él se ha podido conocer las distancias de las redes hidráulicas según el recorrido que siguen.
- Dron: Se dispone de un dron radiocontrol equipado con GPS de la marca *DJI* modelo *Mini* con el cual se ha conocido la diferencia de cotas de los puntos en cuestión, así como las distancias en línea recta. Además, se ha utilizado para

realizar imágenes de la finca y poder observar la situación del proyecto a vista de pájaro.

2.3 EPANET

Se utiliza el programa *EPANET* (“*Environmental Protection Agency’s Network*”) para el diseño de la red hidráulica de la instalación. Este software permite el análisis y diseño de redes de distribución de agua, modelando el flujo a lo largo de tuberías, bombas, depósitos o válvulas. Además, proporciona resultados gráficos y muy detallados que permiten conocer el estado de la instalación y optimizar el funcionamiento de la misma.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el año 1992 se excavaron 3 pozos, de los que se pretendía extraer agua para el riego de las parcelas de regadío adyacentes. Todos ellos cuentan con concesión con la Confederación Hidrográfica del Duero (definida en el B.O.P de Soria del año 1995), la cual permite extraer suficiente agua para el proyecto. A los 5 años, se construyó una balsa a una cota de 40 metros respecto al nivel de los pozos, la cual nunca se llegó a impermeabilizar ni utilizar. Además, se dispone también de dos depósitos grandes cerrados, en la superficie, preparados para el almacenaje de agua.

En la Figura 1 se muestra la disposición de los elementos disponibles actualmente.

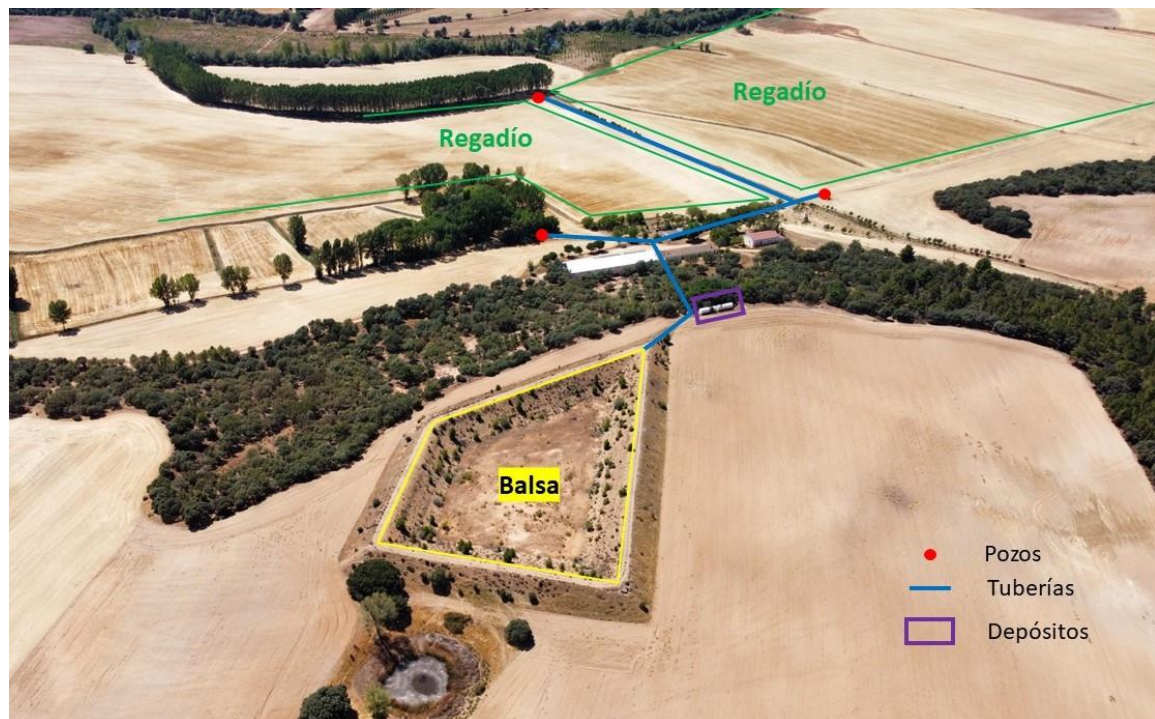


Figura 1. Disposición de los elementos actuales.

Fuente: elaboración propia

Este proyecto busca una mayor producción agrícola a través del regadío, el cual ha realizado su importancia estos últimos años de grandes sequías. Adicionalmente, se suministrará agua a las casas y naves de la finca.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

A la vista de lo comentado en el Capítulo 3, la realización de este proyecto busca aumentar la producción agrícola de una parte de la finca, así como evitar las recurrentes sequías de los últimos años. Una hectárea de regadío produce entre cinco y diez veces más que una de secano, independientemente de las lluvias obtenidas en dicha campaña (Lladró, 2019). Por ello, se está buscando también un aumento del rendimiento económico de la explotación, así como la modernización de los sistemas y cultivos utilizados.

Por otro lado, se necesita una disposición de agua para consumo humano diaria y fiable, para las naves de uso agrícola y las casas de uso recreativo.

4.2 OBJETIVOS

El proyecto persigue una serie de objetivos necesarios para poder llevar y almacenar el agua de una forma eficaz, económica y fiable.

- **SISTEMA DE BOMBEO**

Se escogen las bombas ideales para salvar la altura desde los pozos hasta los sistemas de almacenaje. Además, se diseña toda la red de tuberías atendiendo a la minimización de las pérdidas.

- **FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE (SOLAR)**

Se toma como fuente de energía la producida por el sol. Se escoge este sistema pues la provincia de Soria tiene altos índices de radiación solar, que permitirán obtener la energía necesaria. Por otro lado, se estudian los diferentes métodos de instalación de los paneles solares fotovoltaicos atendiendo al espacio disponible en la finca.

- **AUTOMATIZACIÓN DEL ARRANQUE**

Debido a que nadie vive permanentemente en la finca, se automatiza el arranque de las tres bombas para todos los días del año, siempre y cuando se tenga la incidencia solar necesaria. Además, en caso de perder la alimentación producida por el sol (p. ej.: el paso de una nube por encima de los paneles), se dispondrá de un rearme automático para evitar que un operario se desplace a las instalaciones.

- **MANTENIMIENTO**

Se minimiza el coste recurrente de la instalación atendiendo a tres tipos de mantenimiento; correctivo, preventivo y predictivo.

- **UNIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS**

Dado que los operarios de la finca no están formados en instalaciones hidráulicas, se diseña el conjunto del proyecto tratando de unificar todos los elementos, como las bombas o tuberías. Esto se realiza a petición de los dueños de la finca, pues los mantenimientos y reparaciones sencillas los harán los trabajadores agrícolas.

- **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

Tanto la construcción del proyecto como el resultado final causarán un impacto en la zona. Se minimiza este impacto medioambiental atendiendo a los espacios verdes de los alrededores y a la fauna de la zona, tanto terrestre como voladora.

4.3 METODOLOGÍA

El proyecto comienza reconociendo los elementos de los que se dispone, como son los pozos o la balsa sin impermeabilizar. Seguidamente se propone la necesidad de abastecer de agua tanto a las parcelas de regadío como a las casas, que será la base del diseño de la instalación.

En primer lugar, una vez conocidos los caudales disponibles y la cantidad de agua necesaria, se estudia la selección de bombas y el diseño de la red hidráulica, atendiendo a la eficiencia y sencillez del sistema. Esta red llegará a los elementos de almacenaje, donde se llenará primero los depósitos de agua para consumo humano, y seguidamente la balsa abierta para el riego de los cultivos.

Las bombas son alimentadas únicamente por energía solar fotovoltaica, proveniente de placas solares flotantes instaladas en la balsa abierta. Estas placas suministran electricidad a las bombas a través de tres inversores, uno para cada bomba, lo cuales disponen de un sistema automatizado que evitará el desplazamiento de operarios a la instalación para ponerla en marcha.

Por otro lado, se estudia el mantenimiento de toda la instalación, atendiendo a los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos, lo que trata de buscar la continuidad de funcionamiento de los sistemas y evitar el desabastecimiento de agua de la finca.

Además, se tiene en cuenta el impacto medioambiental que causará la obra, así como la disposición final de todos los elementos instalados.

Finalmente, se estudia el coste del proyecto, se analizan los resultados obtenidos y se proponen trabajos futuros que ampliarán y modernizarán la instalación.

Capítulo 5. SISTEMA DE BOMBEO Y RED

HIDRÁULICA

La finca está dotada de 3 pozos excavados en el año 1992 y 3 sistemas de almacenaje de agua, dos depósitos de 50.000 litros cada uno y una balsa de 30.000 m³. En la Figura 2 se muestra el mapa con la situación de los elementos disponibles y las respectivas cotas y distancias, siendo las máximas de 41 metros y 660 metros, respectivamente.



Figura 2. Distancias y cotas

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se necesita una red de tuberías enterradas para transportar el agua. En la Figura 3 se detalla el sistema de 3 circuitos hidráulicos independientes.

5.1 RED HIDRÁULICA

Satisfaciendo la simplicidad y facilidad de mantenimiento, se diseñan con el programa informático EPANET 3 circuitos hidráulicos independientes para cada uno de los pozos, mostrados en la Figura 3.

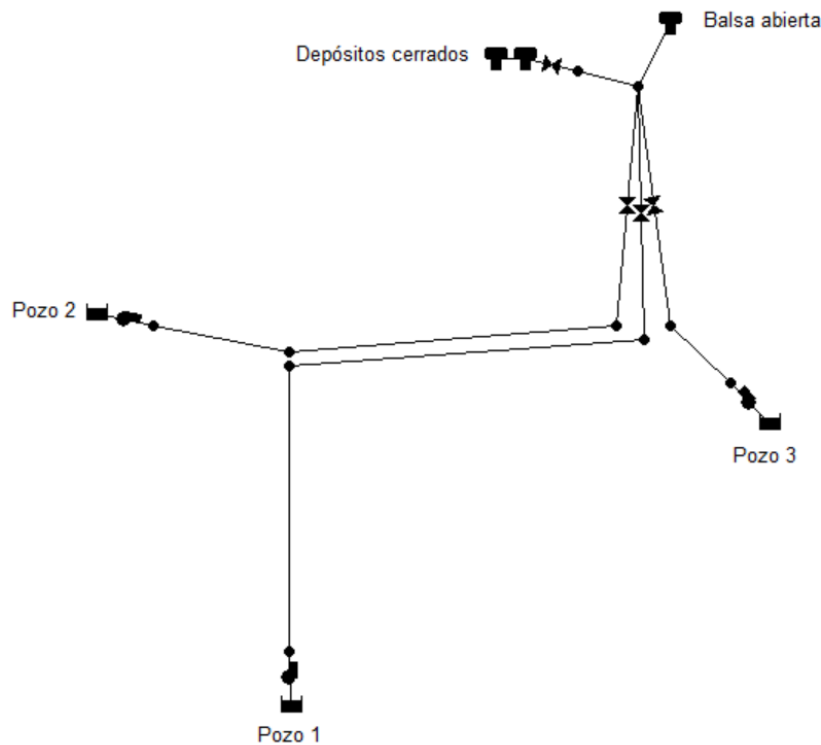


Figura 3. Red hidráulica

Fuente: elaboración propia

Se escoge como material el PVC debido a su revestimiento extremadamente liso, el cual facilita el movimiento del agua por su interior y un buen empalme entre tuberías y codos, evitando fugas. Por otro lado, se evita completamente la corrosión en toda su vida útil, algo

que hubiera que haber afrontado en tuberías de hierro o acero. Finalmente, el PVC tiene un precio por metro menor que cualquier otro material con las mismas propiedades.

Se toma como rugosidad $\varepsilon = 0,005$. Este valor está mayorado con respecto al especificado en la hoja de características técnicas del PVC (ANEXO I: Red hidráulica), debido al incremento de su rugosidad con el paso del tiempo y las posibles impurezas que se puedan adherir al interior de las tuberías.

Se requiere un valor de la velocidad del agua entre 2m/s y 2,5m/s, con el fin de encontrar un equilibrio adecuado entre pérdidas de carga y sección de la tubería. Además, se garantiza así una fluidez y presión adecuadas en el interior de las tuberías.

El motivo de esto se basa en que a mayor velocidad del agua se tienen más pérdidas en el circuito, por lo que haría falta mayor potencia de bombeo. Sin embargo, se necesitaría menor sección de tubería y por lo tanto una menor inversión. Por otro lado, si se busca minimizar las pérdidas, se propondrá menor velocidad, pero se necesitará una mayor sección de tubería y una mayor inversión.

Los diámetros hallados para mantener esa velocidad estaban en torno a los 35-45 mm. Es por esto por lo que se impone un diámetro de 40mm, con el fin de cumplir el objetivo de uniformidad, verificando seguidamente que se cumple la condición de velocidad mínima/máxima en los tres circuitos.

Por otro lado, las tuberías irán enterradas, cubiertas por una capa de arena con el fin de evitar picaduras por piedras al sepultar las zanjas. Éstas se instalarán a una profundidad de 40 cm, para evitar el alcance de las vertederas agrícolas, las cuales trabajan en torno a los 25 – 28 cm por debajo del nivel del suelo. Como medida adicional de seguridad, todas las tuberías discurrirán por las lindes de los caminos, zonas donde no deberían llegar los trabajos agrícolas.

A continuación, se detallan los cálculos de las pérdidas producidas en cada circuito.

- **CIRCUITO 1**

$$\text{Longitud} = 358 + 141 + 22,6 + 138 = 659,6 \text{ m} \approx 660\text{m}$$

Ecuación 1. Longitud del circuito 1

$$\text{Caudal } Q = 12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Diámetro } DN = 40\text{mm}$$

$$\rightarrow A = \pi * r^2 = \pi * 0,02^2 = 0,00125\text{m}^2 \rightarrow Q = A * v \rightarrow v = 2,67 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{OK } \checkmark$$

Ecuación 2. Velocidad del circuito 1

$$\text{Pérdidas} \rightarrow h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0,005 * \frac{660}{0,04} * \frac{2,67^2}{2 * 9,81} = 29,98\text{m}$$

Ecuación 3. Pérdidas del circuito 1

$$\text{Altura final para el circuito 1: } H = 41 + 29,98 = 70,98\text{m}$$

Ecuación 4. Altura final del circuito 1

- **CIRCUITO 2**

$$\text{Longitud} = 37,4 + 141 + 22,6 + 138 = 339 \text{ m}$$

Ecuación 5. Longitud del circuito 2

$$\text{Caudal } Q = 5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Diámetro } DN = 40\text{mm}$$

$$\rightarrow A = \pi * r^2 = \pi * 0,02^2 = 0,00125\text{m}^2 \rightarrow Q = A * v \rightarrow v = 1,11 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{OK } \checkmark$$

Ecuación 6. Velocidad del circuito 2

$$\text{Pérdidas} \rightarrow h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0,005 * \frac{339}{0,04} * \frac{1,11^2}{2 * 9,81} = 2,66m$$

Ecuación 7. Pérdidas del circuito 2

$$\text{Altura final para el circuito 1: } H = 33 + 2,66 = 35,66 m$$

Ecuación 8. Altura final del circuito 2

- **CIRCUITO 3**

$$\text{Longitud} = 138 + 22,6 + 94,4 = 255 m$$

Ecuación 9. Longitud del circuito 3

$$\text{Caudal } Q = 9 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Diámetro } DN = 40mm$$

$$\rightarrow A = \pi * r^2 = \pi * 0,02^2 = 0,00125m^2 \rightarrow Q = A * v \rightarrow v = 2 \frac{m}{s} \quad OK \checkmark$$

Ecuación 10. Velocidad del circuito 3

$$\text{Pérdidas} \rightarrow h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0,005 * \frac{255}{0,04} * \frac{2^2}{2 * 9,81} = 6,5 m$$

Ecuación 11. Pérdidas del circuito 3

$$\text{Altura final para el circuito 1: } H = 34,2 + 6,5 = 40,7m$$

Ecuación 12. Altura final del circuito 3

5.2 SISTEMA DE BOMBEO

Cada uno de los pozos dispone de caudales, cotas y profundidades distintos, por lo que se estudia cada uno de ellos por separado. Se dispone de los siguientes datos de cada uno, aportados por los dueños de la finca (datos tomados en el momento de su excavación, año 1992), recogidos en la Tabla 1.

Pozo	Denominación	Profundidad (m)	Caudal (m ³ /h)	Profundidad a la que se mantiene el caudal (m)
1	Fresneda	100	12	23
2	Conejos	60	5	35
3	Huertos	28	9	20

Tabla 1. Datos de los pozos

Fuente: archivo de la finca, 1992

Se estima un caudal de agua de 115 m³/día necesario para llenar los depósitos cerrados y la balsa abierta, el cual se satisface con la oferta de pozos y una media de 5,1 horas de sol incidente diarias, como se define en el Parte I Capítulo 6. Alimentación solar fotovoltaica.

A continuación, se diseñan y eligen las bombas necesarias para extraer el caudal disponible con la herramienta ABSEL que proporciona la empresa Sulzer, ideal para realizar selecciones hidráulicas. En ella se detallan numerosos datos de cada una de las bombas disponibles, como rendimientos, potencias consumidas o la potencia del motor accionador, entre otros. Adicionalmente, se representan las curvas Caudal/Altura de cada una de ellas.

Para el diseño de las bombas se incluyen las pérdidas calculadas en 5.1 Red hidráulica. Los precios detallados a continuación han sido tomados a fecha 16 de enero de 2023.

- **POZO 1 (FRESNEDA)**

Para un caudal $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura total de 94 m (cota: 41m, nivel del agua: -23m, pérdidas 29,98m) y atendiendo al rendimiento y uso de su motor, se escogen las bombas detalladas en la Tabla 2, ofrecidas por el programa.

Nombre	Velocidad (rpm)	Rendimiento (%)	P2 (kW)	Pot. Motor (kW)	Uso (%)	Precio (€)
<i>Circuito 1</i>						
VMS 10	2915	66,36	4,76	5,5	86,55%	7820
VMS 15	2915	64,01	4,578	7,5	61,04%	9320

Tabla 2. Selección de bombas disponibles para el pozo 1.

Fuente: Sulzer, 2023

En la Figura 4 y Figura 5 se muestra la interfaz de la herramienta, donde se muestran los datos y las curvas de las bombas.

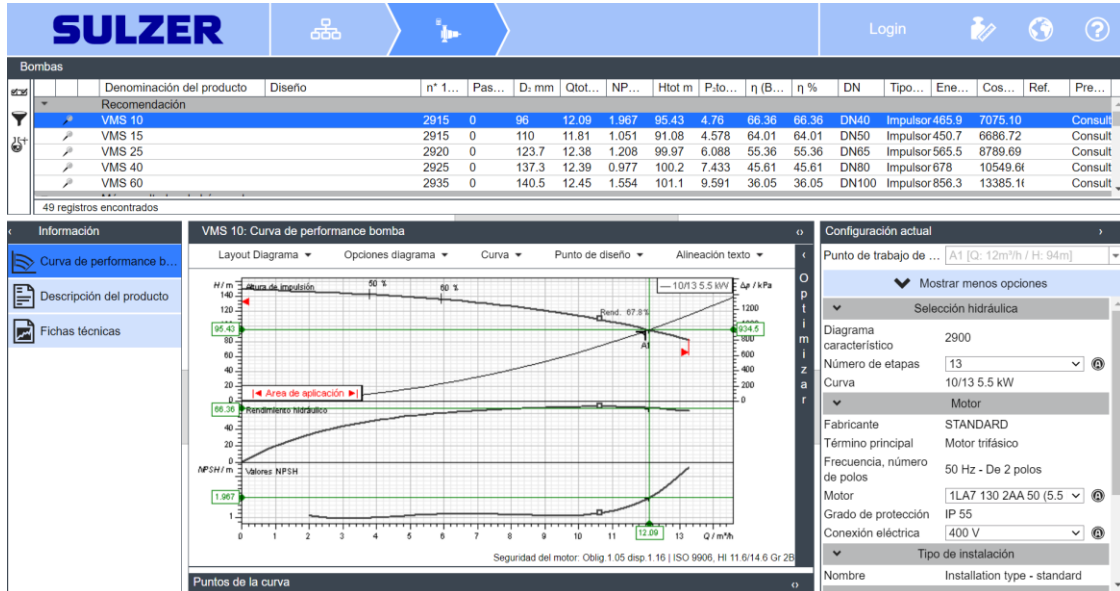


Figura 4. Datos bomba VMS 10

Fuente: Sulzer, 2023

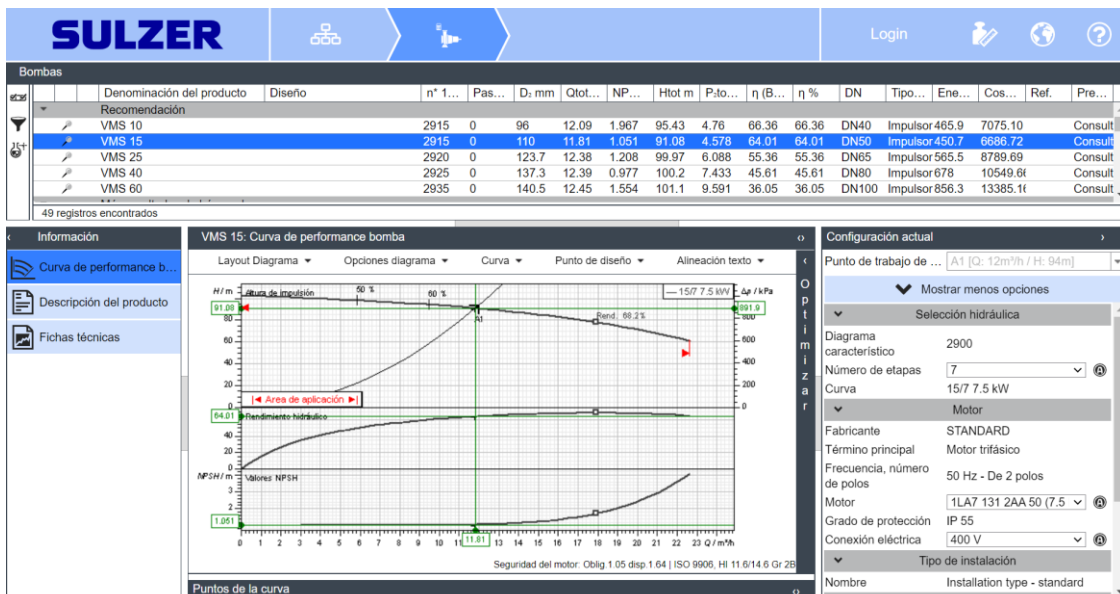


Figura 5. Datos de la bomba VMS 15

Fuente: Sulzer, 2023

- **POZO 2 (CONEJOS)**

Para un caudal $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura total de $70,7 \text{ m}$ (cota: 33m , nivel del agua: -35m , pérdidas $2,66\text{m}$) y atendiendo al rendimiento y uso de su motor, se escogen las bombas detalladas en la Tabla 3, ofrecidas por el programa.

Nombre	Velocidad (rpm)	Rendimiento (%)	P2 (kW)	Pot. Motor (kW)	Uso (%)	Precio (€)
<i>Circuito 2</i>						
VMS 6	2850	64,93	1,44	2,2	65,45%	5340
VMS 10	2895	58,13	1,749	3	58,30%	5860
VMS 15	2915	46,09	2,093	5,5	38,05%	7820
VMS 4	2850	58	1,872	2,2	85,09%	4500

Tabla 3. Selección de bombas disponibles para el pozo 2.

Fuente: Sulzer, 2023

Se detallan los datos de cada una de las bombas ofrecidos por la interfaz de *ABSEL* en el ANEXO II.

- **POZO 3 (HUERTOS)**

Para un caudal $Q = 9 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura total de $60,7 \text{ m}$ (cota: $34,2\text{m}$, nivel del agua: -20m , pérdidas $6,5\text{m}$) y atendiendo al rendimiento y uso de su motor, se escogen las bombas detalladas en la Tabla 4, ofrecidas por el programa.

Nombre	Velocidad (rpm)	Rendimiento (%)	P2 (kW)	Pot. Motor (kW)	Uso (%)	Precio (€)
<i>Circuito 3</i>						
VMS 10	2895	66,59	2,317	3	77,23%	5860
VMS 40	1455	59,51	2,38	5,5	43,27%	11300
VMS 6	2895	57,82	2,442	3	81,40%	5640
VMS 15	2915	59,24	2,931	5,5	53,29%	7820

Tabla 4. Selección de bombas disponibles para el pozo 3.

Fuente: Sulzer, 2023

Se detallan los datos de cada una de las bombas ofrecidos por la interfaz de *ABSEL* en el ANEXO II.

- **SELECCIÓN FINAL**

Atendiendo a los objetivos del proyecto, eficiencia y uniformidad, se escoge la misma bomba para los tres circuitos (VMS 10). En la Tabla 5 se recoge la potencia consumida por éstas, así como su precio.

Circuito	Eleccion final	P2 (kW)	Precio
1	VMS 10	4,760	7.820,00 €
2	VMS 10	1,749	5.860,00 €
3	VMS 10	2,317	5.860,00 €
TOTAL		8,826	19.540,00 €

Tabla 5. Selección final

Fuente: Sulzer, 2023

Se trata de una bomba multietapa vertical, apta para bombeo de agua potable gracias a su base de acero inoxidable, con certificaciones WRAS, ACS y NSF. Por otro lado, incorpora un motor eléctrico que no requiere ningún tipo de mantenimiento.

Se detalla la hoja de características, así como la explicación de las certificaciones en el ANEXO II.

Además del coste de compra de las bombas, se debe realizar un mantenimiento periódico con costes adicionales. Este mantenimiento lo podrá realizar personal no cualificado.

- Diario: revisar temperaturas de los cojinetes y vibraciones. Se deberá verificar que los sellos mecánicos no tienen excesivas fugas (fuga normal de 40 – 60 gotas por minuto).
- Mensual: Verificar los soportes de los cojinetes y limpiar la suciedad.
- Semestral: Verificar el anclaje de la bomba.
- Anual: Revisar el rendimiento de la bomba verificando su caudal y las vibraciones producidas.

Sin embargo, al ser una instalación privada, los propietarios pueden sustituir los mantenimientos periódicos por una revisión anual donde se compruebe todo lo mencionado. Se recomienda un mantenimiento realizado por dos operarios durante 4 horas.

Debido a la fiabilidad de la instalación y la diferencia de potencias, se utilizarán tres inversores, uno para cada bomba. Por ello, el parque solar estará dividido en tres secciones que suministrarán energía individual a cada inversor. Esto se estudia y diseña en el Capítulo 7.

5.3 ALMACENAJE

El agua extraída de los pozos se almacena en 3 sistemas distintos. Primeramente, se llenarán dos depósitos (comunicados en su parte baja) de acero inoxidable de 50.000 litros cada uno, ya disponibles en la propia finca, los cuales disponen de certificados para consumo humano. Este agua se destinará a las naves y a las casas de la finca. Por otro lado, una vez se llenen estos dos depósitos, el agua pasará a llenar una balsa abierta de 30.000 m³, desde donde se llevará el agua a los distintos sistemas de riego de la parte baja de la finca, sin necesidad de instalar sistemas de bombeo debido a la diferencia de cotas disponible.

El desvío de agua a la balsa se llevará a cabo una vez se llenen los depósitos, mediante una boya que cerrará el paso de agua al alcanzar un nivel determinado (Figura 6). La llegada de agua será común para los tres pozos, donde se instalarán válvulas antirretorno (Figura 7) para evitar el retorno de agua en caso de que alguna de las bombas dé menor presión.



Figura 6. Sistema de grifo con boya

Fuente: Leroy Merlín, 2023.



Figura 7. Válvula antirretorno

Fuente: Leroy Merlín, 2023.

La salida de los depósitos y de la balsa estarán en paralelo mediante una desviación en “Y”, estando esta última 2 metros por encima. Con esta diferencia de cotas, mientras la boya no cierre el grifo de los depósitos, todo el agua se desviará hacia éstos. Una vez estén

los depósitos llenos, la única salida de agua será la de la balsa. Se detalla este circuito en el ANEXO I: Red hidráulica.

Capítulo 6. ALIMENTACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Dado que se dispone de una balsa abierta de 30.000 m³, y con el fin de evitar una evaporación del agua almacenada importante, se diseña un sistema de placas solares fotovoltaicas flotantes. La superficie disponible es de 7.445 m², tal y como se muestra en la Figura 8, obtenida con el Software Google Earth.

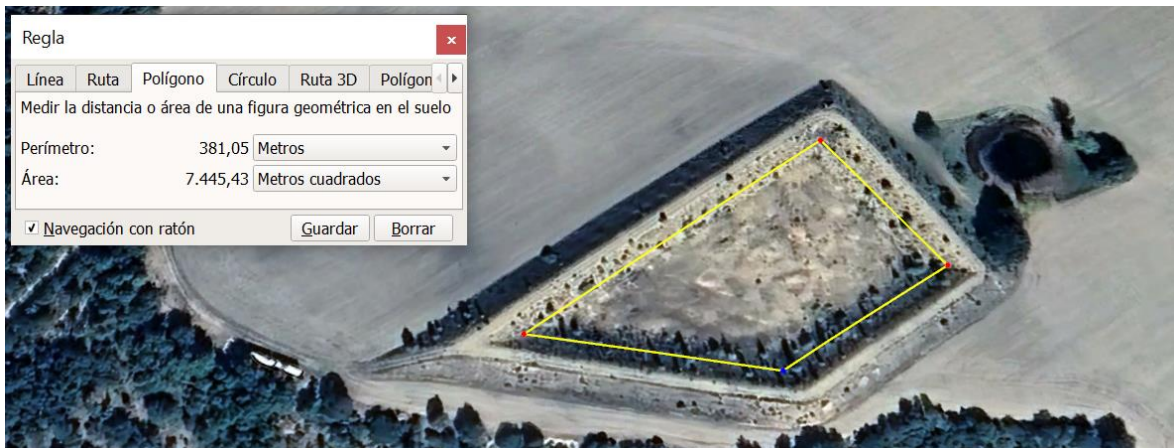


Figura 8. Área de la superficie de la balsa

Fuente: Google Earth, 2023

La potencia necesaria para bombear el agua disponible es de 8,826 kW, calculada en □ Selección final. Debido a la larga distancia del transporte de la electricidad, se toma un 20% de margen para evitar las pérdidas que se puedan tener. Por esto el valor necesario de potencia para alimentar las bombas será de 12 kW.

Se presupuesta esta potencia con la empresa *Poweren España*, con base en Madrid, para la cual únicamente es necesaria la mitad de la superficie disponible. Así, se estudia la posibilidad de cubrir toda la superficie y verter a la red la energía sobrante, que se propone como un trabajo futuro.

Con la superficie disponible y una inclinación de 10°, se podrán instalar 40 paneles solares, los cuales darán una potencia pico de 21,6 kWp. La información se detalla en la Figura 9.

Datos de tu instalación



FOTOVOLTAICA

40 Paneles



POTENCIA A INSTALAR

21,60 kWp

Figura 9. Instalación ofrecida por Powen España

Fuente: Powen España, 2023

Se instalarán paneles suministrados por JA Solar de 540 W Monocristalinos PERC de 144 células (JAM72S30-540/MR) como se muestra en la Figura 10, con un precio de 200,90€ la unidad.

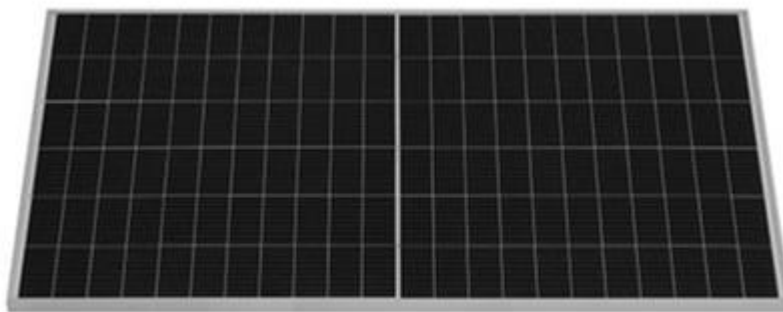


Figura 10. Panel JA Solar 540W.

Fuente: elalmacenfotovoltaiico.com, 2023

Estos paneles solares se instalarán sobre unos flotadores como los de la Figura 11. Éstos proporcionan un ángulo de 10° sobre la horizontal, lo cual aumentará la eficiencia al ser más directa la incidencia de los rayos de sol.

Por otro lado, estos flotadores se instalan por módulos de 8 paneles. Se necesitan 5 módulos, los cuales se unen entre sí formando una “cadena” que los mantiene unidos. Se elige un anclaje a las orillas de la balsa, que se unirán a la cadena de flotadores mediante unas cuerdas elásticas o muelles, para evitar que la variación del nivel del agua deje libres o colgantes estos flotadores. Otro sistema de anclaje sería mediante pilotes de hormigón, el cual se descarta por incompatibilidad con la impermeabilización de la balsa. Se muestra un esquema de estos anclajes en la Figura 12.

Se obtiene toda la información a través de la empresa internacional Mibet Energy, basada en China.

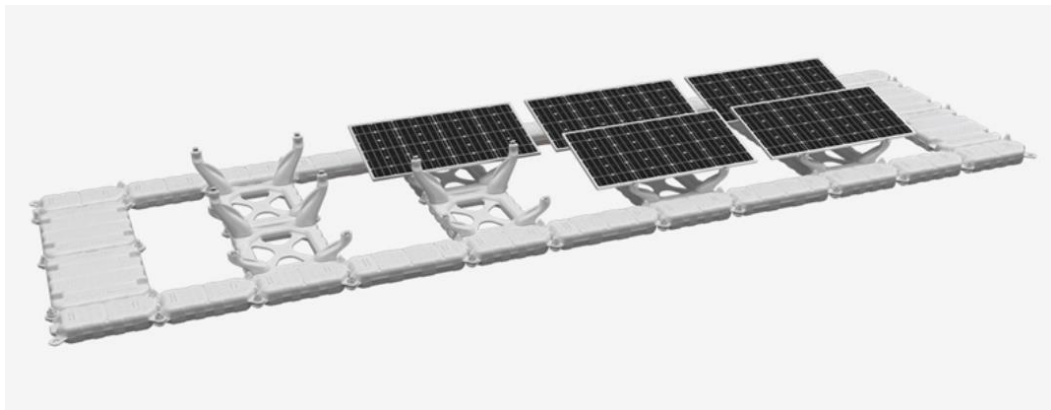


Figura 11. Flotadores de 10° .

Fuente: Mibet Energy, 2023

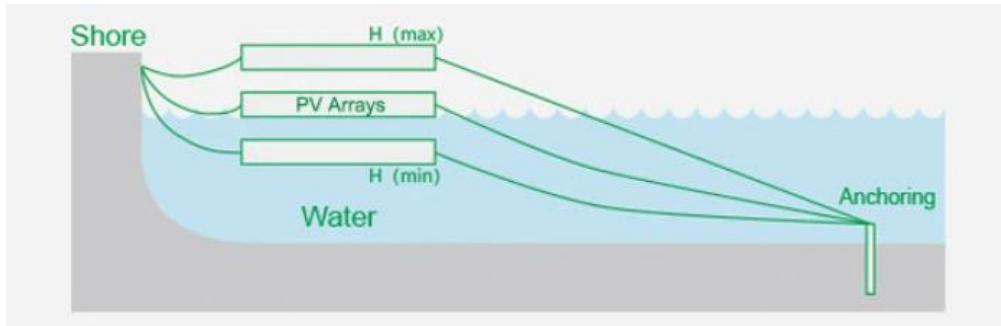


Figura 12. Anclaje de los flotadores

Fuente: Mibet Energy, 2023



Figura 13. Disposición final de los paneles flotantes.

Fuente: Mibet Energy, 2023

Se propone este tipo de montaje debido a las numerosas ventajas que ofrece. En primer lugar, no se pierde espacio de tierra productivo, ya que todos los alrededores del lugar del proyecto tienen un uso agrícola. Por otro lado, debido a la gran superficie de la balsa, se evita la evaporación masiva de este agua en un 80%, aspecto muy importante en los meses de intenso calor de la provincia, como son julio y agosto.

Se evita la luz solar directa al agua, favoreciendo que no se generen algas y manteniendo el agua limpia, lo cual evitará posibles obstrucciones de las tuberías aguas abajo.

Se tiene además un efecto refrigerador, lo cual aumenta la eficiencia de los paneles en un 10% y 12% en momentos de temperaturas extremas.

A través de los datos ofrecidos por *PVGIS* (Figura 14), se obtiene la radiación solar de la zona de la instalación durante los años 2018 a 2020, alcanzándose valores suficientemente altos para el buen funcionamiento de un parque solar.

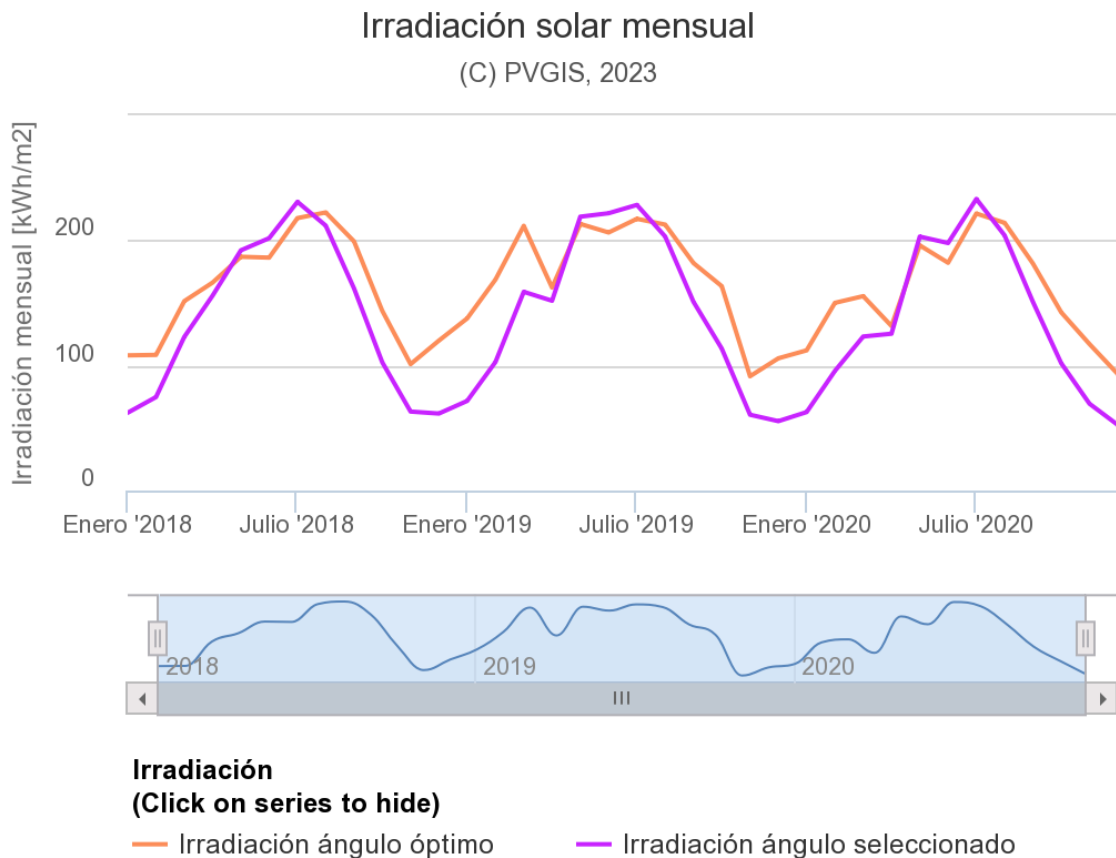
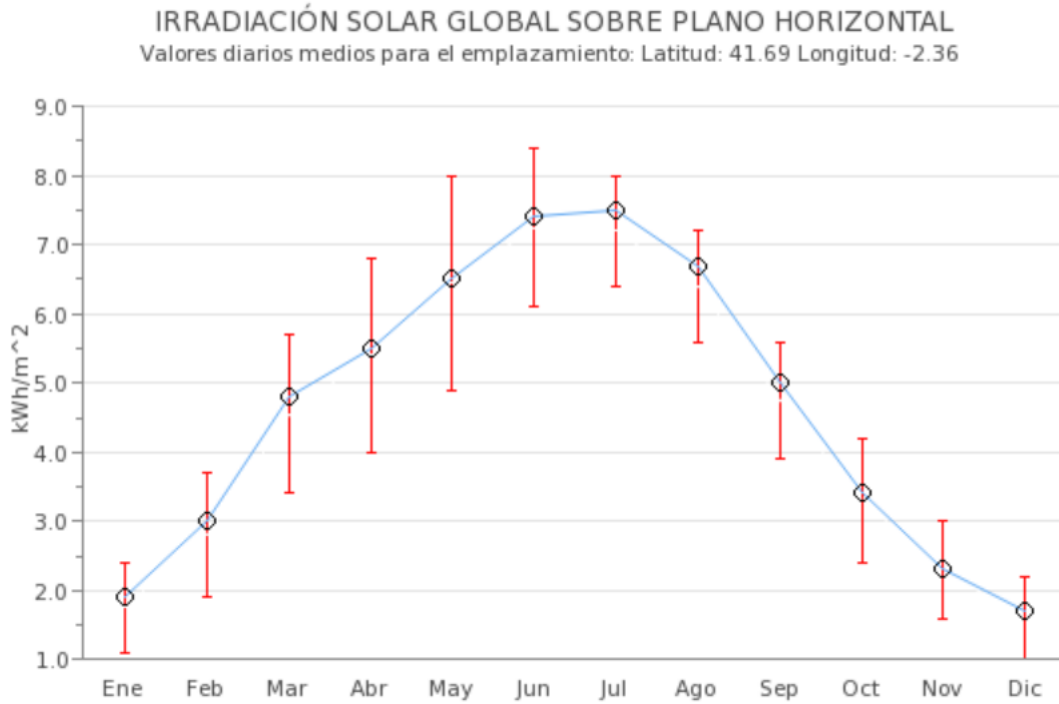


Figura 14. Radiación solar de los años 2018 a 2020

Fuente: *PVGIS*, 2023

Por otro lado, se obtienen los datos mensuales estimados y su variación de la radiación solar (Figura 15) en el lugar del proyecto mediante el sitio web público *ADRASE* ofrecido

por el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas).



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.4	3.7	5.7	6.8	8.0	8.4	8.0	7.2	5.6	4.2	3.0	2.2
Valor medio	1.9	3.0	4.8	5.5	6.5	7.4	7.5	6.7	5.0	3.4	2.3	1.7
Percentil 25	1.1	1.9	3.4	4.0	4.9	6.1	6.4	5.6	3.9	2.4	1.6	1.0

Figura 15. Radiación solar media y su variación

Fuente: ADRASE, 2023

Es importante destacar que, a mayor radiación solar en los paneles, mayor eficiencia de estos. Sin embargo, esto provoca elevadas temperaturas que disminuirá la producción de

energía eléctrica. Con los datos obtenidos se observa que la provincia de Soria tiene altos niveles de radiación solar y, además, no se tienen altos valores de temperatura ambiente, lo que hace un buen lugar para instalar un parque solar. Adicionalmente, al tratarse de una instalación fotovoltaica sobre una balsa de agua, se aumenta notablemente la refrigeración, lo que aumenta directamente la eficiencia de los paneles solares.

La empresa *Selectra* proporciona el número medio de horas de sol pico en la Península Ibérica, teniéndose en Soria 5,1 horas de sol pico al día. Se detalla la información en la Figura 16.

Soria	
Horas solares	2.894
HSP	5,1
Amortización del autoconsumo en Soria (años)	6 - 8

Figura 16. Número de horas de sol pico al día

Fuente: Selectra, 2023

Se obtiene información más detallada presentada en el ANEXO III: Alimentación solar.

Capítulo 7. AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE

En la finca no reside nadie de manera continua, por lo que se diseña un sistema de arranque automático cuando exista la cantidad de energía solar suficiente para bombear. Así mismo, el sistema se rearmará automáticamente en caso de parada inesperada o avería sin parada de emergencia.

Cada una de las tres bombas tendrá un inversor diferente, con el fin de evitar el fallo generalizado del sistema en caso de avería. Esto implica una división del parque solar en sectores, donde cada inversor reciba la electricidad de un grupo de placas únicamente.

7.1 PLACA “TESTER”

En primer lugar, se necesita detectar los momentos en los que las placas solares fotovoltaicas reciben la cantidad de luz solar mínima para arrancar las bombas. Por esto, se instala una placa “tester” (activador por luz o sensor marcha/paro) en las inmediaciones de parque solar, con el fin de detectar si hay sol incidente o no. Esta placa es un módulo solar de pequeñas dimensiones, el cual no tiene capacidad para generar electricidad, y simplemente la generación de una mínima corriente eléctrica mandará la orden a los inversores para arrancar las bombas. Se muestra un ejemplo de instalación en la Figura 17.



Figura 17. Placa tester

Fuente: ATERSA, 2023

7.2 INVERSORES

Por otro lado, cada una de las tres bombas tendrá un inversor diferente, con el fin de evitar el fallo generalizado del sistema en caso de avería. Cada bomba consume una potencia distinta, lo que implica necesidades individuales para cada inversor. En el apartado □, Selección final, se muestra la potencia consumida por cada bomba en sus puntos nominales de funcionamiento, dato necesario para dimensionar los inversores.

Por motivos de seguridad, se diseñan para soportar potencias mayores del 150% de su potencia máxima, con el fin de hacer frente a los picos de arranque.

A través de la empresa *ATERSA* se obtiene el catálogo de la marca *VICTRON*, donde se muestra la variedad de inversores de 48V según las potencias máximas permitidas.

En la Tabla 6 se muestran los inversores necesarios para cada una de las bombas, con sus respectivos precios a fecha 5 de abril de 2023.

Circuito	Bomba	P2 (kW)	Pot. Pico x1,5 (kW)	Inversor	Potencia inversor (kW)	Precio
1	VMS 10	4,76	7,14	Victron Quattro 48/8000/110-100/100	8,00	3.381,50 €
2	VMS 10	1,75	2,62	Victron Multiplus 48/3000/35-16	3,00	1.508,95 €
3	VMS 10	2,32	3,48	Victron Multiplus 48/5000/70-100	5,00	2.241,72 €

Tabla 6. Selección de inversores y precios

Fuente: ATERSA, 2023

Se dispone de las referencias de compra en el ANEXO III: Alimentación solar.

7.3 VIDA ÚTIL

Se menciona que no necesitan mantenimiento durante su vida útil, que será de 8 a 10 años. Sin embargo, la propia marca recomienda hacer un seguimiento de los inversores para detectar posibles fallas y conseguir la durabilidad mencionada. Para ello, existen diferentes acciones a realizar según el tiempo de uso:

- Mensual: lectura de los datos archivados y memoria de fallos.
- Semestral: limpieza de filtro de entrada de aire, limpieza de las rejillas protectoras de las entradas y salidas de aire.
- Anual: comprobar el sellado de las carcasas, limpieza de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua. Revisar las conexiones eléctricas, fusibles e interruptores.

7.4 TIPOS DE AVERÍAS

Comúnmente estos inversores dejarán de funcionar cuando dejen de recibir la energía producida por los paneles, ya sea porque se haga de noche, o por nubosidad momentánea.

La placa “tester” será la encargada de mandar la orden a los inversores para reanudar el sistema una vez vuelva a incidir la radiación solar necesaria.

Por otro lado, estos inversores cuentan con una interfaz vía bluetooth o USB a un ordenador donde se muestran todos los fallos que se puedan tener, permitiendo a personal no cualificado realizar cualquier mantenimiento o reparación sencilla. En caso de existir una avería compleja, se cuenta con una garantía de 2 años y servicio técnico proporcionado por *ATERSA*.

Capítulo 8. MANTENIMIENTO

Una vez completado el montaje del proyecto, se deberá realizar un mantenimiento periódico de los distintos elementos de la instalación. Se atiende a tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo.

El mantenimiento correctivo se realiza cuando existe una avería en un equipo y existe la necesidad de repararlo.

El preventivo se lleva a cabo para evitar el mantenimiento correctivo, previniendo averías que paralicen la instalación. Engloban revisiones periódicas, inspecciones, limpieza y lubricación.

Por último, el mantenimiento predictivo prevé el momento de producirse una avería, basándose en las condiciones físicas y operativas de los elementos, como pueden ser vibraciones, sonidos o temperaturas.

8.1 MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS

Las bombas requieren un mantenimiento periódico que podrá realizar personal no cualificado.

- **Diario:** revisar temperaturas de los cojinetes y vibraciones. Se deberá verificar que los sellos mecánicos no tienen excesivas fugas (fuga normal de 40 – 60 gotas por minuto).
- **Mensual:** Verificar los soportes de los cojinetes y limpiar la suciedad.
- **Semestral:** Verificar el anclaje de la bomba.
- **Anual:** Revisar el rendimiento de la bomba verificando su caudal y las vibraciones producidas.

Sin embargo, al ser una instalación privada, los propietarios pueden sustituir los mantenimientos periódicos por una revisión anual donde se compruebe todo lo mencionado. Se recomienda un mantenimiento realizado por dos operarios durante 4 horas.

8.2 *MANTENIMIENTO DE LA RED HIDRÁULICA*

La red de tuberías, al estar enterrada, únicamente dispondrá de mantenimiento correctivo, en el caso de detectarse cualquier fuga en sus acoples.

Por otro lado, los sistemas de cierre (boya-flotador del depósito) o las válvulas antirretorno deben revisarse anualmente, con el fin de verificar el buen cierre y su limpieza.

Este mantenimiento puede ser gestionado por personal no cualificado también.

8.3 *MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAJE*

Los dos sistemas de almacenaje necesitan revisiones periódicas.

- Balsa abierta: será necesario verificar su impermeabilidad, detectando fugas por las paredes de la misma o por el subsuelo, controlando los niveles de agua en momentos en los que no se extraiga agua.
- Depósitos cerrados: se ha de revisar la estanqueidad de estos, así como la limpieza interior. Se recomienda limpiarlos una vez al año utilizando los métodos establecidos por el *Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero*. Se especifican tres fases:
 - Vaciado: eliminación de partículas sedimentadas mediante hidrolimpiadora o aspiradora de líquidos.
 - Limpieza y desinfección: utilizar detergentes homologados por el Ministerio de Sanidad. Se lavará con agua a presión y cepillo duro, utilizando desinfectantes como el hipoclorito sódico.
 - Llenado con el agua nueva

Adicionalmente, se recomienda realizar una analítica del agua a los 15 días con motivo de conocer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Con ello se quiere combatir la aparición de la bacteria Legionella.

8.4 MANTENIMIENTO DE LA FUENTE DE ENERGÍA

En este apartado precisan de mantenimiento dos sistemas, las placas solares fotovoltaicas y los inversores.

- Paneles solares: tendrán una vida útil de 20-25 años, aunque precisan de mantenimientos rutinarios como la limpieza superior de suciedad y polvo, con el fin de obtener el máximo rendimiento.

Por otro lado, los paneles pueden sufrir daños por los que será necesario su reparación o sustitución. Por ejemplo, microrroturas, hotspots, filtraciones o deslaminado son algunos de los principales daños que pueden presentar las placas.

- Inversores: Se menciona que no necesitan mantenimiento durante su vida útil, que será de 8 a 10 años. Sin embargo, la propia marca recomienda hacer un seguimiento de los inversores para detectar posibles fallas y conseguir la durabilidad mencionada. Para ello, existen diferentes acciones a realizar según el tiempo de uso:

- Mensual: lectura de los datos archivados y memoria de fallos.
- Semestral: limpieza de filtro de entrada de aire, limpieza de las rejillas protectoras de las entradas y salidas de aire.
- Anual: comprobar el sellado de las carcasas, limpieza de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua. Revisar las conexiones eléctricas, fusibles e interruptores.

Capítulo 9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Se trata el impacto medioambiental durante la construcción del proyecto y una vez finalizado el mismo.

9.1 DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Durante la construcción del proyecto, se realizarán obras que pueden causar un pequeño impacto en el ecosistema de la zona.

Por un lado, se excavarán zanjas que cambiarán el paisaje. Sin embargo, estarán en las lindes de los caminos, lo que no supondrá un gran impacto. Además, se tratará de realizar con la mayor rapidez posible con el fin de evitar accidentes humanos y la caída de algún pequeño animal que pueda quedar atrapado en ellas. Se estima una duración de las zanjas abiertas de 2 semanas. El proceso de construcción de una zanja será como el de la Figura 18.



Figura 18. Zanja.

Fuente: 123RF

Por otro lado, habrá un tránsito continuado de vehículos por la zona, necesario para el personal de la obra y la obtención del material, como pueden ser los paneles solares o las tuberías de la red hidráulica.

9.2 FINALIZADA LA CONSTRUCCIÓN

Una vez se finalice la obra, todo quedará como estaba anteriormente, notándose apenas el cambio en el paisaje.

Las zanjas se tapanán, siendo imperceptible el material enterrado. Se podrán pisar con normalidad sin riesgo a producir averías.

Los pozos quedarán cerrados para evitar posibles daños.

Sin embargo, la balsa abierta sí tendrá un pequeño impacto medioambiental. Estará llena de agua y cubierta con un plástico muy deslizante, facilitando la caída de personas y animales a su interior. Por ello, se vallará su perímetro con una valla de simple torsión y 1,5 metros de altura. Se realizará un vallado como el de la Figura 19, empleando dados de hormigón como sistema de sujeción.



Figura 19. Balsa vallada

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2023

Por otro lado, la disposición de los paneles solares no tendrá ningún impacto medioambiental. Para generar electricidad no se realiza ningún proceso químico que contamine el ambiente. Además, al ser un parque flotante, no afectarán a la flora ni a la fauna de la zona. Sin embargo, sí es cierto que causarán un pequeño impacto visual al disponerse todas juntas sobre flotadores.

Finalmente, es necesario considerar también la retirada de los embalajes de los elementos instalados, como el cartón o los plásticos, que no pueden desecharse en cualquier lugar. Se deben llevar a las zonas de reciclaje oportunas, así como avisar a las autoridades medioambientales de la presencia de esas basuras durante el periodo de montaje de la instalación.

Capítulo 10. COSTE DEL PROYECTO

Se estudia el Coste de Ciclo de Vida (LCC) de cada elemento de la instalación, el cual constituye el coste total de su vida, incluyendo la compra, instalación, funcionamiento, mantenimiento, retirada, etc., de cada uno de los equipos (Sanz, 2003).

Viene definido por:

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 13. Life Cycle Costs

- C_{ic} : Coste inicial
- C_{in} : Coste de instalación y puesta en marcha
- C_e : Coste energético
- C_o : Coste de operación
- C_m : Coste de mantenimiento
- C_s : Coste por tiempo de avería
- C_{amb} : Costes medioambientales
- C_d : Coste de retirada

Se añadirán o suprimirán parámetros en función del elemento al que correspondan.

A continuación, se aplica el criterio LCC a cada elemento, sumándose todos estos costes para obtener el precio total del proyecto.

10.1 BOMBAS

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 14. Life Cycle Costs para las bombas

- $C_{ic} = 19.540\text{€}$

Circuito	Eleccion final	P2 (kW)	Precio
1	VMS 10	4,760	7.820,00 €
2	VMS 10	1,749	5.860,00 €
3	VMS 10	2,317	5.860,00 €
TOTAL		8,826	19.540,00 €

Tabla 7. Selección de bombas

Fuente: Sulzer, 2023

- $C_{in} = 3 \text{ bombas} * 350 \frac{\text{€}}{\text{bomba}} = 1.050\text{€}$
- $C_m = 3 \text{ bombas} * 4 \frac{\text{h}}{\text{bomba}} * \frac{35\text{€}}{\text{h operario}} * 2 \text{ operarios} = 840\text{€/año}$

Se sigue la indicación de mantenimiento anual.

- $C_s = 0\text{€}$
- $C_{amb} = 50\text{€}$

Se considera únicamente la retirada de los embalajes

- $C_d = 3 \text{ bombas} * 350 \frac{\text{€}}{\text{bomba}} = 1.050\text{€}$

Estimándose una vida útil de 20 años, se tiene un $LCC = 38.490\text{€}$

10.2 RED HIDRÁULICA

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 15. Life Cycle Costs para la red hidráulica

- $C_{ic} = 3.192,02€$

	Longitud (m)	€/m	Codos	€/codo	Precio total
Circuito 1	660	2,49	4	0,2	1.644,20 €
Circuito 2	339	2,49	4	0,2	844,91 €
Circuito 3	255	2,49	3	0,2	635,55 €
Boya					13,89 €
Desvío en Y					4,00 €
Valvs. Antirretorno (3)					49,47 €
				TOTAL	3.192,02 €

Tabla 8. Precios adquisición de elementos Red Hidráulica

Fuente: elaboración propia

- $C_{in} = 48 \text{ horas} * 40 \frac{€}{\text{horas}} = 1.920€$

Se estima el tiempo de obra en 6 días completos

- $C_m = 0€$

No se considera mantenimiento hasta la detección de una falla.

- $C_s = 0€$

- $C_{amb} = 100€$

Se considera únicamente la retirada de los embalajes

- $C_d = 0€$

No se considera retirada de los elementos en ningún momento, a petición de los dueños.

Se tiene un $LCC = 5.212,02€$

10.3 Balsa

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 16. Life Cycle Costs para la balsa

- $C_{ic} + C_{in} = 162.085,82€$

	€/m2	Superficie	Coste
Recubrimiento	8,39	9656,5	81.018,04 €
Mano obra	7,35	9656,5	70.975,28 €
TOTAL			151.993,31 €

Tabla 9. Coste impermeabilización de la balsa

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2023

Se utiliza geomembrana homogénea de PVC plastificado de 1,2 mm de espesor para el recubrimiento con base de geotextil no tejido a base de polipropileno.

	€/m	Longitud	Coste
Vallado	16,85	444,8	7.494,88 €
Mano obra	5,84	444,8	2.597,63 €
TOTAL			10.092,51 €

Tabla 10. Coste vallado de la balsa

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2023

Se utiliza valla de simple torsión de 1,5 metros de altura con acabado galvanizado, de paso de malla 8mm y 1,1mm de diámetro. Postes de acero galvanizado empotrados en dados de hormigón.

Se detalla en el ANEXO IV: Precios el desglose de los costes.

- $C_m = 1000€$

Se considera una limpieza del fondo cada 10 años

- $C_s = 0€$

- $C_{amb} = 1000€$

Se considera únicamente la retirada de los embalajes

- $C_d = 0€$

No se considera retirada de los elementos en ningún momento, a petición de los dueños.

Se tiene un $LCC = 164.085,82€$

10.4 ALIMENTACIÓN

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 17. Life Cycle Costs para la fuente de alimentación

- $C_{ic} = 17.641,21\text{€}$

	Cantidad	€/ud	COSTE
PANELES	40	200,9	8.036,00 €
FLOTADORES	5	304	1.520,00 €
INVERSORES	-	-	7.132,17 €
CABLEADO	1254	0,76	953,04 €
		TOTAL	17.641,21 €

Tabla 11. Coste de elementos de alimentación

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2023

La empresa *Mibet Energy* proporciona el valor de los módulos de flotadores.

La selección de los inversores, así como sus precios, se detallan en 7.2 Inversores.

Se toman como distancias del cableado las mismas que la red hidráulica. Sección de 6mm^2 con aislamiento XLPE.

- $C_{in} = 1.411,18\text{€}$

INSTALACIÓN	€/ud	Cantidad	COSTE
PANELES	10,58	40	423,20 €
FLOTADORES	10,58	40	423,20 €
INVERSORES	12,7	3	38,10 €
CABLEADO	0,42	1254	526,68 €
		TOTAL	1.411,18 €

Tabla 12. Coste de instalación de elementos de alimentación

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2023

- $C_m = 20h * \frac{40\text{€}}{h \text{ operario}} = 800\text{€/año}$

Se considera el mantenimiento de los inversores y limpieza de paneles solares.

- $C_s = 0\text{€}$

- $C_{amb} = 1000\text{€}$
Se considera únicamente la retirada de los embalajes
- $C_d = 0\text{€}$

Estimándose una vida útil de 20 años, se tiene un $LCC = 36.052,39\text{€}$

10.5 COSTE TOTAL

La suma de los costes de los apartados previos asciende al valor de **243.840,23€**

10.6 SUBVENCIONES

Las subvenciones están determinadas por comunidades autónomas y varían según la fecha en la que se vaya a llevar a cabo el proyecto. Lo comentado a continuación data a 7 de junio del año 2023.

A través de la Junta de Castilla y León se podrá acceder al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea para instalaciones de autoconsumo con o sin almacenamiento. Se podrá subvencionar la inversión en equipos y materiales, obra civil, equipamientos hidráulicos o electromecánicos o la redacción del proyecto con un máximo de 1.100€/kWp . Los costes subvencionables vienen indicados en el *Anexo I del RD 477/2021, de 29 de junio*, detallados en el ANEXO V: Subvenciones.

Capítulo 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proyecto persigue la obtención de agua de manera limpia y eficaz, a partir de unos pozos disponibles en la zona de los cuales es legal extraer agua. Sin embargo, los costes son elevados y será necesario analizar la rentabilidad del proyecto.

11.1 COSTE DE OPORTUNIDAD

En primer lugar, es necesario analizar el coste de oportunidad por la simplicidad y uniformidad del proyecto llevada a cabo por petición de los dueños. Concretamente, se utilizan las mismas bombas en cada pozo y cada una tiene un circuito independiente.

La selección de bombas concluye en el uso de la *VMS 10* atendiendo al precio, rendimiento y uniformidad, tal y como se detalla en el apartado 5.2, Sistema de bombeo. No obstante, si se prioriza la característica de precio se podrá minimizar este coste, aunque se aumentará la potencia consumida y por consiguiente se reduzca el rendimiento.

Por otro lado, el diseño de tres redes hidráulicas independientes aumenta el gasto en el material necesario. Se necesitarán menor longitud de tubería en total, aunque de mayor diámetro y por lo tanto más caras (se estima la necesidad de un diámetro 80 mm). Además, se debe añadir uniones y se necesitará una válvula antirretorno menos.

De la Tabla 13 y Tabla 14 se obtiene un ahorro total de 1405,77€ si no se tuviese en cuenta la petición de uniformidad y simplicidad realizada por los dueños de la instalación.

Circuito	Elección final	P2 (kW)	Precio	
1	VMS 10	4,76	7.820,00 €	
2	VMS 10	1,749	5.860,00 €	
3	VMS 10	2,317	5.860,00 €	
TOTAL		8,826	19.540,00 €	
Circuito	Alternativa	P2 (kW)	Precio	Ahorro
1	VMS 10	4,76	7.820,00 €	
2	VMS 6	1,44	5.340,00 €	
3	VMS 6	2,442	5.640,00 €	
TOTAL		8,642	18.800,00 €	740,00 €

Tabla 13. Coste de oportunidad de la uniformidad en las bombas

Fuente: elaboración propia

	Longitud (m)	€/m	Codos	€/codo	Precio total	
Circuito 1	660	2,49	4	0,2	1.644,20 €	
Circuito 2	339	2,49	4	0,2	844,91 €	
Circuito 3	255	2,49	3	0,2	635,55 €	
Boya					13,89 €	
Desvío en Y					4,00 €	
Valv. Antirretorno (3)					49,47 €	
TOTAL					3.192,02 €	
	Longitud (m)	€/m	Codos	€/codo	Precio total	Ahorro
Circuito	791,8	3,1	4	0,2	2.455,38 €	
Uniones (2)					20,00 €	
Boya					13,89 €	
Desvío en Y					4,00 €	
Valv. Antirretorno (2)					32,98 €	
TOTAL					2.526,25 €	665,77 €

Tabla 14. Coste de oportunidad de la separación de circuitos hidráulicos

Fuente: elaboración propia

11.2 PRODUCTIVIDAD DEL REGADÍO

La finca dispone de una zona de regadío de 110 hectáreas, la cual será abastecida en su totalidad con el agua almacenada en la balsa.

A continuación, se procede a evaluar los beneficios del regadío frente al cultivo de secano. En concreto se evalúa la producción de los cultivos habituales de la zona, el trigo duro y la cebada de invierno repartidos en un 60% y un 40% de la superficie respectivamente, en los dos escenarios. Se toman los precios del cereal a fecha de 8 de junio de 2023 ofrecida por almacenistas locales, así como producciones medias de la zona de la provincia. Se detallan los cálculos en la Tabla 15.

	Producción (Kg/ha)	Superficie (ha)	Precio (€/tn)	Costes (€/ha)	Gastos	Beneficios	Ingresos TOTALES
Trigo secano	2000	66	300	480	31.680,00 €	7.920,00 €	14.344,00 €
Cebada secano	2200	44	280	470	20.680,00 €	6.424,00 €	
Trigo regadío	5000	66	300	1020	67.320,00 €	31.680,00 €	64.240,00 €
Cebada regadío	5500	44	280	800	35.200,00 €	32.560,00 €	

Tabla 15. Productividad de los cultivos de secano y de regadío

Fuente: elaboración propia

Se observan mayores ingresos para el caso del regadío frente a los cultivos de secano. Para el ejemplo estudiado, se tiene una diferencia de 49.896,00€.

Los dueños señalan que serán capaces de aportar el 40% de sus ingresos totales obtenidos por los cultivos de regadío para costear el coste total de la instalación. Se calculó en el apartado 10.5, Coste total, un valor de 243.840,23€.

Con estos datos y con la aportación anual de 25.696,00€ para costear la inversión, la instalación podrá ser pagada en los próximos 9,5 años. Se detalla en la Tabla 16.

Inversión	Beneficios anuales	Aportación (%)	Aportación (€)	Duración (años)
243.840,23 €	64.240,00 €	40%	25.696,00 €	9,5

Tabla 16. Pago de la inversión

Fuente: elaboración propia

Capítulo 12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS

FUTUROS

El principal objetivo del proyecto es extraer el agua subterránea disponible y almacenarla para su posterior uso, tanto para el regadío de la finca como para el consumo humano en sus casas y naves. Para ello se disponía de 3 pozos ya excavados y 3 sistemas de almacenamiento de agua.

En primer lugar, conocidos los caudales disponibles y legales de agua, se diseñan las bombas y la red hidráulica necesaria. Se debe salvar una altura de 41 metros de altura además de las pérdidas ofrecidas por la instalación. Cada circuito es independiente, llegando cada uno de ellos a una salida común previa a los sistemas de almacenaje, donde en paralelo se disponen 2 depósitos cerrados y una balsa abierta (2 metros por encima). En todo momento se ha buscado la simplicidad y uniformidad de la instalación por petición de los dueños de la finca, con el fin de poder subsanar las averías ellos mismos sin necesidad de recurrir a especialistas. Sin embargo, esto ha podido aumentar el precio final del proyecto debido al aumento del uso de materiales, como las tuberías.

Seguidamente, se propone la alimentación exclusivamente solar fotovoltaica con el fin de no tener ningún gasto de consumo eléctrico. Adicionalmente, se es consciente de la evaporación del agua en la balsa abierta, por lo que se diseña un parque solar flotante, con lo que se conseguirá evitar parte de esta evaporación, así como aumentar el rendimiento de los paneles al ser refrigerados por la superficie del agua. Además, con este sistema no se sacrifica superficie agrícola productiva ni se tendrán posibles daños en los tejados de las edificaciones por el peso añadido de los paneles.

Siguiendo la instrucción de simplicidad y eficacia, el parque solar estará dividido en tres sectores que alimentarán de manera independiente a cada una de las tres bombas. Por

consecuente, se instala un inversor por cada bomba, equipado con rearme automático, lo que facilitará la continuidad del suministro de agua.

Finalmente, se estudia el mantenimiento de toda la instalación, el cual supondrá un coste adicional y recurrente que se debe tener en cuenta antes de implementar el proyecto. También se estudia el impacto medioambiental que se producirá al construir la instalación y una vez esté finalizada. Cabe considerar que la retirada de los embalajes supone un coste adicional.

La evaluación del coste del proyecto se ha llevado a cabo según el esquema LCC (Life Cycle Costs) donde se han tenido en cuenta numerosos costes como pueden ser los de adquisición, instalación, parada por avería o medioambientales entre otros. Con este método no solo se considera el desembolso inicial, si no que se añaden los costes recurrentes por el funcionamiento de la instalación, como pueden ser los costes de mantenimiento.

Pese a ser un proyecto completo que cumple los objetivos pedidos, se añaden diversos trabajos futuros que podrán aumentar los beneficios y alcance de las instalaciones. En concreto se propone:

- Vertido a la red eléctrica la energía eléctrica sobrante: se dispone de una gran superficie (balsa) donde instalar el parque solar fotovoltaico, la cual no se cubre por completo para alimentar a las bombas. Se podrá aumentar la producción de electricidad al doble de su valor, generado un beneficio por venta de electricidad que ayudará a aumentar la rentabilidad del proyecto.
- Potabilizadora: por ley todo el agua para consumo humano ha de tener un mínimo de desinfección, por lo que se propone el diseño de una potabilizadora de agua en función a la calidad de las aguas subterráneas disponibles.
- Red de riego: el agua de la balsa podrá llegar a la zona de regadío por gravedad, pero no existe una red de riego que distribuya el agua. Se propone el diseño de tuberías que suministren agua a aspersores fijos o dispositivos móviles de riego por aspersión.

- Distribución del agua potable: se diseñará la red hidráulica de agua potable que abastecerá a las viviendas y a las naves. Se buscará una instalación sencilla que permita un mismo caudal a todas las instalaciones independientemente de su localización.

Capítulo 13. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lladró, V. (2019). Una hectárea de regadío produce como 40 de secano. *Las Provincias*. Recuperado el 1 de junio de 2023 de: <https://www.lasprovincias.es/economia/hectarea-regadio-produce-20191216001755-ntvo.html>
- [2] Leroy Merlín (2023). *Web oficial Leroy Merlín*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de: <https://www.leroymerlin.es/productos/fontaneria/repuracion-e-instalacion-wc/accesorios-de-cisterna-wc/flotador-guias-boya-esferica-orfesa-3-4-r-7-19493271.html>
- [3] Leroy Merlín (2023). *Web oficial Leroy Merlín*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de: https://www.leroymerlin.es/productos/fontaneria/bombas-de-agua/accesorios-para-bombas-de-agua/valvula-antiretorno-de-laton-de-30mm-15132411.html?utm_campaign=LM_Conversion_AO_SmartShopping_Todas_Categoria/final_Google_Conversion_OMD&gclid=CjwKCAiAr4GgBhBFEiwAgwORrf6ng3ghq_SGQY1FSs4CLEdNPhRaCCqiuLv6Ub898hRjkQKHlqh2BoCFRcQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- [4] Google Earth (2023). <https://earth.google.com>
- [5] El Almacén Fotovoltaico (2023). *Web oficial distribuidora productos fotovoltaicos*. Recuperado el 31 de mayo de 2023 de: <https://elalmacenfotovoltaico.com/paneles-solares/463-ja-solar-540w-jam72s30-540mr-monocristalino-perc.html>
- [6] Mibet Energy (2023). *Web oficial Mibet Energy*. Recuperado el 31 de mayo de 2023 de: <https://www.mbtenergy.com/floating-solar-mounting-system-g4n>
- [7] PVGIS (2023). *Web oficial Photovoltaic Geographical Information System*. Recuperado el 1 de junio de 2023 de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [8] ADRASE (2023). *Web oficial de ADRASE*. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de: <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>
- [9] Selectra (2023). *Web oficial de Selectra*. Recuperado el 2 de abril de 2023 de: <https://selectra.es/autoconsumo/info/provincias>
- [10] ATERSA Shop (2023). *Web oficial de ATERSA*. Recuperado el 6 de abril de 2023 de: https://atersa.shop/inversores-solares/?filter_fabricante-del-inversor=victron&query_type_fabricante-del-inversor=or&query_type_rango-potencia-inversor=or&filter_rango-potencia-inversor=2001-4000,4001-7000

- [11] Solarama (2023). Guía para el mantenimiento de inversores solares. Recuperado el 10 de abril de: <https://solarama.mx/blog/mantenimiento-de-inversores/>
- [12] Gargil (2023). Plan de mantenimiento para una bomba centrífuga. Recuperado el 10 de abril de: <https://gargil.es/plan-de-mantenimiento-para-una-bomba-centrifuga/>
- [13] CYPE Ingenieros S.A. (2023). Obtención de precios. *Web oficial de Generadores de precios de la construcción*. Recuperado el 3 de junio de 2023: <http://www.generadordeprecios.info/>
- [14] Sanz Fernández, I. (2003). El coste de ciclo de vida en las bombas. *Anales de mecánica y electricidad*, págs. 16-24.
- [15] 123RF (2023). Imagen de la disposición de tubería en una zanja. *Web oficial de 123RF*. Recuperado el 5 de junio de 2023 de: <https://es.123rf.com/>
- [16] Bauhaus (2023). Precio del PVC DN40. *Web oficial de Bauhaus*. Recuperado el 5 de junio de 2023 de: <https://www.bauhaus.es/accesorios-pvc/tubo-pvc-presion/p/24034577>
- [17] Molecor (2023). Ficha técnica del material PVC. *Ficha técnica en formato PDF*. Recuperado el 6 de junio de 2023 de: <https://molecor.com/sites/default/files/technicalreportes.pdf>
- [18] Sulzer SA (2023). Certificaciones para agua potable. *Web oficial de Sulzer*. Recuperado el 11 de junio de 2023 de: <https://www.sulzer.com/es-es/spain/shared/products/vms-vertical-multistage-pump>
- [19] B.O.E. (2021). *Anexo I del RD 477/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba la concesión directa a las comunidades autónomas de ayudas para la ejecución de programas ligados al autoconsumo y almacenamiento, con fuentes de energía renovable, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*.
- [20] ATERSA Shop (2023). Compra inversor para la bomba 1. *Web oficial de ATERSA*. Recuperado el 6 de abril de 2023 de: <https://atersa.shop/inversor-cargador-victron-quattro-48-8000-110-100-100/>
- [21] ATERSA Shop (2023). Compra inversor para la bomba 2. *Web oficial de ATERSA*. Recuperado el 6 de abril de 2023 de: <https://atersa.shop/inversor-cargador-victron-multiplus-48-3000-35-16/>
- [22] ATERSA Shop (2023). Compra inversor para la bomba 3. *Web oficial de ATERSA*. Recuperado el 6 de abril de 2023 de: <https://atersa.shop/inversor-cargador-victron-multiplus-48-5000-70-100/>

ANEXO I: RED HIDRÁULICA

- Esquema de la red hidráulica

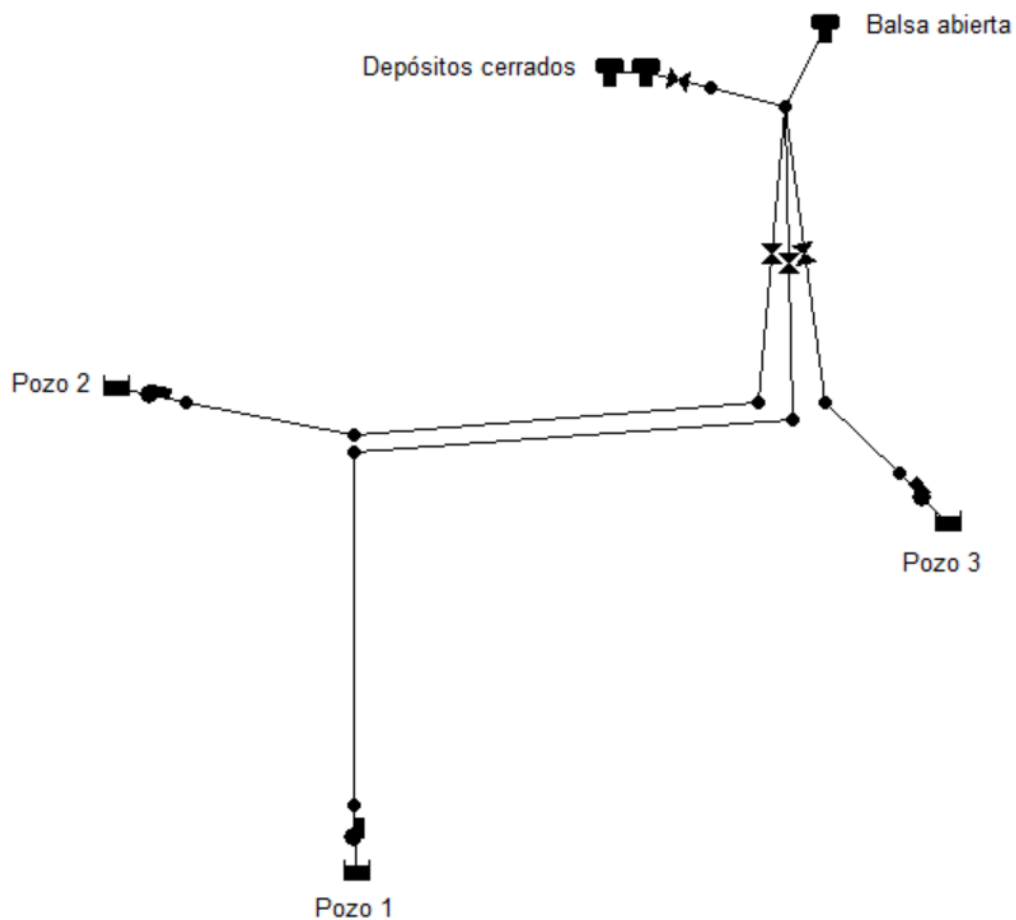


Figura 20. Esquema de la Red Hidráulica (realización en EPANET)

- PRECIO PVC DN40

Se obtiene un precio de 2,40€/m en el distribuidor *Bauhaus*.

• **PVC**

Características técnicas

Características mecánicas de la tubería	Tubería TOM® PVC-O 500			
Presión Nominal (bar)	PN12,5	PN16	PN20	PN25
Clase de material			500	
Resistencia mínima requerida MRS (Mpa)			50,0	
Coefficiente global de servicio (C)			1,4	
Esfuerzo de diseño (σ) (MPa)			36,0	
Presión mínima de rotura a 50 años (bar) ⁽¹⁾	17,5	22,4	28,0	35,0
Presión mínima de rotura a 10 horas (bar) ⁽¹⁾	23,1	28,9	36,7	48,1
Presión mínima de rotura a reventamiento (bar) ⁽¹⁾	32,0	38,0	48,0	60,0
Presión de prueba máxima en obra (bar) ⁽²⁾	17,5	21,0	25,0	30,0
Rigidez circunferencial (kN/m ²) ⁽³⁾	5	7	11	20
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexo-tracción corto plazo (N/mm ²) ⁽⁴⁾			100	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexo-tracción largo plazo (N/mm ²) ⁽⁴⁾			70	
Módulo de elasticidad en flexión transversal corto plazo (N/mm ²) ⁽⁵⁾			4.000	
Módulo de elasticidad en flexión transversal largo plazo (N/mm ²) ⁽⁵⁾			2.800	
Módulo de elasticidad a corto plazo (MPa)			4.000	
Relación de dimensiones (SDR)	51,0	45,8	36,0	29,0
Resistencia a tracción uniaxial (MPa)			≥48	
Resistencia a tracción tangencial (MPa)			>85	

(1) A temperatura de 20 °C.

(2) Según norma UNE-EN 805:2000 con golpe de ariete estimado.

(3) Rigidez media en el tubo según tolerancias establecidas.

(4) Según UNE 53331:2020, tabla 11.

(5) Según UNE 53331:2020, tabla 1.

Otras características del material	Unidades	Valor
Densidad	kg/dm ³	1,35 - 1,46 ⁽¹⁾
Valor K resina de PVC	-	>64
VCM Cloruro de vinilo monómero ⁽²⁾	ppm	<1
Dureza Shore D a 20 °C	-	81 - 85
Coefficiente de Poisson	-	0,35 - 0,41
Temperatura Vicat	°C	≥80
Coefficiente de dilatación lineal	°C ⁻¹	8·10 ⁻⁵
Conductividad térmica	Kcal/mh°C	0,14 - 0,18
Calor específico a 20 °C	cal/g°C	0,20 - 0,28
Rigidez dieléctrica	kV/mm	20 - 40
Constante dieléctrica a 60 Hz	-	3,2 - 3,6
Resistividad transversal a 20 °C	Ω/cm	>10 ¹⁶
Rugosidad absoluta (ka)	mm	0,007
Rugosidad C (Hazen Williams)	-	150
Coefficiente de rugosidad de Manning (n)	-	0,009

(1) Aunque la norma permite todo este rango, la tubería de PVC-O TOM® se define en un rango concreto de 1,37 a 1,43 kg/dm³.

(2) Según norma EN 17176.

Figura 21. Ficha técnica del PVC

ANEXO II: SELECCIÓN DE BOMBAS

- POZO 1

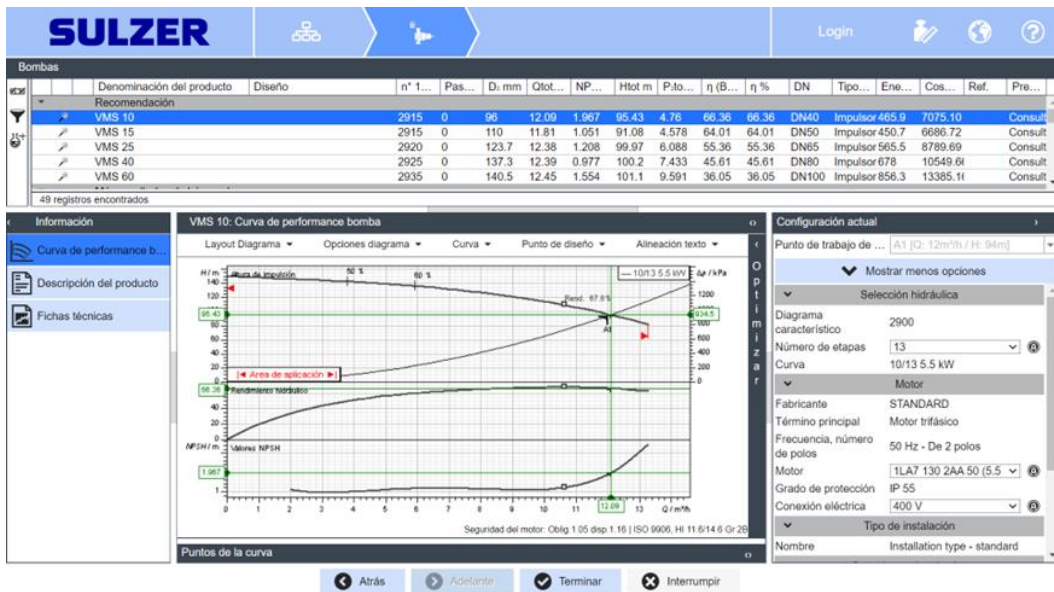


Figura 22. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 1

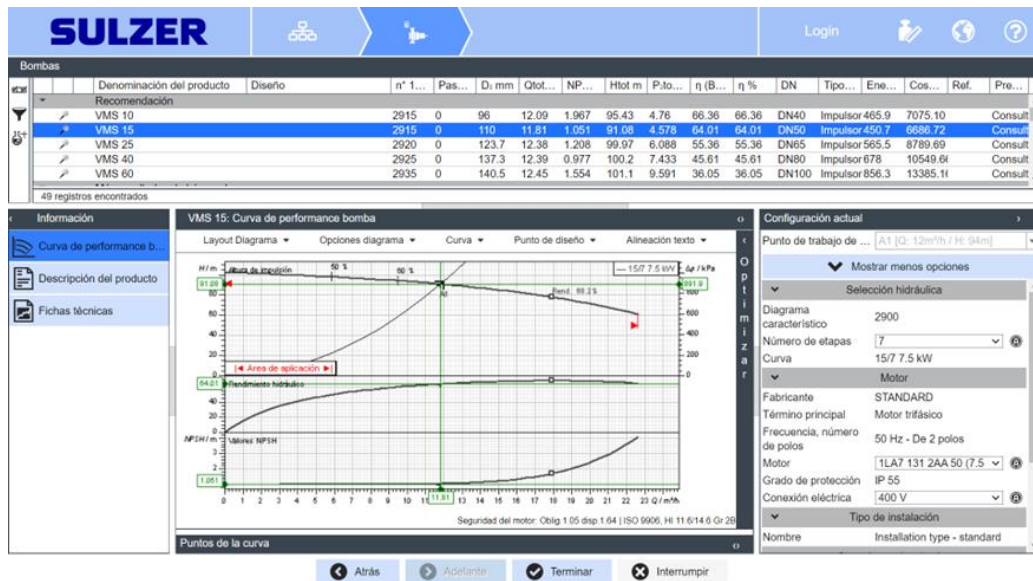


Figura 23. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 1

• POZO 2

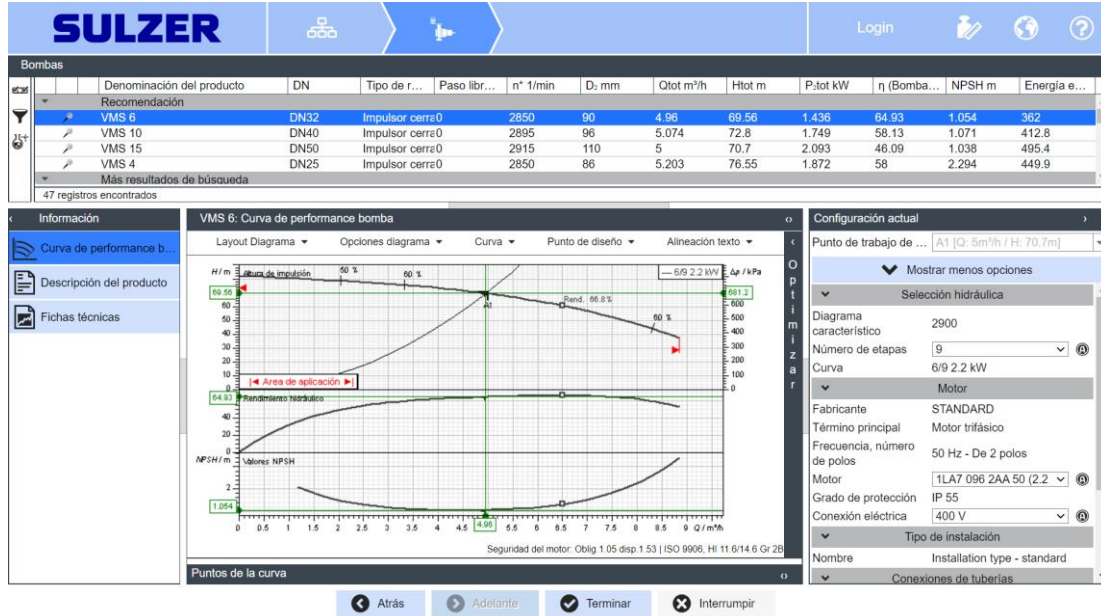


Figura 24. Datos técnicos bomba VMS 6 para el pozo 2

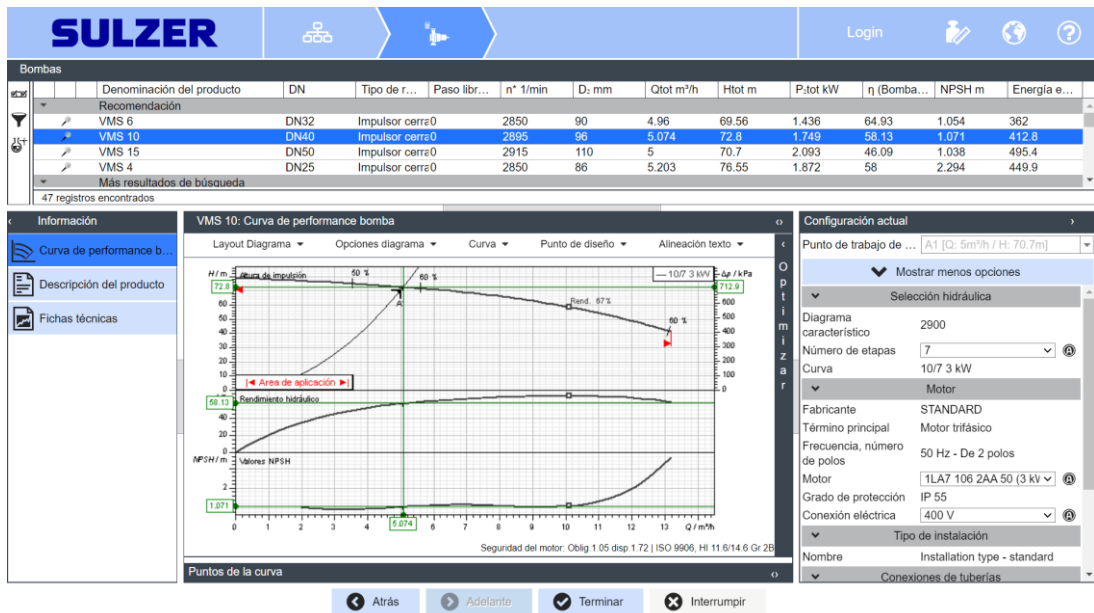


Figura 25. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 2

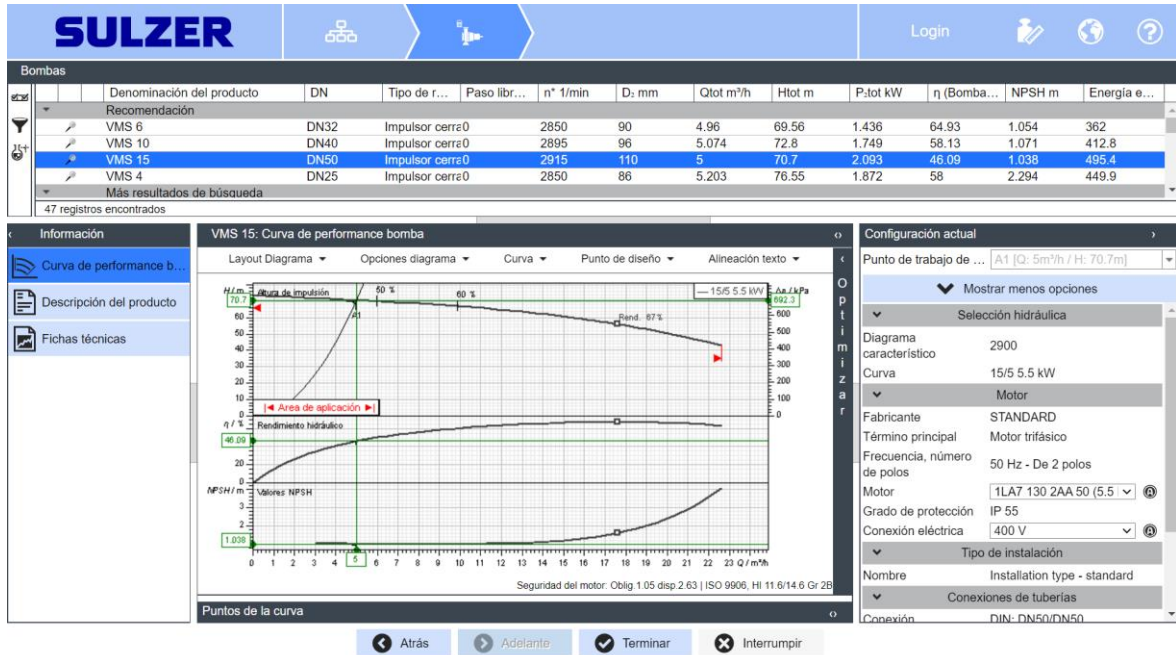


Figura 26. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 2

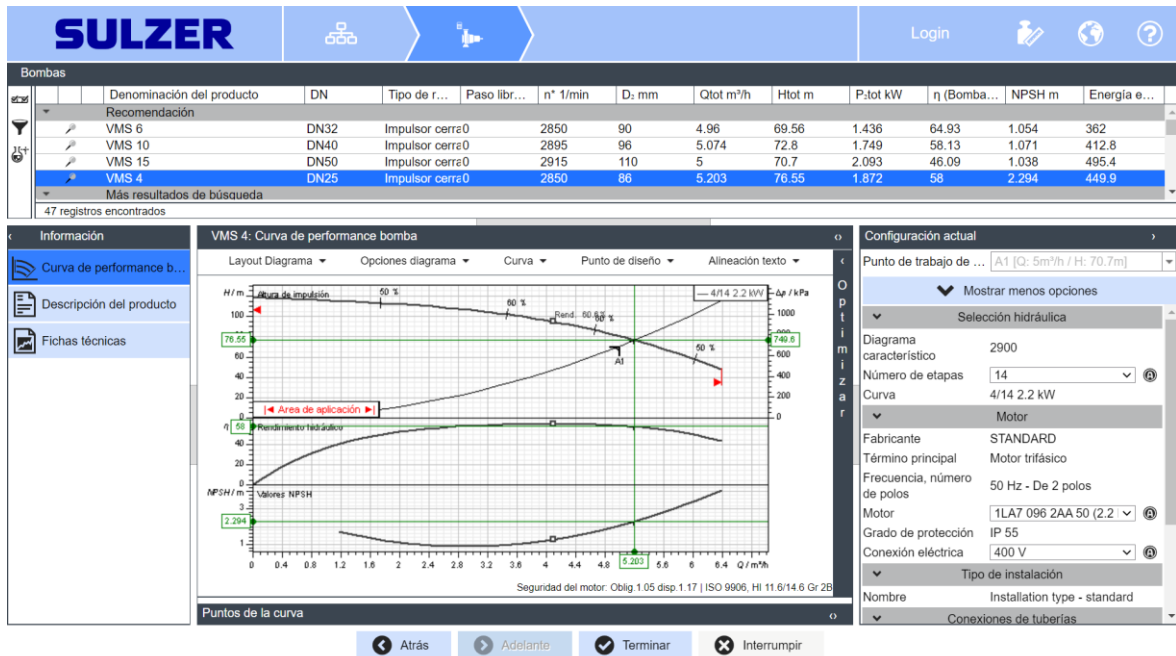


Figura 27. Datos técnicos bomba VMS 4 para el pozo 2

• POZO 3

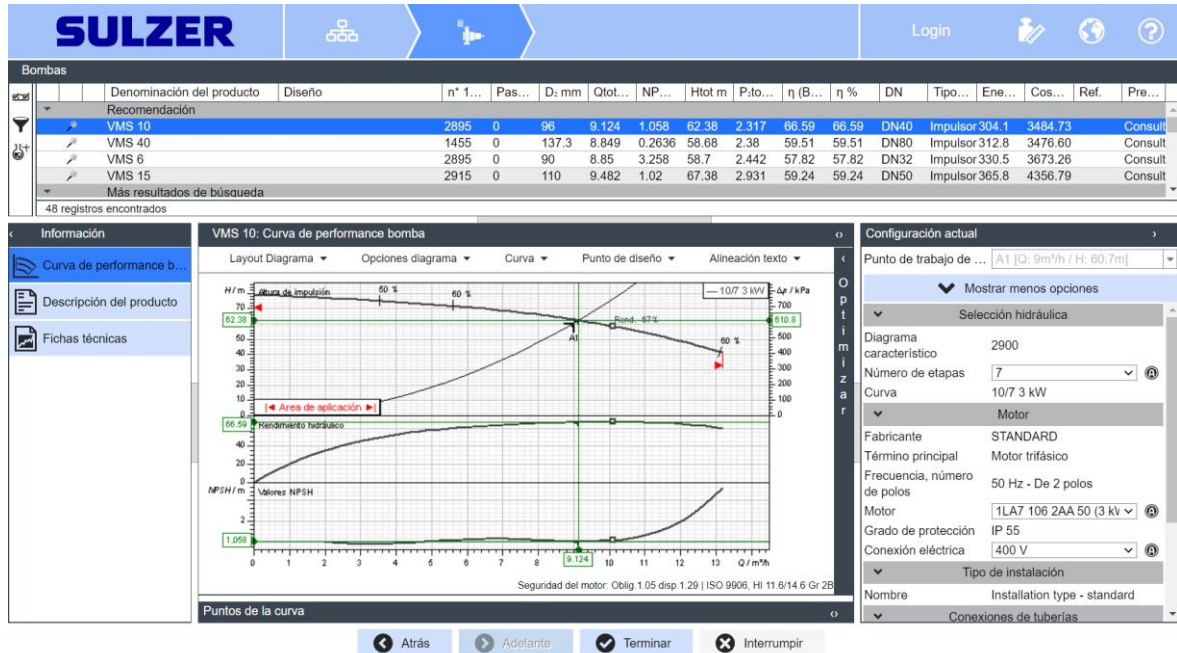


Figura 28. Datos técnicos bomba VMS 10 para el pozo 3

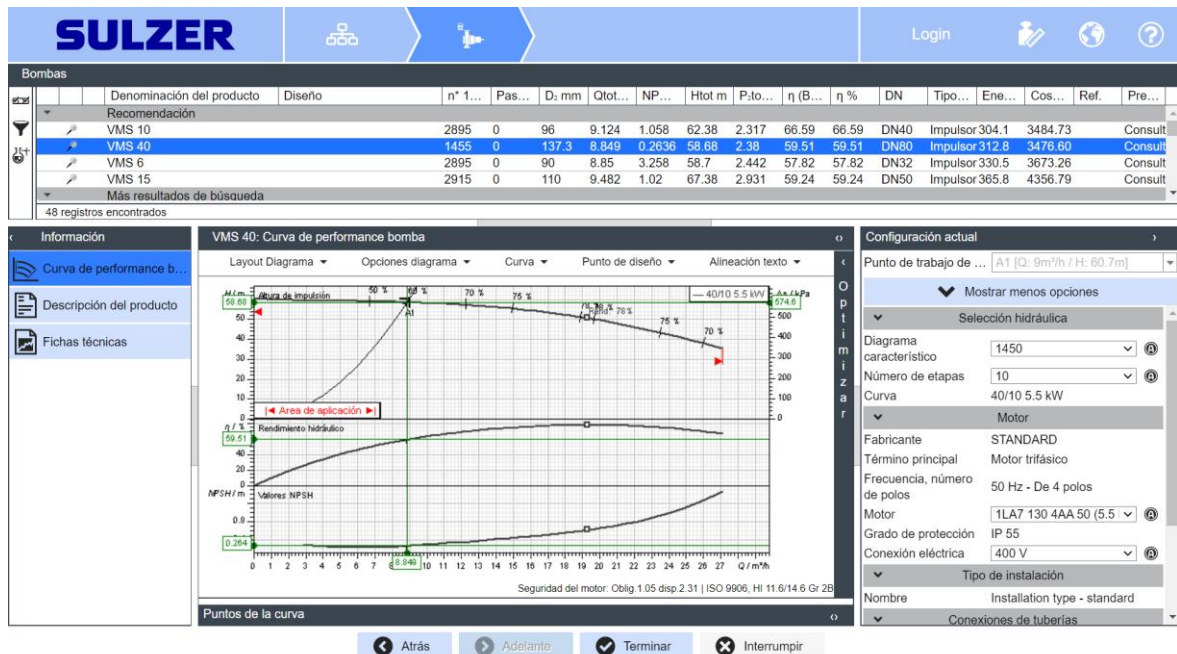


Figura 29. Datos técnicos bomba VMS 40 para el pozo 3

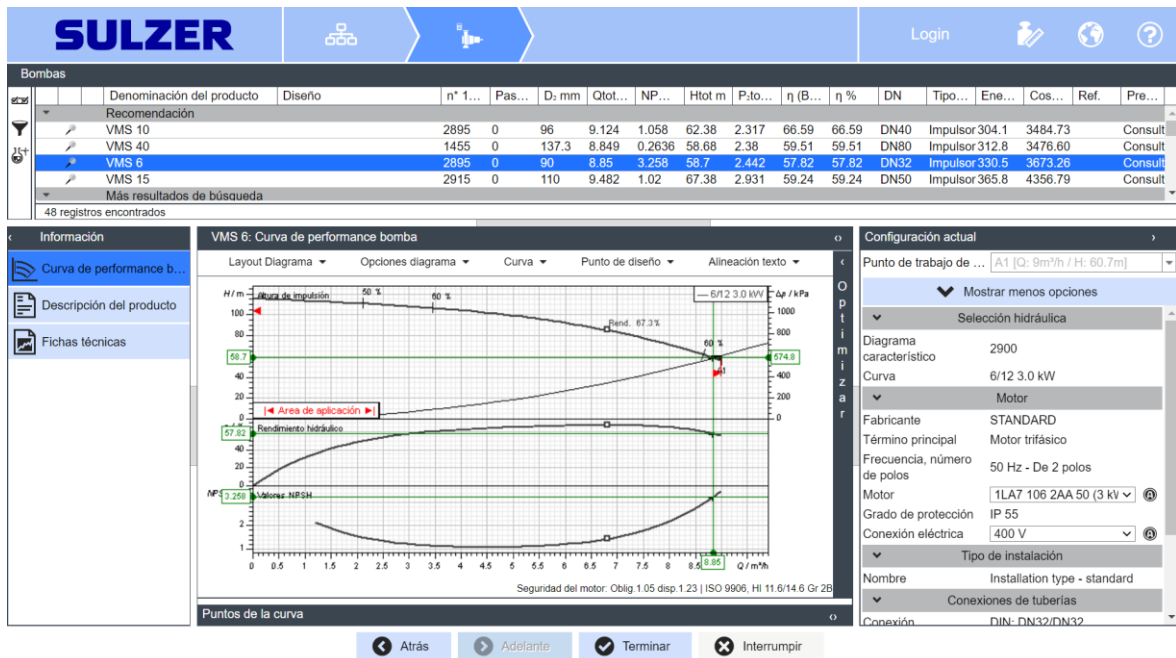


Figura 30. Datos técnicos bomba VMS 6 para el pozo 3

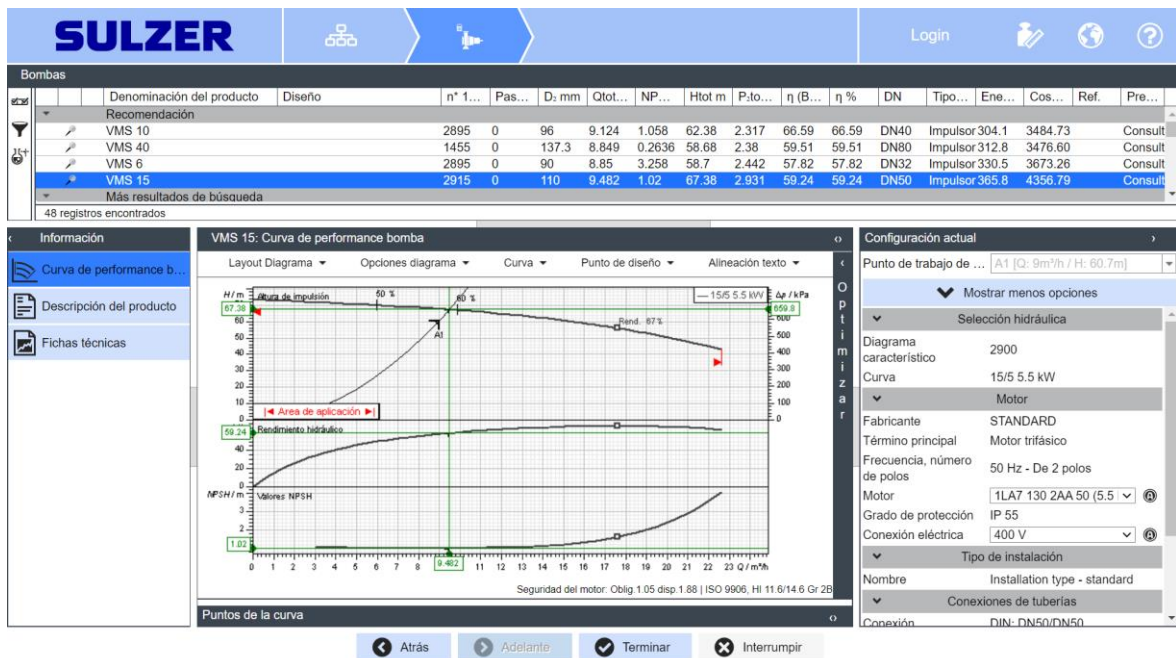


Figura 31. Datos técnicos bomba VMS 15 para el pozo 3

A continuación, en la Figura 32 y Figura 33 se ilustra la hoja técnica del modelo de bomba seleccionada (VMS), siendo la elegida la bomba VMS 10.

Bomba multietapa vertical VMS

SULZER

Gama de bombas centrífugas verticales, mono- o multi-etapa indicada para el bombeo independiente de agua limpia doméstica, urbana y de proceso, y para grupos de presión.

Aplicaciones

- La bomba VMS está diseñada para un funcionamiento fiable en una gran variedad de aplicaciones, como son:
- Suministro de agua potable doméstica y urbana.
- Industrias alimentarias, de productos químicos y de proceso.
- Recirculación en aplicaciones de agua caliente y refrigeración.
- Sistemas de extinción de incendios.
- Instalaciones de limpieza y lavado.

Allowable temperature range of the medium is -20 - +140 °C (VMS 125 @ PN16 max. +80 °C, VMS 125 @ PN25 max. +120 °C, VMS H 6: -15 - +80 °C).

Certificación para uso con agua potable

Su construcción en acero inoxidable 1.4301 ó 1.4401, conforme a las certificaciones WRAS, ACS y NSF, permite su utilización para el bombeo de agua potable.

Motor

Motores de inducción AC, de jaula de ardilla, encapsulados TEFC, trifásicos y monofásicos, 50 Hz, de 2 y 4 polos. Rendimiento del motor (≥ 0.75 kW): IE2 ó IE3 en función del modelo seleccionado.

Clase de aislamiento: F

Tipo de protección: IP 55

Clase de incremento de temperatura: B

Clase de servicio: S1 (máximo 20 arranques por hora)

Nivel de ruido: conforme a IEC 60034-9

Rodamientos

Rodamientos lubricados por el líquido bombeado, carburo de tungsteno/cerámica.

Control de la temperatura

> 2,2 kW estándar con 3 x PTC.

Conexiones hidráulicas

Opciones de rosca exterior con válvula de retención integrada, contrabrida, brida victaulica, 'Triclamp' o redonda, en acero inoxidable 1.4301 ó 1.4401, para clases de presión PN 10, 25 ó 40.

Cierre mecánico

Configuraciones de sellado: fijo, 'easy access' o cartucho, para adaptarse a la aplicación y al punto de operación específicos de la bomba.

Componente del cierre	Materiales y opciones
Material de construcción	Acero inoxidable CrNiMo (1.4571)
Material del muelle	Acero inoxidable CrNiMo (1.4571)
Material de las caras	Grafito de carbono impregnado con antimonio Grafito de carbono impregnado con resina SiC, carburo de silicio, sinterizado Carburo de tungsteno, NiCrMo-binder
Elastómeros	Caucho etileno-propileno (EPDM) Caucho fluorocarbono (FKM) Caucho de nitrilo hidrogenado (HNBR)



Características

- Construcción modular que ofrece una amplia variedad de materiales, cierres mecánicos, conectores, motores, etc.
- Fácil acceso para tareas de mantenimiento, incluso sin necesidad de desmontar la bomba o el motor, ni el uso de herramientas especiales.
- Distintas opciones de bases, conexiones y cierres mecánicos.
- La base y la hidráulica en acero inoxidable garantizan la conservación de la calidad del agua durante su bombeo.
- Base y aspiración de la bomba especialmente diseñadas para favorecer unas condiciones favorables de paso del fluido, consiguiendo un elevado rendimiento energético y una larga vida útil.
- Distintos orificios para purga y drenaje en aspiración negativa, así como para medición de la presión de aspiración y descarga.
- Configuración de aspiración y descarga en línea para facilitar la instalación.

Datos de funcionamiento

Descripción	Rango
Temperatura ambiente [°C]	-20 hasta +40
Presión de entrada mínima	$NPSH_{req} + 1$ m
Viscosidad [cSt]	1-100
Densidad [kg/m ³]	1000 - 2500
Refrigeración	Refrigeración por ventilación forzada
Frecuencia mínima [Hz]	30
Frecuencia máxima [Hz]	60
Tamaño de sólidos bombeados	5 μ m to 1 mm
Altura (H)	3 - 254 mwc (VMS H 6 = 400 m)
Caudal (Q)	0.2 - 160 m ³ /h

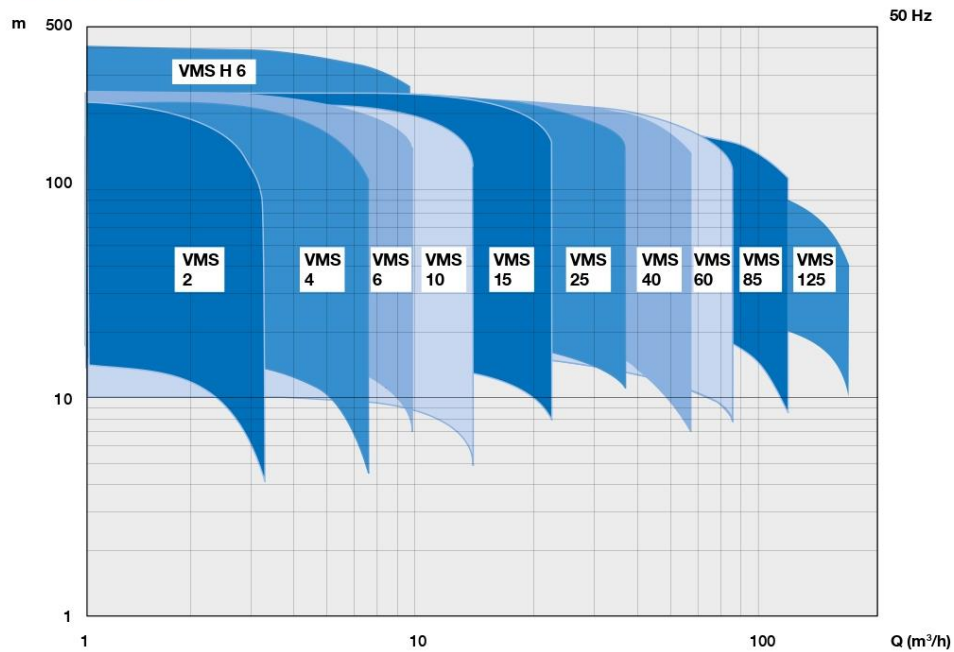
Figura 32. Página 1 de la hoja técnica de bombas VMS

Datos técnicos (50 Hz)

	VMS 2	VMS 4	VMS 6	VMS H 6	VMS 10 2P	VMS 10 4P	VMS 15 2P	VMS 15 4P	VMS 25 2P
Rango de caudales [m ³ /h]	0,2 - 3,3	0,4 - 6,5	0,6 - 9	0,6 - 8,6	1,0 - 13,2	0,5 - 6,6	1,8 - 22,5	1,8 - 11,3	2,8 - 35
Caudal nominal a Q _{opt} [m ³ /h]	1,9	4	6,3	6,5	10	5	19,7	9,1	28
Presión nominal	PN 10 - 25 - 40								
Presión máx. bombeo [m]	229	234	256	402	239	58	259	65	246
Presión máxima a Q _{opt} [m]	187	193	200	325	179	43	198	51	185
NPSH a Q _{opt} [m]	2,2	1,2	1,2	2,0	1,2	0,9	1,8	4,2	3,0
Rendimiento máximo	54 %	62 %	68 %	60 %	68 %	68 %	73 %	66 %	77 %

	VMS 25 4P	VMS 40 2P	VMS 40 4P	VMS 60 2P	VMS 60 4P	VMS 85	VMS 85 4P	VMS 125
Rango de caudales [m ³ /h]	1,4 - 17,5	4 - 54	2 - 27	6 - 76	3 - 38	8,5 - 112,8	4,3 - 54	13,1 - 162
Caudal nominal a Q _{opt} [m ³ /h]	14	40	19	54	26,5	85,7	40,0	125,0
Presión nominal	PN 10 - 25 - 40							
Presión máx. bombeo [m]	59	239	59	251	71	176	42	128
Presión máxima a Q _{opt} [m]	45	194	50	193	55	132	33	88
NPSH a Q _{opt} [m]	0,8	2,5	0,6	2,7	0,7	2,2	0,6	5,0
Rendimiento máximo	77 %	76 %	76 %	78 %	78 %	79 %	79 %	80 %

Rango de trabajo



www.sulzer.com
es (12.12.2022). Copyright © Sulzer Ltd 2022
Este documento no constituye ni proporciona ningún tipo de garantía. Contacte con nosotros si desea información sobre las garantías de nuestros productos.
Las instrucciones de seguridad y uso se facilitan por separado. Toda la información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso.

Figura 33. Página 2 de la hoja técnica de bombas VMS

- **CERTIFICACIONES**

Obtenidas de la web de Sulzer.

- NSF

“La marca de NSF es garantía de que una organización de certificación independiente de confianza ha probado un producto. Es valorada por consumidores, fabricantes, vendedores minoristas y organismos regulatorios de todo el mundo.”

- ACS

“Sistema de Atestación de Conformidad Sanitaria desarrollado por la autoridades sanitarias francesas, para ayudar a los fabricantes a establecer y obtener pruebas de la conformidad sanitaria de sus productos. Este sistema permite evaluar la capacidad de un producto para entrar en contacto con agua destinada al consumo humano, en relación con las disposiciones reglamentarias vigentes.”

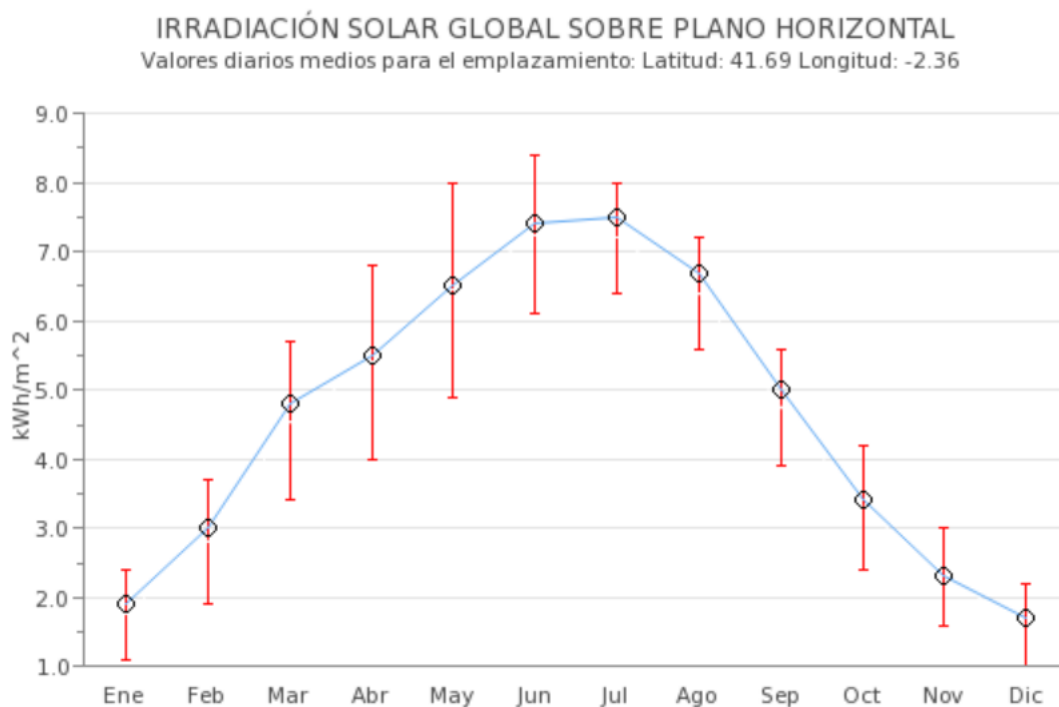
- WRAS

“Water Regulations Advisory Scheme. El certificado WRAS certifica que el anclaje químico, una vez curado, es apto para el contacto con agua para uso doméstico, habiendo cumplido con los requisitos de BS 6920-1: 2000 y / o 2014 “Idoneidad de productos no metálicos para su uso en contacto con agua para uso de consumo humano en cuanto a su efecto sobre la calidad del agua””

ANEXO III: ALIMENTACIÓN SOLAR

- **Datos de la luz solar en la zona de la instalación.**

Las empresas *CENSOLAR* y *PVGIS* proporcionan los siguientes datos, representados en la Figura 34 y Figura 35.



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.4	3.7	5.7	6.8	8.0	8.4	8.0	7.2	5.6	4.2	3.0	2.2
Valor medio	1.9	3.0	4.8	5.5	6.5	7.4	7.5	6.7	5.0	3.4	2.3	1.7
Percentil 25	1.1	1.9	3.4	4.0	4.9	6.1	6.4	5.6	3.9	2.4	1.6	1.0

Figura 34. Irradiación solar proporcionada por *CENSOLAR*

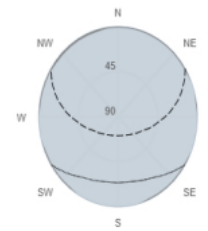
Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 41.703,-2.412
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Año inicial: 2018
Año final: 2020

Variables incluidas en este informe:

Irradiación global horizontal: No
Irradiación directa normal: No
Irradiación global con el ángulo óptimo: Si
Irradiación global con el ángulo 0°: Si
Ratio difusa/global: No
Temperatura media: No

Perfil del horizonte en la localización seleccionad



■ Altura del horizonte
-- Elevación solar, Junio
-- Elevación solar, Diciembre

Irradiación solar mensual



Irradiación global con el ángulo óptimo

Mes	2018	2019	2020
Enero	108.08	137.63	112.08
Febrero	108.45	168.68	150.06
Marzo	151.43	211.63	155.41
Abril	166.28	162.3	131.55
Mayo	186.9	213.16	196.03
Junio	186.23	206.32	182.13
Julio	217.83	217.26	221.49
Agosto	222.37	212.64	214.04
Septiembre	199.22	181.87	181.51
Octubre	143.62	163.39	142.49
Noviembre	101.06	91.38	117.09
Diciembre	119.88	105.72	93.14

Irradiación global con el ángulo

Mes	2018	2019	2020
Enero	62.2	71.66	62.72
Febrero	74.73	102.75	95.64
Marzo	122.85	158.88	123.15
Abril	155.84	151.75	125.39
Mayo	192.07	218.97	203.02
Junio	201.78	221.73	197.91
Julio	230.84	228.37	233.12
Agosto	211.82	203.08	203.95
Septiembre	161.62	150.88	150.82
Octubre	102.45	113.49	101.79
Noviembre	63.13	60.6	69.39
Diciembre	61.55	55.46	52.45

Figura 35. Irradiación solar proporcionada por PVGIS

- **Sitios web de compra de los inversores propuestos:**
 - Bomba 1: [20]
 - Bomba 2: [21]
 - Bomba 3: [22]

ANEXO IV: PRECIOS

Desglose obtenido del software *CYPE Ingenieros S.A.*

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt14gsa030ll	m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de polipropileno unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 21,1 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 24,8 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 9,8 mm, resistencia CBR a punzonamiento 3,9 kN y una masa superficial de 300 g/m ² , según UNE-EN 13252.	1,100	1,53	1,68
mt15dag020a	m ²	Geomembrana homogénea de policloruro de vinilo plastificado (PVC-P), con resistencia a la intemperie, de 1,2 mm de espesor, color gris, con una densidad de 1240 kg/m ³ según UNE-EN ISO 1183, resistencia CBR a punzonamiento de 1,8 kN según UNE-EN ISO 12236 y una resistencia al desgarro superior a 40 kN/m, suministrada en rollos de 2,05 m de anchura y 150 m de longitud.	1,100	6,10	6,71
Subtotal materiales:					8,39
2		Mano de obra			
mo029	h	Oficial 1º aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,176	21,41	3,77
mo067	h	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,176	20,34	3,58
Subtotal mano de obra:					7,35
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	15,74	0,31
Coste de mantenimiento decenal: 0,80€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		16,05

Figura 36. Desglose de precios impermeabilización de la balsa

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt52vst030e	Ud	Poste intermedio de tubo de acero galvanizado, de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,220	15,72	3,46
mt52vst030m	Ud	Poste interior de refuerzo de tubo de acero galvanizado, de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,060	16,69	1,00
mt52vst030u	Ud	Poste extremo de tubo de acero galvanizado, de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,040	20,17	0,81
mt52vst030C	Ud	Poste en escuadra de tubo de acero galvanizado, de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,200	21,68	4,34
mt52vst010aa	m ²	Malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado.	2,400	1,96	4,70
mt52vpm055	Ud	Accesorios para la fijación de la malla de simple torsión a los postes metálicos.	1,000	1,25	1,25
mt10hmf010tLb	m ³	Hormigón HM-20/B/20/X0, fabricado en central.	0,015	85,80	1,29
Subtotal materiales:					16,85
2		Mano de obra			
mo087	h	Ayudante construcción de obra civil.	0,100	20,34	2,03
mo011	h	Oficial 1º montador.	0,090	22,00	1,98
mo080	h	Ayudante montador.	0,090	20,34	1,83
Subtotal mano de obra:					5,84
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	3,000	22,69	0,68
Coste de mantenimiento decenal: 3,97€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		23,37

Figura 37. Desglose de precios vallado de la balsa

ANEXO V: SUBVENCIONES

Fragmentos informativos extraídos del *Anexo I del RD 477/2021, de 29 de junio*:

Serán actuaciones subvencionables, las siguientes:

- *Programa de incentivos 2: Será actuación subvencionable la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes renovables destinadas a autoconsumo en establecimientos o instalaciones en sectores productivos no previstos en el programa de incentivos 1, así como el almacenamiento asociado a estas actuaciones.*

Las actuaciones de generación renovable subvencionables dentro de los programas de incentivos 1, 2 y 4 incluyen actuaciones fotovoltaicas y eólicas para autoconsumo.

Por su parte, los programas de incentivos 1, 2 y 4 prevén como actuaciones subvencionables las nuevas instalaciones de generación, que podrán llevar asociadas instalaciones de almacenamiento.

Asimismo, las emisiones procedentes de las instalaciones de 1 MW o superior y menores de 50 MW deberán cumplir con los requisitos de emisiones establecidos en el Real Decreto 1042/2017, de 22 de diciembre, sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas y por el que se actualiza el anexo IV de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, así como con cualquier otra legislación nacional que les sea de aplicación.

Se consideran costes elegibles los que se relacionan a continuación:

- a) La inversión en equipos y materiales relacionadas con las tipologías de actuación objeto de ayuda, incluida la correspondiente a los sistemas de acumulación en su caso.*

b) *Los costes de ejecución de las obras y/o instalaciones relacionadas con las tipologías de actuación objeto de ayuda.*

c) *Equipamientos electromecánicos, hidráulicos, de control y auxiliares cuando estén asociados a la actuación objeto de ayuda.*

g) *Obras civiles, cuando estén relacionadas con las actuaciones objeto de ayuda y aquellas que sean necesarias para la correcta ejecución del proyecto, tales como, refuerzo de cubierta o sustitución de la misma en la parte proporcional de la cubierta que sea ocupada por la instalación de generación, en su caso. Asimismo, se consideran subvencionables como obra civil las siguientes partidas: edificaciones necesarias para el proyecto, campas, excavaciones, zanjas y canalizaciones y tuberías asociados a la instalación de generación, o a los sistemas de integración de energía eléctrica y gestión de la demanda, ayudas de albañilería, instalaciones auxiliares necesarias, viales de servidumbre interna de la instalación, adecuación de accesos para la instalación, edificios de control, plataformas de montaje, instalaciones temporales, restauración y medidas medioambientales correctoras después de las obras.*

i) *Los costes de la redacción de los proyectos o memorias técnicas relacionados con las tipologías de actuación objeto de ayuda.*