



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y ENERGÉTICOS DE LA FINCA DE GANADERÍA EXTENSIVA “LAS CALDERAS” EN VILLANUEVA DE CÓRDOBA

Autor: Carlos Higuera Higuera

Director: Carlos Fuertes Kronberg

Madrid

Junio 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos de la finca de ganadería extensiva
“Las Calderas” en Villanueva de Córdoba

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

curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Carlos Higuera Higuera

Fecha: 07 / 06 / 23.

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Carlos Fuertes Kronberg

Fecha: 08 / 06 / 2023



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y ENERGÉTICOS EN LA FINCA DE GANADERÍA EXTENSIVA “LAS CALDERAS” EN VILLANUEVA DE CÓRDOBA

Autor: Carlos Higuera Higuera

Director: Carlos Fuertes Kronberg

Madrid

Junio 2022

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y ENERGÉTICOS EN LA FINCA DE GANADERÍA EXTENSIVA “LAS CALDERAS” EN VILLANUEVA DE CÓRDOBA

Autor: Higuera Higuera, Carlos.

Director: Fuertes Kronberg, Carlos.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en una instalación de autoconsumo que permita bombear agua desde puntos de extracción hasta puntos de almacenamiento usándola posteriormente en épocas estivales o de sequía. El autoconsumo reduce los gastos puesto que se plantea un sistema de energía fotovoltaica y además es responsable con el medioambiente reduciendo el uso de combustibles fósiles.

Palabras clave: Bomba, Paneles solares, Balsa, Sondeo, Autoconsumo

1. Introducción

Este Proyecto nace de la necesidad actual que existe por el agua, la sequía que está asolando la zona sur de España y la necesidad de adaptación y cambio para paliar los efectos del cambio climático y no contribuir a este.

Parte de una finca de ganadería extensiva de vacuno y porcino situada en Villanueva de Córdoba y Torrecampo (Valle de Los Pedroches) con el afán de almacenar agua en los meses de invierno que llueve y consumirla cuando no hay, en la época estival

2. Definición del proyecto

El Proyecto consta de varias partes que van desde la definición del clima, pluviometría y temperaturas, pasando por el cálculo de necesidades hídricas (agua que consumen los animales) y hasta un análisis de costes y selección de inversiones que justifica en el plano económico la necesidad de cambio a una tecnología más moderna. Además del citado plano económico, hay muchos otros factores a tener en cuenta para pasar a un bombeo solar que es la tecnología de la que se habla principalmente.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El modelo parte de un punto de extracción donde se instala una electrobomba acoplada a unos paneles solares. Los puntos de extracción son muy variados siendo la mayoría aguas subterráneas. A partir de ahí y mediante un sistema de canalización (tuberías de polietileno) se lleva hasta los depósitos y puntos de almacenamiento situados en los puntos más altos. Desde estos y por simple diferencia de altura, el agua llega hasta los bebederos que utiliza el ganado:

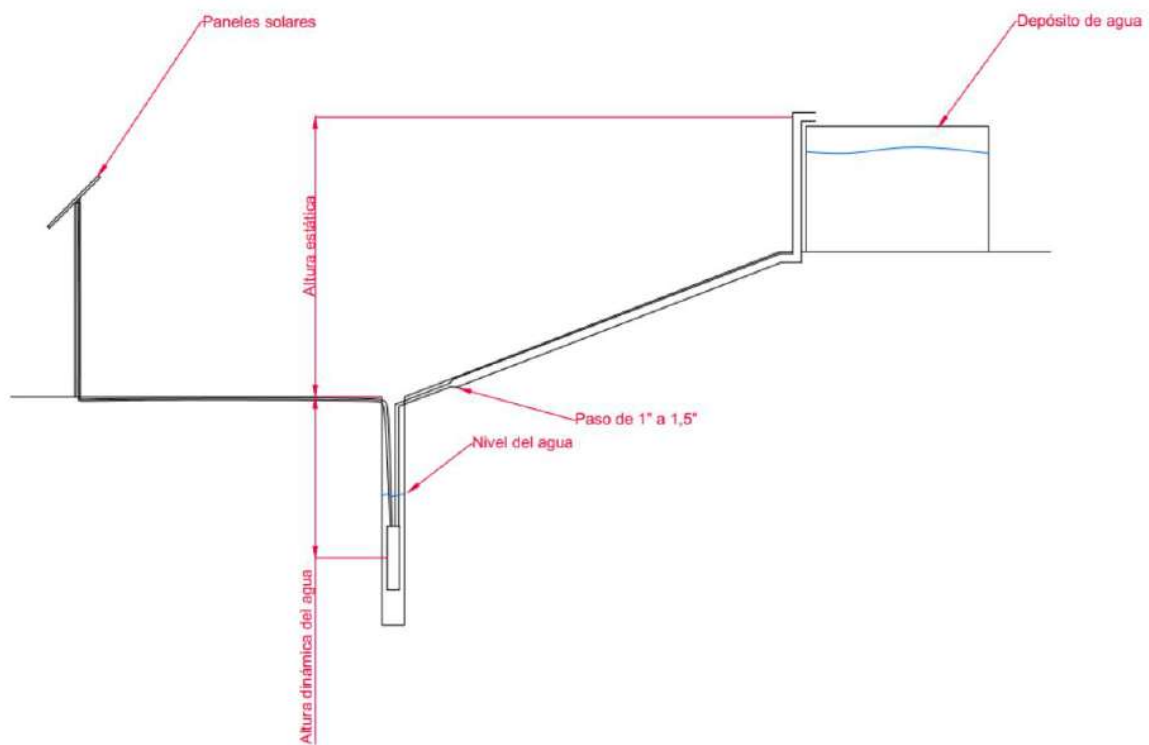


Ilustración 1.1 - Esquema del modelo a instalar [elaboración propia]

4. Resultados

- Unos de los resultados que se han obtenido es el cálculo de las alturas efectivas y caudales necesarios en cada punto de extracción teniendo en cuenta pérdidas primarias y secundarias, presentes en Tabla 1.1:

Tramo	Q [m3/día]	Longitud [m]	ΔH [m]	H
Sondeo cercados - Depósito de la cruz	16	889,83	24,00	105,89
Sondeo cercados - Balsa de los perales	16	1599,77	24,00	112,23
Sondeo cercados - Depósito cerrado 1	16	1716,03	20,00	109,23
Sondeo cercados - Deposito cerrado 2	16	1733,76	25,00	113,86
Balsa de los cercados - Depósito de la cruz	20	841,40	21,00	34,17
Balsa de los cercados - Depósito cerrado 2	20	1692,92	22,00	45,59
Pozo 2 - Balsa 2	15	328,41	34,00	38,76
Pozo 2 - Deposito corrales	15	454,64	43,00	48,72
Pozo 2- Tinajas 1	15	563,69	49,00	56,46
Pozo 2 - Pantano de Venancio	15	605,61	11,00	18,78
Sondeo 1 - Tinajas 1	15	10,00	5,00	15,95
Pantano venancio - Depósito de la cruz	20	486,57	35,00	44,86

Tabla 1.1: Resultados del cálculo de pérdidas hidráulicas [elaboración propia]

5. Conclusiones

La conclusión más potente actualmente en esta época de inflación seguramente sea el económico, por eso se presenta una hoja de cálculo en la que se ha calculado el VAN de dos inversiones en un bombeo igual con tecnología de motobomba y bombeo solar. Esta diferencia del Valor Actualizado Neto entre inversiones es de 6.896,62 € en 10 años.

Otra conclusión extraída es que con los almacenamientos actuales y teniendo en cuenta el consumo, los animales pueden estar más de dos años sin necesitar agua externa, solo bebiendo de lo almacenado. Todo lógicamente suponiendo que los almacenamientos estén llenos.

HYDROLOGICAL AND ENERGY EXPLOITATION IN COUNTRY ESTATE “LAS CALDERAS” IN VILLANUEVA DE CÓRDOBA

Author: Higuera Higuera, Carlos.

Supervisor: Fuertes Kronberg, Carlos.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project consists of a self-supply installation that allow pump water from extraction points to tanks using this water lately in summer or drought times. The self-supply reduces expenditures because it considers a photovoltaic energy system and also is responsible with the environment reducing fossils fuels that use traditional motors.

Keywords: Pump, Solar panels, Pond, Exploration, Self-supply

1. Introduction

This project be born of the actual necessity of water, the drought that devastating the south region of Spain and the necessity of adapt and change with the aim of palliate the negative effects of climate change and not contribute to it.

2. Project description

This project has some parts that since the climate definition, pluviometry and temperatures, trough water necessity for animals until a cost analysis and investment selection that justify the economic shot the necessity of change to a more modern technology. In addition of the economic shot, there are too many factors that it should keep in mind for change to a solar pumping that is the modern technology. These factors are the fire risk or the global warming.

3. Model description

The model since extraction points where is installed an electro pump connect to solar panels. The extraction points are too variated being the majority underground water. Since that and helped with a pipe (polyethylene pipes) the water is carry to tanks and other store points that are in top points of the country estate. From these tanks and using only the difference of altitude, the water is carried to the water dispenser that use the animals. The Ilustración 1.2 show the installation:

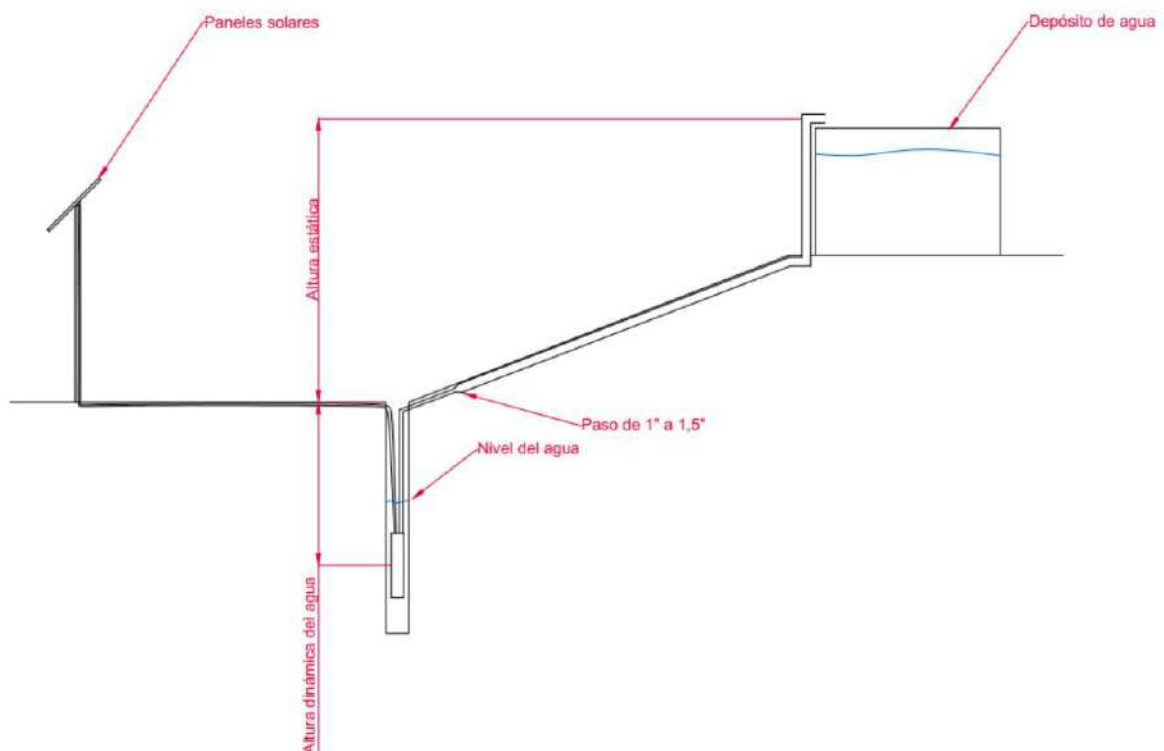


Ilustración 1.2 – System diagram [own elaboration]

4. Results

One of the results that has been obtained is the power that pump need and the flow in each extraction point keeping in mind principal losses and secondary losses, those present in

Tramo	Q [m3/día]	Longitud [m]	ΔH [m]	H
Sondeo cercados - Depósito de la cruz	16	889,83	24,00	105,89
Sondeo cercados - Balsa de los perales	16	1599,77	24,00	112,23
Sondeo cercados - Depósito cerrado 1	16	1716,03	20,00	109,23
Sondeo cercados - Deposito cerrado 2	16	1733,76	25,00	113,86
Balsa de los cercados - Depósito de la cruz	20	841,40	21,00	34,17
Balsa de los cercados - Depósito cerrado 2	20	1692,92	22,00	45,59
Pozo 2 - Balsa 2	15	328,41	34,00	38,76
Pozo 2 - Deposito corrales	15	454,64	43,00	48,72
Pozo 2- Tinajas 1	15	563,69	49,00	56,46
Pozo 2 - Pantano de Venancio	15	605,61	11,00	18,78
Sondeo 1 - Tinajas 1	15	10,00	5,00	15,95
Pantano venancio - Depósito de la cruz	20	486,57	35,00	44,86

Ilustración 1.3 – Results of the calculation of hydraulic losses [own elaboration]

5. Conclusiones

The most important conclusion in this inflation period is that economic shot, so in this spreadsheet VPN is calculated in two investments in the same pumping point, on with

motor connect to a pump and other with electro pump and solar panels. The difference between VPN's is 6.896,62€ in 10 years.

Other conclusion deduce from these results is that with the actual stores and keep in mind the consume, the animals can be more than two years without pump or bring water, only drinking stored water. All of this supposing that the storages are full.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Descripción de la finca “las calderas”	7
1.2 Motivación	8
1.3 Estructura del trabajo.....	9
Capítulo 2. Estudio climatológico de la finca.....	10
2.1 El clima en la zona	10
2.2 Precipitaciones.....	12
2.2.1 Relación entre las precipitaciones y el agua captada	13
2.2.2 Estimación de precipitaciones.....	14
2.3 Temperaturas	16
2.4 Conclusiones del capítulo.....	16
Capítulo 3. Necesidades hídricas de la finca.....	18
3.1 Cabaña de animales	18
3.2 Cantidad de agua necesaria	20
3.3 Instalación de puntos de consumo.....	22
3.4 Red de abastecimiento de la finca	23
3.5 Conclusiones del capítulo.....	23
Capítulo 4. Infraestructura actual.....	24
4.1 Puntos de extracción.....	24
4.1.1 Perforaciones	24
4.1.2 Puntos de extracción abiertos a la superficie	26
4.2 Instalación de bombeo.....	28
4.2.1 Motores bomba de combustión.....	28
4.2.2 Bombas sumergibles.....	29
4.3 Instalación fotovoltaica	31
4.4 Sistema de conducción	33
4.5 Puntos de almacenamiento	34
Capítulo 5. Diseño de la instalación	39
5.1 Diseño hidráulico	39

1.1.1 Pérdidas hidráulicas primarias.....	40
5.1.1 Pérdidas hidráulicas secundarias	42
5.2 Diseño de la instalación fotovoltaica.....	50
5.2.1 Concepto básicos de una instalación fotovoltaica	50
5.2.2 Orientación e inclinación de los paneles solares	50
5.2.3 Irradiación sobre el generador	53
5.2.4 Dimensionado del generador	54
5.3 Otros componentes de la instalación	57
5.3.1 Hidrosfera	57
5.3.2 Presostato.....	58
5.3.3 Instalación para generador auxiliar	58
5.4 Esquema eléctrico de la instalación.....	59
5.5 Conclusiones	59
Capítulo 6. Análisis de costes.....	60
6.1 Comparativa de costes bombeo tradicional y bombeo solar	60
6.1.1 Bombeo tradicional	61
6.1.2 Bombeo solar con bomba sumergible	63
6.2 Conclusiones	66
Capítulo 7. Bibliografía.....	67

Índice de figuras

Ilustración 1.1 - Esquema del modelo a instalar [elaboración propia]	8
Ilustración 1.2 – System diagram [own elaboration].....	11
Ilustración 1.3 – Results of the calculation of hydraulic losses [own elaboration]	11
Ilustración 2.1: Mapa climático de España con situación de la finca [1]	11
Ilustración 2.2: Climograma del clima Csa [2].....	12
Ilustración 2.3: Gráfico de precipitación acumulada por meses [elaboración propia]	13
Ilustración 2.4: Gráfico de caja y bigotes de precipitaciones acumuladas por meses [elaboración propia].....	14
Ilustración 2.5: Gráfico de precipitación media por meses [elaboración propia].....	15
Ilustración 2.6: Gráfico de temperaturas máxima, mínima y media [elaboración propia]..	16
Ilustración 3.1: Vaca raza charolesa y ternero [4]	19
Ilustración 3.2: Grupo de vacas raza angus [5]	19
Ilustración 3.3: Pílon bebedero [elaboración propia]	22
Ilustración 4.1: Sondeo con bomba y contador [elaboración propia].....	26
Ilustración 4.2: Pantano de Venancio [elaboración propia]	27
Ilustración 4.3: Motobomba de combustión [7]	28
Ilustración 4.4: Curvas Q-h Gorundfos SQFlex 2,5-2 [9]	30
Ilustración 4.5: Curvas Q-h Gorundfos SQFlex 0,6-2 [9]	31
Ilustración 4.6: Panel solar actual [elaboración propia]	32
Ilustración 4.7: Tuberías PEAD y diferentes accesorios [10]	33
Ilustración 4.8: Interior del depósito de chapa abierto [elaboración propia].....	35
Ilustración 4.9: Exterior del depósito de chapa cerrado [elaboración propia].....	35
Ilustración 4.10: Grupo de cuatro tinajas [elaboración propia]	36
Ilustración 4.11: Balsa de los cercados [elaboración propia]	37
Ilustración 4.12: Esquema completo de la instalación [elaboración propia].....	38
Ilustración 5.1: Ángulo de inclinación [13].....	51
Ilustración 5.2: Ángulo de azimut [13].....	51
Ilustración 5.3: Gráfica de radiación global en un punto cercano a la finca [14].....	52

Ilustración 5.4: Curvas H-Q de la bomba SQFlex 2-2.5 [9].....	55
Ilustración 5.5: Hidrosfera [15]	57
Ilustración 5.6: Presostato [16].....	58
Ilustración 5.7: Grodunfos IO 101 SQFlex	59
Ilustración 6.1:Curva del motor-bomba Honda WH 100x [7].....	61

Índice de tablas

Tabla 2.1: Precipitaciones medias por meses [elaboración propia].....	15
Tabla 3.1: Resumen de cabaña de ganado [elaboración propia]	20
Tabla 3.2: Consumos de agua por el ganado [elaboración propia]	21
Tabla 4.1: Perforaciones de extracción [elaboración propia]	25
Tabla 4.2: Pantanos y altura geodésica [elaboración propia]	27
Tabla 4.3: Características de la motobomba de combustión [8].....	29
Tabla 4.4: Valores nominales del panel solar HIP-190BE3	32
Tabla 4.5: Tramos de tuberías para dimensionamiento [elaboración propia]	34
Tabla 4.6: Puntos de almacenamiento (capacidad y altura) [elaboración propia].....	37
Tabla 5.1: valores de rugosidad relativa (Ks) para distintos materiales [11]	42
Tabla 5.2: Valores del coeficiente de pérdida para los distintos accesorios [11].....	43
Tabla 5.3: Puntos de extracción con caudales y altura [elaboración propia]	44
Tabla 5.4: Cálculo para la selección de la bomba	48
Tabla 5.5: Altura y caudal de las bombas en cada punto de extracción	49
Tabla 5.6: Bombas seleccionadas [elaboración propia]	49
Tabla 5.7: Valores óptimos de inclinación [13]	51
Tabla 5.8: Radiación global promedio por meses [14].....	52
Tabla 5.9: Características panel Deep Blue 3.0 500W	56
Tabla 5.10: Instalación solar necesaria [elaboración propia]	56
Tabla 6.1: Desglose salario del trabajador [elaboración propia]	61
Tabla 6.2: Desglose de mano de obra de bombeo tradicional [elaboración propia]	62
Tabla 6.3: Resumen de horas y costes de la motobomba [elaboración propia].....	63
Tabla 6.4: Amortización de los elementos de una instalación de bombeo tradicional [elaboración propia].....	63
Tabla 6.5: Coste en mano de obra de la instalación [elaboración propia].....	64
Tabla 6.6: Amortización de elementos de instalación de bombeo solar [elaboración propia]	64
Tabla 6.7: Comparativa de inversiones [elaboración propia].....	65

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Fin de Grado se pretende diseñar un sistema que pueda captar el agua, es decir, los recursos hídricos de la finca de ganadería extensiva “Las Calderas” y bombearla hasta los puntos de almacenamiento utilizando los recursos energéticos propios.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA FINCA “LAS CALDERAS”

La finca “Las Calderas” se encuentra situada entre los términos municipales de Villanueva de Córdoba y Torrecampo, municipios de la provincia de Córdoba. La extensión total de la finca es de 400 hectáreas con dehesa de pastos y encinas, pastos que sirven de alimento al ganado vacuno y las encinas que en su época fructífera alimenta con bellotas al ganado porcino. El suelo de la finca está formado por granito con zonas de mucho afloramiento de la masa granítica, lo que hace que el agua escurra en esta piedra, al no ser porosa, favoreciendo así la escorrentía y evitando infiltraciones a la tierra. La zona en la que se encuentra la finca es de aprovechamiento mayoritariamente ganadero, la comarca de Los Pedroches.

En cuanto a ganadería de vacuno hay un total de 153 reproductores con alrededor de 80 terneros que incluyen terneros destetados estabulados (mayores de 7 meses) y terneros lactantes (menores de 7 meses). El otro aprovechamiento ganadero de la finca corresponde al ganado porcino que, en función de la época, varía de número. En el periodo de la montanera (noviembre-febrero), el número total de cerdos llega a las 250 cabezas, siendo cerdo 100% ibérico de bellota. En esa época se solapan el engorde final de los cerdos a base de bellota con el crecimiento inicial de los lechones de la siguiente campaña. Al final de este documento y a modo de Anexo se incluirán los planos de la finca con la localización de los puntos de extracción, almacenamiento y consumo de agua.

1.2 MOTIVACIÓN

La justificación y motivación de este trabajo es la clara sequía por la que está pasando España y desde las necesidades de las fincas de ganadería. En muchas fincas de la Comarca de Los Pedroches a diario tienen que transportar camiones cisterna con agua procedente de otros lugares (embalses, balsas o depósitos) en donde si se ha almacenado y gestionado el agua adecuadamente. El coste de transporte de esta agua es elevado debido a la actual crisis de combustible y además provoca una descompensación en las distintas cuencas extrayendo de una cuenca demasiada agua.

La solución, o al menos la planteada en este proyecto, es el almacenamiento en época de abundancia de agua para poder utilizar esa agua en la época de verano. De esta manera se utilizarían los recursos propios de la finca y no se haría uso de otras cuencas reduciendo así costes de la explotación. Todo esto utilizando energías limpias como la energía solar fomentando así el autoabastecimiento.

1.3 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

En esta época las políticas y legislaciones de las grandes potencias mundiales siguen unos objetivos que pretenden cumplir. Las actuaciones que se hagan deben tener como fondo estos objetivos de manera que consigamos un desarrollo sostenible. Este proyecto se alinea con los siguientes objetivos.

- **6. Agua limpia y saneamiento:** La mayoría de los puntos de extracción son sondeos cuya profundidad es superior a 50 m por lo que el proceso de filtrado del agua hace que a esas profundidades llegue agua limpia que se extrae y consume.
- **9. Industria, innovación e infraestructura:** Como punto innovador se tiene que la incorporación de bombas sumergibles y paneles solares a fincas. Hasta ahora en la mayoría de fincas de ganadería de la zona se venía extrayendo el agua con motores-

bomba que consumían gasolina. Además, se cuenta con una gran infraestructura de almacenes y tuberías para la canalización de agua.

- **12. Producción y consumo responsable:** El agua es otro bien y su excesiva extracción provoca una disminución de las reservas de agua y agotamiento de los acuíferos subterráneos, por lo que se hace un estudio previo de las necesidades hídricas del ganado. Además, existe una producción responsable de animales en esta finca ya que al ser ganadería extensiva no se pueden aglutinar demasiadas cabezas en un mismo espacio.
- **13. Acción por el clima:** Como se ha expuesto anteriormente, la eliminación de los motores-bomba a gasolina produce, por tanto, una disminución de los gases contaminantes, lo que constituye una verdadera acción por el clima.
- **15. Vida de ecosistemas terrestres:** La eliminación de los motores de combustión interna también reduce el riesgo de incendios forestales ya que en el interior del motor se producen continuas explosiones, el motor se calienta, se producen chispas de la bujía... lo que produce gran riesgo de incendio que sumado a la cantidad de pasto que hay en determinadas épocas del año, puede desembocar en un gran incendio que destruya el ecosistema de alrededor.

1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La línea de trabajo que se seguirá está diferenciada en varias etapas cada una necesaria para trabajar en la siguiente:

1. Obtención de los datos climáticos de la zona para hacernos una idea de la magnitud del problema.
2. Cálculo de la cantidad de agua consumida por la cabaña de ganado para ver las necesidades.
3. Estudio de la infraestructura actual
4. Dimensionado de una nueva estructura
5. Estudio de viabilidad económica

Capítulo 2. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO DE LA FINCA

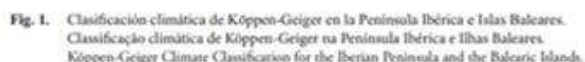
El clima está directamente asociado al estudio ya que los cambios que se produzcan en este afectan a las reservas de agua de la finca. Es el punto de partida del trabajo, se necesita saber la calidad y cantidad de materia prima (agua) que se tiene ya que la escasez de esta es el problema principal de la ganadería en el sur de España y una de las motivaciones de este trabajo.

Hay varias líneas en este capítulo, una es el estudio de las precipitaciones como principal fuente de escasez de agua. Seguidamente se hace el estudio de las temperaturas ya que estas hacen mella en la evaporación del agua en almacenamientos y en el consumo de agua por los animales.

El cambio climático es algo que está a la orden del día por lo que se estudiará el comportamiento de ambas variables climatológicas a lo largo del tiempo. Como se puede saber por distintos estudios, la temperatura media global no hace más que aumentar y las precipitaciones disminuyen considerablemente a lo largo de los años. En el estudio se observará esta tendencia adaptada a la zona en la que se encuentra la finca.

2.1 EL CLIMA EN LA ZONA

La situación en la península ibérica de la finca hace que el clima de esta sea mediterráneo como el de todos los países que baña dicho mar. A partir de los datos obtenidos de la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), se puede decir que el clima de la zona en la que se sitúa la finca es un clima mediterráneo continental que se caracteriza por tener



Según este atlas climático ibérico, el clima que corresponde con la finca es Csa (templado con verano seco y caluroso): La temperatura de los meses con más frío está comprendida entre los 0 y 18°C. El verano es caluroso siendo la temperatura media del mes más caluroso es superior a 22°C. En el siguiente climograma (Ilustración 2.2) se puede observar gráficamente la evolución de lluvias y temperaturas:

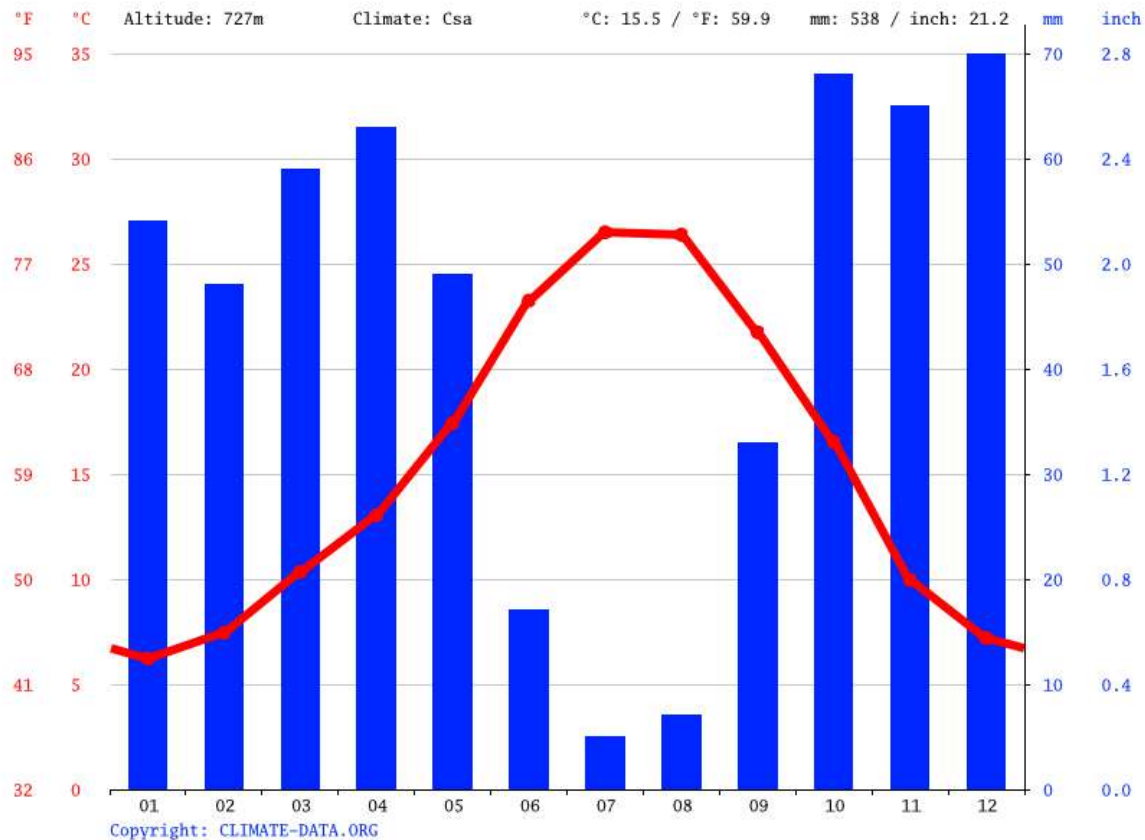


Ilustración 2.2: Climograma del clima Csa [2]

La época estival en este clima se caracteriza cada vez más por unos veranos largos, calurosos y secos, el cese de las precipitaciones ocurre antes y el inicio del otoño se retrasa. Las temperaturas en el verano alcanzan los 35°C la mayoría de los días y en determinados meses pueden sobrepasar los 40°C a la sombra. Estas temperaturas tan altas que los animales busquen sombra y agua para protegerse del calor, llegando a consumir grandes cantidades de agua por animal y que se estudiará en capítulos sucesivos.

2.2 PRECIPITACIONES

En este punto se analizan las precipitaciones a lo largo de varios años (desde enero del 2010 hasta diciembre del 2022). En el siguiente gráfico (Ilustración 2.3) se han representado las precipitaciones acumuladas por meses:

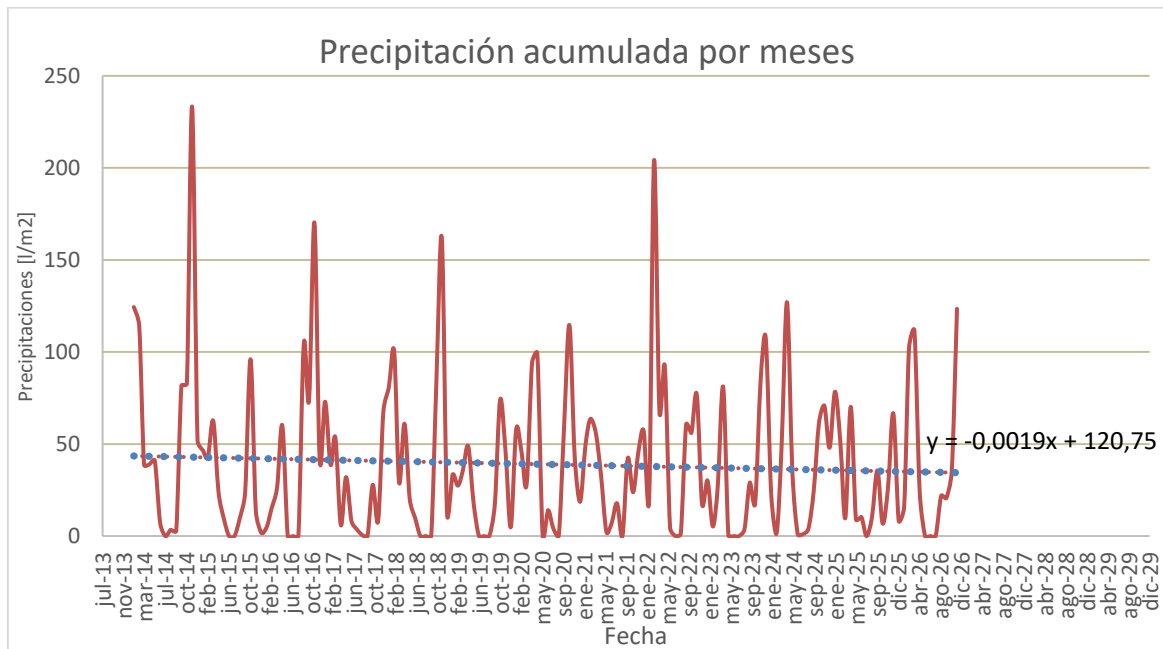


Ilustración 2.3: Gráfico de precipitación acumulada por meses [elaboración propia]

A la vista del gráfico de precipitaciones acumuladas por meses (Ilustración 2.3) se puede observar la gran diferencia que existe entre los meses de invierno y de verano. En algunos meses desde el 2009 las precipitaciones acumuladas han superado los 150 l/m² e incluso los 200 l/m². La línea de tendencia muestra la variación de la precipitación acumulada por meses a lo largo de los años estudiados. Se observa un claro descenso de las precipitaciones debido al cambio climático. La interpretación de línea de tendencia cuya ecuación se muestra en el gráfico es que la variable y indica la precipitación en l/m² y x los días, **la pendiente de esa gráfica como se puede observar es negativa y parece que seguirá siendo descendente en un futuro. Esto indica un claro descenso de las precipitaciones acumuladas a lo largo del tiempo.**

2.2.1 RELACIÓN ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y EL AGUA CAPTADA

Como es lógico, no toda el agua que llueve es captada y aprovechada para uso en agricultura o ganadería, sino que gran parte de esta agua necesita quedarse embalsada o seguir su curso natural para mantener el ecosistema. Uno de los grandes problemas que se plantean en la extracción de agua es la cantidad que se extrae, sobre todo cuando esta se realiza de acuíferos

subterráneos ya que en estos no se puede observar directamente el nivel de agua. La cuestión entonces es ¿Qué porcentaje del agua de lluvia llega al acuífero subterráneo o embalse del cual extraigo el agua? La pregunta es compleja ya que esto depende de diversos factores siendo las principales la porosidad del terreno y la extensión de la cuenca del embalse. Debido a la complejidad de cálculos y estudios necesarios para extraer dicho dato y, puesto que no es el objetivo de dicho proyecto, la relación precipitación-agua recogida no es necesaria pero viene bien citarlo.

2.2.2 ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES

Analizados los datos anteriormente expuestos, se puede representar un gráfico de cajas y bigotes (Ilustración 2.4) para observar los datos más típicos y los datos anormales:

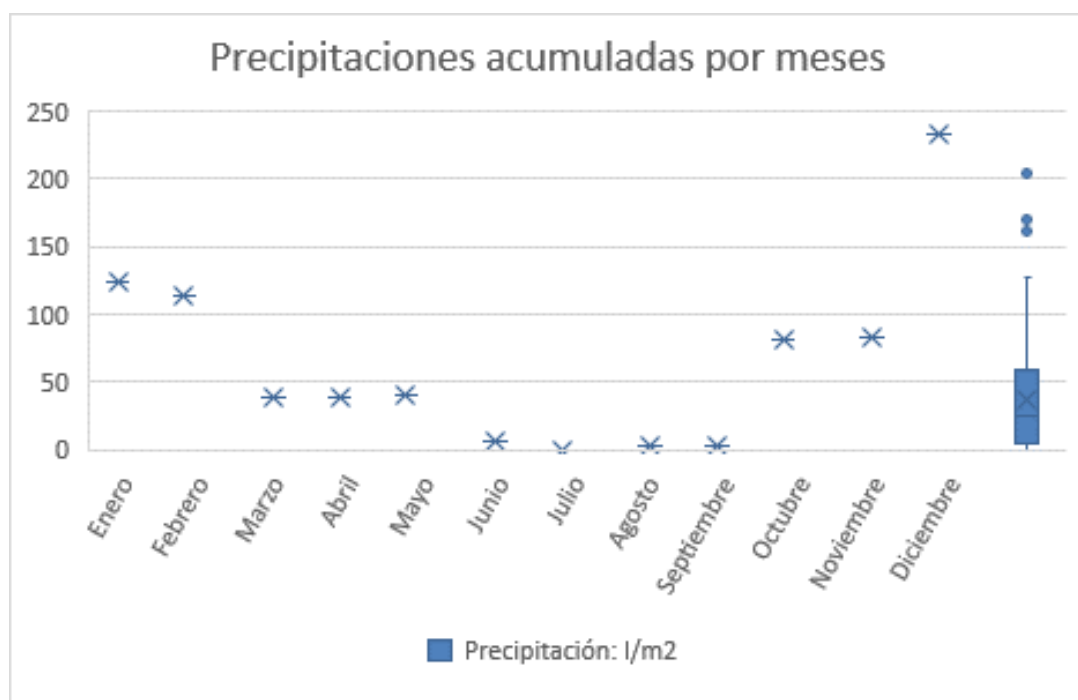


Ilustración 2.4: Gráfico de caja y bigotes de precipitaciones acumuladas por meses [elaboración propia]

A la vista del gráfico anterior se puede decir que la varianza de las precipitaciones acumuladas por meses es baja, es decir, no hay cambios significativos de un año a otro. Extraída esta conclusión se analizan los datos y se extraen las siguientes medias representadas en el gráfico (Ilustración 2.5) y la tabla adjunta (Tabla 2.1).

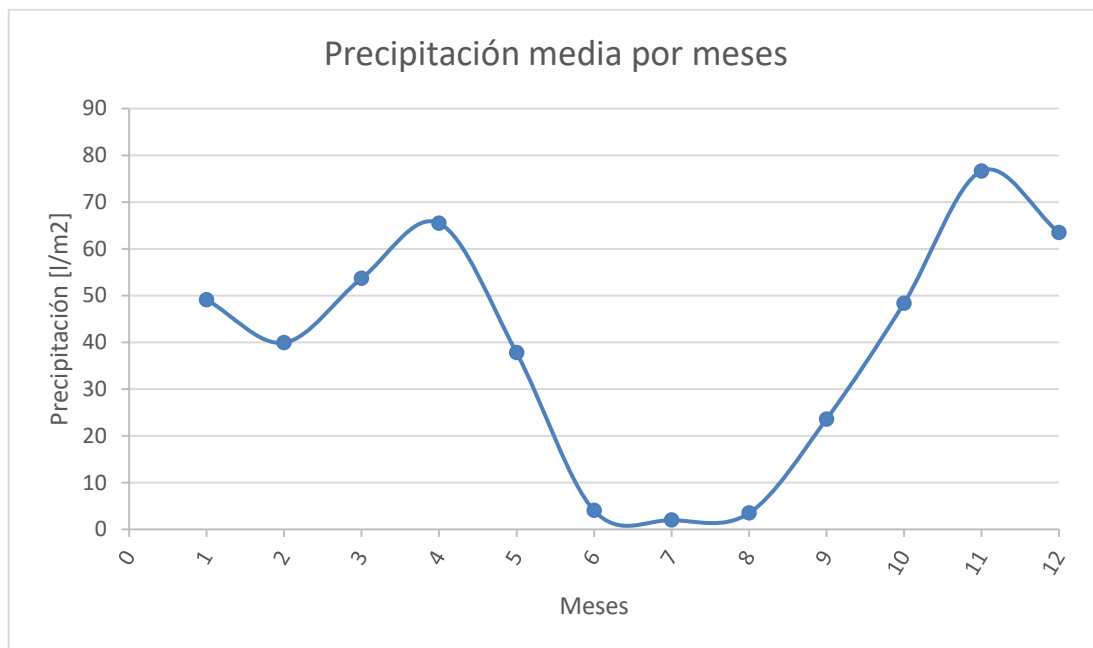


Ilustración 2.5: Gráfico de precipitación media por meses [elaboración propia]

En la siguiente tabla (Tabla 2.1) se recogen los datos numéricos por meses que serán utilizados para el resto del proyecto:

Mes	Precipitación [l/m²]
Enero	49,12
Febrero	39,94
Marzo	53,69
Abril	65,49
Mayo	37,78
Junio	4,05
Julio	1,98
Agosto	3,48
Septiembre	23,58
Octubre	48,37
Noviembre	76,65
Diciembre	63,49

Tabla 2.1: Precipitaciones medias por meses [elaboración propia]

2.3 TEMPERATURAS

Como se ha expuesto antes, el clima de la zona se caracteriza por veranos secos, cálidos y largos e inviernos fríos. Como el objetivo del trabajo es, a partir del agua consumida por el ganado y las precipitaciones, dimensionar el sistema, lo que más interesa es la temperatura en los meses de verano. El consumo de agua va directamente ligado a la temperatura, aumentando dicho consumo con la temperatura, además existen otros factores como pueden ser la cantidad de materia seca ingerida que se verá en capítulos posteriores.

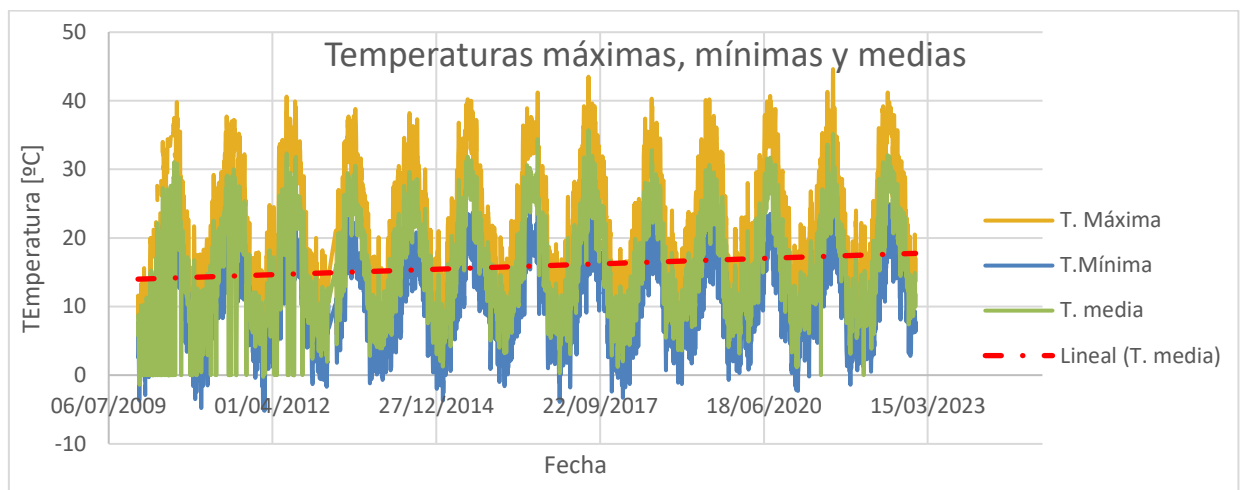


Ilustración 2.6: Gráfico de temperaturas máxima, mínima y media [elaboración propia]

En el gráfico anterior (Ilustración 2.6) se pueden observar los picos paralelos en las temperaturas máximas, mínimas y media correspondiente a las épocas estivales. De nuevo, la línea de tendencia muestra el claro ascenso de la temperatura media con el paso de los años.

2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo dedicado a un estudio del clima en la zona se puede llegar a la conclusión que ya se advierte en numerosos informes de organizaciones nacionales e internacionales, el cambio climático está haciendo que aumenten las temperaturas y disminuyan las precipitaciones. Esto es algo que de manera evidente afecta a las actividades del sector

primario, especialmente a la agricultura y la ganadería como es el caso de la finca objeto de estudio de este proyecto.

Como indica el nuevo programa marco de la Unión Europea (UE), una de las 5 áreas principales en las que se ha dividido este programa es la **adaptación** al cambio climático. Es decir, el objetivo ya no es parar el cambio climático o revertirlo, sino adaptarse al mismo de manera que este proyecto pretende la adaptación. La adaptación en forma de solución tecnológica tiene asociada una fuerte componente de sostenibilidad de forma que se intenta parar el cambio climático.

En relación directa con el proyecto podemos concluir en que el evidente cambio climático está haciendo disminuir las precipitaciones y aumentando las temperaturas lo que provoca una disminución del agua disponible y un aumento del consumo de esta, respectivamente.

Capítulo 3. NECESIDADES HÍDRICAS DE LA FINCA

En este capítulo se exponen las necesidades hídricas de la ganadería, es decir, el agua consumida por los animales durante el año ganadero. Como se ha comentado en capítulos anteriores, las altas temperaturas influyen de manera directa sobre la cantidad de agua ingerida. Además, hay otros factores como son la ingesta de materia seca (pastos, paja y heno) o la cantidad de distancia recorrida al día. Este es el punto principal de estudio, es lo que necesita la ganadería y que se tiene que buscar cubrir utilizando las tecnologías existentes y la buena planificación.

3.1 *CABAÑA DE ANIMALES*

La finca cuenta con ganadería bovina (vacas) en su mayoría y ganadería porcina (cerdos) de razas ampliamente extendidas y adaptadas al terreno. Tanto la ganadería de vacuno como la ganadería de porcino está adaptada a las temperaturas que combaten con el agua consumida en el verano y las sombras que proporcionan las encinas.

La cabaña de ganado bovino está formada por vacas de la raza «Charolesa» y de la raza «Aberdeen Angus», son razas con una aptitud cárnica muy buena catalogándose como una de las mejores carnes de vacuno. La raza «Charolesa» se caracteriza morfológicamente por ser unos animales grandes en comparación con otras razas de vacuno. El color de su capa es blanco lo que constituye una defensa natural ante las altas temperaturas del verano, sus cuernos son cortos y que destaca además por su rusticidad (adaptación). En cuanto a producción, tienen una tasa media de partos de gemelos y está entre las razas de bovino de carne con más producción de leche. El incremento de peso es alto pudiendo llegar a los 1,8 Kg/día [3].



Ilustración 3.1: Vaca raza charolesa y ternero [4]

La raza «Aberdeen Angus» se caracteriza morfológicamente por ser un animal de menos altura que la raza «Charolesa», además son animales mochos (no tienen cuernos) lo que facilita su manejo. En cuanto al pelaje, este es homogéneo habiendo dos líneas: negros y colorados, el pelaje de los animales «Angus» de la finca es el colorado. Su aptitud cárnica es mejor que la raza «Charolesa» y su crecimiento es más rápido. La carne está muy reconocida por la grasa infiltrada que tiene que le confiere ternura y su sabor.



Ilustración 3.2: Grupo de vacas raza angus [5]

Actualmente la cantidad de bovinos reproductores (vacas y toros) es de 153 y cuentan con alrededor de 71 terneros en total, contando los del cebadero. La ganadería apuesta cada vez más por la raza «Angus» aumentando anualmente el número de vacas reproductoras.

En cuanto a la ganadería de porcino cuenta con una cabaña de 125 cerdos 100% ibéricos de bellota que provienen otra ganadería y se crían desde los 2 meses de edad en la finca. Cuando se introducen los lechones tienen alrededor de 25 Kg y se van engordando en un recinto pequeño a base de piensos molidos hasta que tienen alrededor de 115 Kg (10 arrobas), durante casi un año (diciembre-noviembre). Luego comienza la montanera (noviembre-febrero) que es la época en la que la bellota de las encinas está madura y se cae alimentando a los cerdos y estos se sueltan al campo. En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de las cabezas de ganado de la finca y los meses que están, así como las distintas etapas por las que pasan.

Animales	Cantidad	Mes de inicio	Mes de finalización
Vaca/Toro	153	Todo el año	
Terneros	71	Todo el año	
Cerdo <45 Kg	125	Diciembre	Abril
Cerdo >45 Kg		Abril	Noviembre
Cerdo montanera		Noviembre	Febrero

Tabla 3.1: Resumen de cabaña de ganado [elaboración propia]

3.2 CANTIDAD DE AGUA NECESARIA

La cantidad de agua consumida por los animales depende de muchos factores como ya se ha comentado. Contrastando datos proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Guadiana [6] y la propia experiencia del ganadero se llega a la Tabla 3.2 en la que se exponen los consumos. La mayor diferencia se da entre distintos animales y entre distintas épocas del año debido a las temperaturas. La cantidad de agua consumida en invierno se reduce debido a las bajas temperaturas y el agua que es obtenida de arroyos de la finca. Puesto que este es un estudio ingenieril y no veterinario, esta cantidad obtenida de forma “natural” no se considera a la hora de hacer los cálculos pertinentes.

Verano (mayo-septiembre)					
Animal	Cantidad	Días	Litros	Consumos	l/cabeza/día
Vaca/Toro	153	150	2065500	Vaca/Toro	90
Ternero	71	150	319500	Terneros	30
Cerdo <45 Kg	0	150	0	Cerdo <45 Kg	4
Cerdo >45 Kg	125	150	187500	Cerdo >45 Kg	10
Cerdo montanera	0	150	0	Cerdo montanera	15
			Consumo total [m ³]	2572,5	

Invierno (octubre-abril)					
Animal	Cantidad	Días	Litros	Consumos	l/cabeza/día
Vaca/Toro	153	210	963900	Vaca/Toro	30
Ternero	71	210	223650	Terneros	15
Cerdo <45 Kg	125	120	60000	Cerdo <45 Kg	4
Cerdo >45 Kg	0	210	0	Cerdo >45 Kg	10
Cerdo montanera	125	120	150000	Cerdo montanera	10
			Consumo total [m ³]	1397,55	

Consumo total anual debido al ganado	3970,05 m³
---	------------------------------

Tabla 3.2: Consumos de agua por el ganado [elaboración propia]

A la tabla anterior habría que sumar una estimación que hace la confederación hidrográfica del Guadiana de 500 m³/año de consumo de agua en una vivienda. La vivienda es una casa rural que se habita únicamente los fines de semana pero que debido al consumo del riego de césped y la piscina se puede ponderar a una vivienda habitada todo el año. La cifra total de agua consumida en un año es de **4.470,05 m³** que serán proporcionados desde puntos de extracción hasta depósitos y desde estos a los bebederos. Se dimensionará a mayor con el objetivo a largo plazo de aumentar el número de cabezas de ganado en la finca. Se puede decir que el consumo a largo plazo será un 20% mayor, es decir **5.364,06 m³**.

3.3 INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONSUMO

El objeto de este proyecto no es la instalación de distribución y consumo sino la instalación de extracción, aunque el fin último de esa agua es dar de beber a los animales, por eso este pequeño subapartado. Los depósitos y balsas con los que cuenta la finca están en su mayoría situados en puntos de gran altitud geodésica lo que permite la administración de agua por gravedad hacia los pilones (abrevaderos).

El sistema de los bebederos es muy sencillo ya que es meramente mecánico. Hasta el pilón llega una tubería que suele ser de 1 pulgada con una masa de agua por gravedad, esta se acopla a una válvula flotador. La válvula-flotador está compuesta por un cuerpo metálico de latón, un elemento de cierre que es un dado con junta tórica y un elemento accionador que es una boya con un brazo. Cuando el nivel del agua es suficiente, la boya sube moviendo el brazo e introduciendo el dado en la salida del agua taponando esta. De igual forma cuando el nivel del agua baja el dado deja libre el hueco y permite que el agua llene el pilón. En la Ilustración 3.3 se muestra un pilón.



Ilustración 3.3: Pilon bebedero [elaboración propia]

3.4 RED DE ABASTECIMIENTO DE LA FINCA

La mayoría del agua que consumen los animales pasa por un depósito abierto a la superficie que, por la irradiación solar y las partículas en suspensión, ha creado algas y materia orgánica. Aunque el agua está aparentemente transparente, tiene una contaminación biológica y algo de turbidez que la hace no potable para el consumo humano, aunque es apta para el ganado.

Puesto que la fuente de extracción del agua es la misma para los dos usos, el agua destinada para la vivienda sigue una tubería hasta unos depósitos cerrados cercanos a la vivienda. Estos depósitos están colocados en una altura mayor a la vivienda y proporcionan el caudal, presión y condiciones para que esta agua sea apta para el consumo humano.

3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se concluye las necesidades que tiene la finca tanto en consumo ganadero como en consumo humano. Se busca una autosuficiencia en la captación de agua, de manera que los casi **5.400 m³** necesarios sean procedentes de los puntos de extracción que tiene la finca. Así se conseguirá una reducción importante de costes económicos y de la huella de carbono que deja el transporte de agua como dice el séptimo ODS de energía limpia y libre de contaminación.

Capítulo 4. INFRAESTRUCTURA ACTUAL

La finca “Las Calderas” tiene una instalación actualmente operativa que permite extraer el agua, bombearla hasta los depósitos y balsas y desde allí distribuir las hasta los bebederos. Se divide este estudio en 3 partes: extracciones, conducciones y almacenamiento en ese orden y de parte correlacionada.

4.1 PUNTOS DE EXTRACCIÓN

4.1.1 PERFORACIONES

Las perforaciones se han clasificado para este trabajo en 3 dependiendo de la capacidad de obtener agua de cada una y de la antigüedad asociada. La finca cuenta con algunos *pozos tradicionales*, estos son pozos que se hicieron hace 60 años aproximadamente. Estos se hacían de forma totalmente manual por la gente que habitaba por aquel entonces en el campo. Su profundidad no supera los 3 metros y la capacidad de captar agua es muy baja hoy en día debido al descenso de la capa freática. El sentido de aquellos pozos es la poca carga ganadera que había en aquel entonces y un nivel freático mucho más alto que el actual. Estos tienen en su mayoría un brocal de piedras sin argamasa y se sitúan en los cauces de los arroyos y/o en cañadas. También se utilizaban como depósitos naturales para esas épocas de más calor.

El otro tipo de pozos son más modernos y se han denominado «*pozos de excavadora*». Tienen alrededor de 40 años, época en la que existían retroexcavadoras con brazos que podían llegar hasta los 8 metros de profundidad. Este tipo de pozos también se sitúan en zonas bajas, pero ya no necesariamente en cauces de arroyos puesto que la capacidad de captar agua de estos es mucho mayor. Suele tener un brocal de ladrillo con pequeños agujeros para permitir la entrada del agua subterránea. Tanto este tipo de pozos como el anterior tienen un diámetro de entre 2 y 5 metros.

El último y más moderno tipo de perforación es el llamado *sondeo subterráneo* que se realiza mediante una barrena larga que gira y extrae el material. Su diámetro es en torno a 20 centímetros y consta de varios tubos de PVC. El primero de esos tubos es filtrante, consta de agujeros y se coloca a 10 metros de profundidad y hasta el fondo; contiene ranuras longitudinales por las que puede entrar agua. En la parte superior y más exterior, encima de los tubos filtrantes se colocan tubos herméticos para proteger la masa de agua de agentes contaminantes que se mueven en la superficie o a poca profundidad. Luego se coloca un tubo de diámetro más pequeño y con agujeros en toda la perforación y entre ambos se rellena de grava fina hasta una profundidad de un metro. Los agujeros de los que constan los distintos tubos permiten el paso del agua y la filtran evitando que entre sólidos que puedan obstruir la bomba.

Haciendo recuento de puntos de extracción hay 4 pozos utilizados para la extracción de agua, muchos de ellos no son utilizados de forma habitual, pero se pueden utilizar en cualquier momento. Algunos se utilizan en época de abundancia de agua con bombas de combustión que permiten elevar un gran caudal. Sondeos son el otro tipo y hay un total de 3 siendo este tipo de perforaciones las utilizadas durante todo el año. A continuación, en la Tabla 4.1, se muestran los puntos de extracción que se utilizarán para el dimensionado, la altura geodésica de los mismos y el caudal máximo de extracción de cada punto. También se presentan las alturas dinámicas de cada punto de extracción. Esta altura dinámica es la distancia entre la superficie y el punto donde está la bomba (altura máxima de bombeo)

Punto de extracción	Altitud [m]	$Q_{\max}$ [m ³ /día]	H _{dinámica}
Sondeo de los cercados	629	20	70
Pozo 2	598	20	3
Sondeo 1	640	20	60
Balsa de los cercados	632	20	2

Tabla 4.1: Perforaciones de extracción [elaboración propia]

En cuanto a la capacidad de retener agua de los pozos es baja debido a como se ha comentado antes, hay un descenso de la capa freática. En cambio, los sondeos dan agua todo año extrayendo de una manera responsable y utilizando bombas solares que tienen poco caudal.

Nunca se ha vaciado ningún sondeo debido a una extracción excesiva. En la Ilustración 4.1 se muestra la boca del sondeo y el contador que es necesario por ley para la legalización de la extracción en la confederación hidrográfica.



Ilustración 4.1: Sondeo con bomba y contador [elaboración propia]

4.1.2 PUNTOS DE EXTRACCIÓN ABIERTOS A LA SUPERFICIE

Como punto de extracción abierto a la superficie contamos con los pantanos que se llenan con los arroyos que confluyen en ellos. Estos tienen distinta capacidad de retener agua y esto depende de muchos factores como son: la extensión de la cuenca, la orografía de la cuenca, la humedad del terreno, la piedra que hay en el terreno... En este trabajo se plantea una capacidad de retener agua de los pantanos obtenida de forma experimental observando a lo largo de los años.

En la finca hay dos pantanos de los que se extrae agua, el pantano de “Los Peñascos” y el pantano de Venancio. El primero de ellos se llena cuando caen aproximadamente 50 litros por metro cuadrado y sin importar mucho la época. Esto se debe a que la cuenca tiene piedra granítica (impermeable) y gran pendiente lo que permite que el agua escurra por la superficie

sin infiltraciones. El segundo pantano se encuentra en una cuenca menor y además de ser más llana no tiene una base granítica, este necesita en torno a 300 litros por metro cuadrado para llenarse. Además, cuando la humedad de la tierra es baja absorbe mucha más agua en la cuenca impidiendo que llegue al pantano. Se presentan los pantanos y la altura geodésica de los mismo en la Tabla 4.2:

Punto de extracción	Altitud [m]
Pantano de Venancio	618
Pantano de los Peñascars	607

Tabla 4.2: Pantanos y altura geodésica [elaboración propia]

En la siguiente Ilustración 4.2 se muestra el pantano de Venancio con un muro de hormigón



Ilustración 4.2: Pantano de Venancio [elaboración propia]

4.2 INSTALACIÓN DE BOMBEO

Las instalaciones que hay en la mayoría de los puntos de extracción son bombas solares, aunque hay en los pozos de los que se extrae agua en invierno un motor bomba centrífuga de combustión. En este apartado se describen ambos procedimientos para obtener agua:

4.2.1 MOTORES BOMBA DE COMBUSTIÓN

Los motores bomba de combustión interna son motores de 2 cilindros que utilizan gasolina como combustible. Al mover el eje, este mueve unos álabes contiguos que extraen agua y la impulsan, como cualquier bomba rotodinámica, necesita estar alimentada por lo que requiere una mano de obra para ponerla en funcionamiento. Además, la combustión es peligrosa en la época estival puesto que una chispa puede desencadenar un incendio. En la siguiente Ilustración 4.3 se puede ver una motobomba de combustión que permite extraer grandes caudales en poco tiempo, pero con mucho gasto.



Ilustración 4.3: Motobomba de combustión [7]

En la Tabla 4.3 se muestran las características de la motobomba anterior:

Marca	Honda
Modelo	WH 100 X
Potencia motor	6,3 kW
Consumo	1,55 l/h
Altura efectiva máxima	95 m
Caudal máximo	28 m ³ /h

Tabla 4.3: Características de la motobomba de combustión [8]

4.2.2 BOMBAS SUMERGIBLES

Las bombas sumergibles como su nombre indican se encuentran sumergidas en el agua del pozo o del sondeo. Estas bombas son bombas centrífugas que utilizan la energía eléctrica para mover un rodete de álabes curvados hacia atrás lo que hace que el fluido gane una gran energía cinética. A la salida del rodete se coloca un difusor que transforma la energía cinética del agua en energía potencial de altura y coloca el agua para la entrada en el siguiente rodete.

Estas bombas suelen tener varios rodetes en serie movidos por un mismo eje cada uno con su difusor incorporado. En el interior de las bombas no hay problemas de cavitación, además estas bombas no hay que alimentarlas puesto que son autocebantes al estar sumergidas. Actualmente hay dos tipos de bombas según las necesidades de altura y caudal del punto:

- **Grundfos SQFlex 2,5-2:** Para puntos donde se necesita poca altura y que da un caudal mayor.
- **Grundfos SQFlex 0,6-2:** Estas bombas están instaladas en extracciones donde la altura necesaria es muy alta y el caudal debe ser bajo.

Ambas bombas son movidas por un motor de corriente continua MSF3 que es un motor sin escobillas conmutado electrónicamente con rotor de imán permanente. La tensión de alimentación del motor es de 30-300V de corriente continua que es proporcionada por las placas solares directamente.

A continuación, se describen las bombas con sus características:

4.2.2.1 Bomba Groundfos SQFlex 2,5-2

Es una bomba de la marca Groundfos de la gama SQFlex, 2,5 indica que el caudal nominal es de $2,5 \text{ m}^3$ a 3000 rpm. Para ese caudal la documentación establece que es una bomba de rotor helicoidal, el segundo número de la nomenclatura es el número de etapas, en este caso es una bomba bietapa. Una bomba bietapa es aquella que contiene dos rodetes en serie de manera que cada uno de ellos le da una altura que se suma y proporcionan una altura total. La siguiente gráfica muestra las curvas propias de la bomba (Ilustración 4.4).

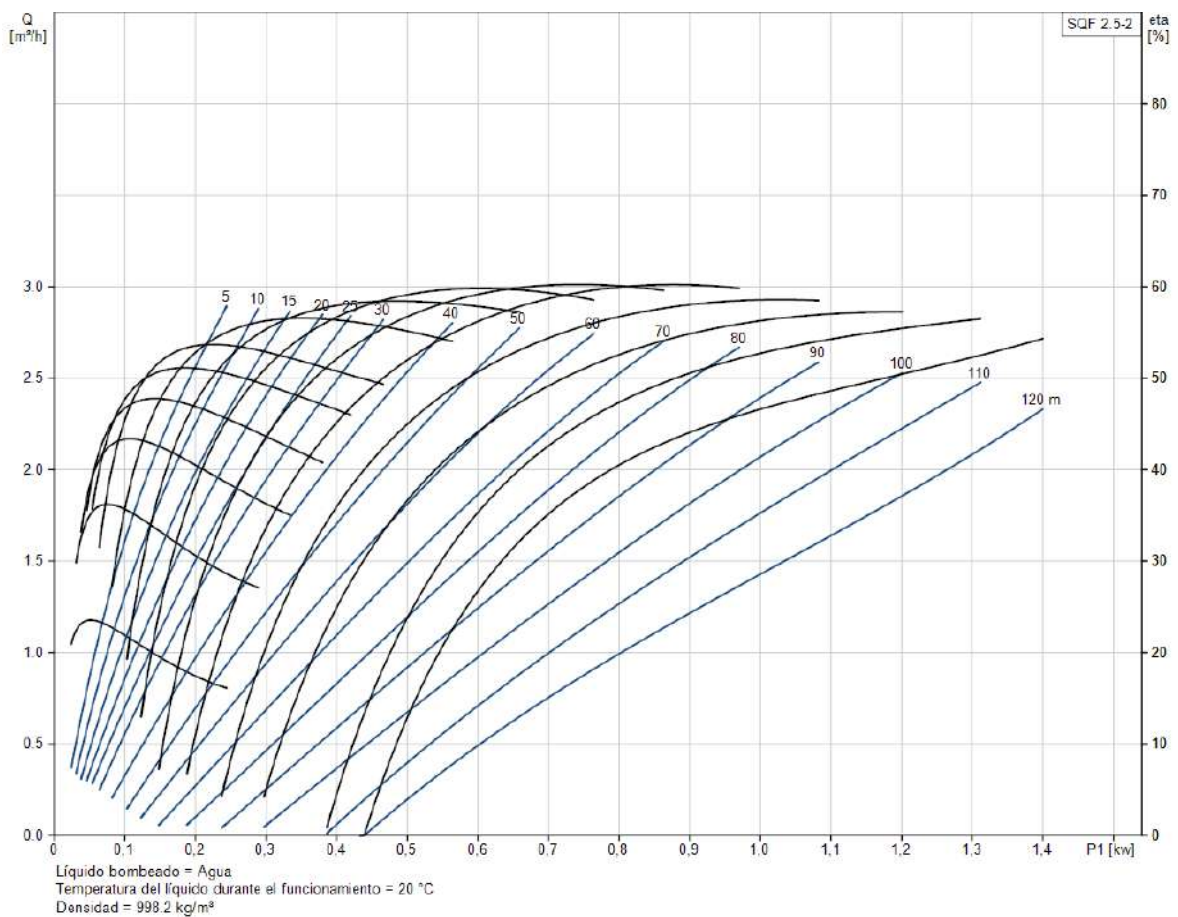


Ilustración 4.4: Curvas Q-h Groundfos SQFlex 2,5-2 [9]

4.2.2.2 Bomba groundfos SQFlex 0,6-2

Esta bomba es también de la marca Groundfos gama SQFlex con un caudal nominal de 0,6 m³ a 3000 rpm y bietapa como la anterior. La siguiente gráfica (Ilustración 4.5) muestra las curvas propias de la bomba.

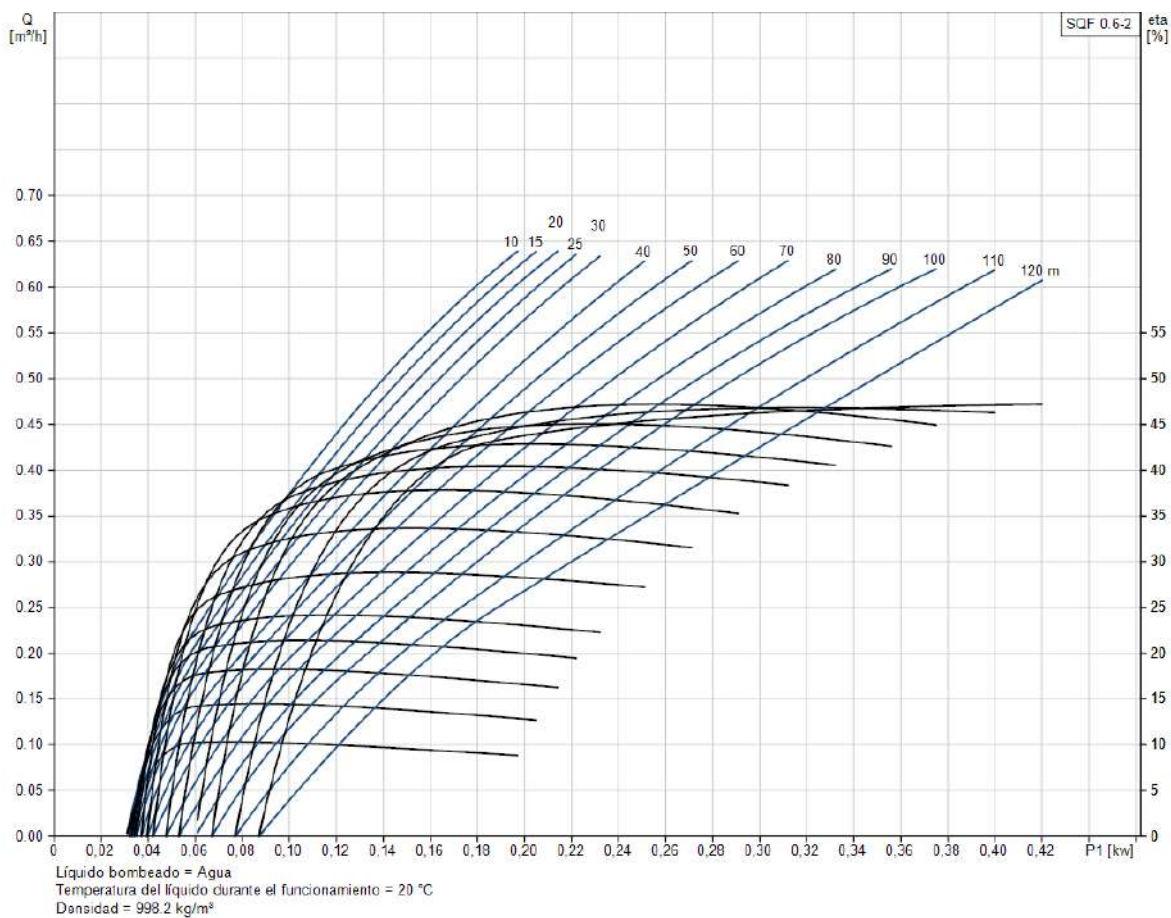


Ilustración 4.5: Curvas Q-h Groundfos SQFlex 0,6-2 [9]

4.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La fuente de energía para alimentar las bombas es principalmente solar. Los paneles solares instalados en el sondeo de “Los cercados” son 2 paneles de 190W que proporcionan la energía necesaria a la bomba. En otros puntos hay paneles de otras marcas, pero con tecnología similar.

La tecnología solar se divide en dos: células solares monocristalinas y células solares policristalinas. Las células monocristalinas están formadas por un único cristal de silicio, tiene mayor eficiencia y es más duradero. La célula policristalina en cambio es menos duradera y está formado por múltiples partículas de silicio cristalizadas; su precio en cambio es menor que el del panel monocristalino.

Todos los paneles actuales de la finca son monocristalinos debido a la apuesta que se ha hecho por la sostenibilidad desde un primer momento. El panel de referencia es el *SANYO HIP-190BE3* que se muestra en la Ilustración 4.6 siendo las características de este las presentadas en la Tabla 4.4 se presentan los valores nominales de dicho panel.



Ilustración 4.6: Panel solar actual [elaboración propia]

Modelo	HIP-190BE3
Potencia nominal [W]	190
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	67,5
Intensidad de cortocircuito (Isc) [A]	3,75

Tabla 4.4: Valores nominales del panel solar HIP-190BE3

4.4 SISTEMA DE CONDUCCIÓN

La instalación de transporte desde los lugares de extracción hasta los lugares de almacén se hace mediante tuberías de PEAD (Polietileno de Alta Densidad). Son conducciones de un material plástico que permite dar giros de pequeña curvatura y son flexibles ante los pequeños movimientos que puede tener el terreno. Su radio de curvatura depende del tamaño del tubo que se mide en pulgadas y para los radios más pequeños se utilizan codos. Es un material atóxico, tiene elevada resistencia a los rayos UV y tiene un peso bajo facilitando así su instalación. En la Ilustración 4.7 se muestran tuberías de PEAD de distintos tamaños y los diferentes accesorios.



Ilustración 4.7: Tuberías PEAD y diferentes accesorios [10]

Objeto de este estudio es averiguar las pérdidas de carga de dicho conducto debido a la fricción que puede generarse en este. No es de interés, por tanto, las presiones máximas que puedan soportar los conductos ya que no hay grandes desniveles ni bombas con mucha altura efectiva. En la Tabla 4.5 se presentan las distintas conducciones que se van a estudiar para el cálculo de las bombas, la longitud, las válvulas, codos y T, así como la diferencia de altura geodésica existente entre ambos puntos.

Tramo	L [m]	Válvulas	T	Codos	ΔH [m]
Sondeo cercados - Depósito de la cruz	889,83	3	3	3	24,00
Sondeo cercados - Balsa de los perales	1599,77	6	5	4	24,00
Sondeo cercados - Depósito cerrado 1	1716,03	6	6	6	20,00
Sondeo cercados - Depósito cerrado 2	1733,76	2	0	4	25,00
Balsa de los cercados - Depósito de la cruz	841,40	3	1	1	21,00
Balsa de los cercados - Depósito cerrado 2	1692,92	2	1	3	22,00
Pozo 2 - Balsa 2	328,41	2	1	1	34,00
Pozo 2 - Depósito corrales	454,64	2	2	3	43,00
Pozo 2- Tinajas 1	563,69	1	0	1	49,00
Pantano de los Peñascos - Pantano de Venancio	605,61	1	0	1	11,00

Tabla 4.5: Tramos de tuberías para dimensionamiento [elaboración propia]

4.5 PUNTOS DE ALMACENAMIENTO

Estos puntos son los que permiten almacenar agua y hacer frente a la época estival, en otros lugares estos puntos de almacén son pequeños y no pueden guardar agua para todo el verano. Hay varios tipos de estos puntos:

- **Depósitos de chapa:** son depósitos cilíndricos de chapa galvanizada que permiten almacenar hasta 1.230 m³. Hay dos tipos actualmente en la finca: uno descubierto a la superficie y dos cerrados por arriba. La Ilustración 4.8 e Ilustración 4.9 muestran el exterior e interior de los citados depósitos



Ilustración 4.8: Interior del depósito de chapa abierto [elaboración propia]



Ilustración 4.9: Exterior del depósito de chapa cerrado [elaboración propia]

- **Tinajas:** estas son depósitos cilíndricos de hormigón con una capacidad de 20 m³. En la Ilustración 4.10 se muestra un grupo de tinajas que almacenan el agua.



Ilustración 4.10: Grupo de cuatro tinajas [elaboración propia]

- **Balsas:** consisten en excavaciones en la tierra con unas paredes de tierra compactada y que luego se recubre con polietileno negro que impide la filtración del agua. Estas varían su capacidad en función de la profundidad y esta depende de si se ha llegado a un lecho de roca durante la excavación. En la Ilustración 4.11 se muestra la balsa de los cercados.



Ilustración 4.11: Balsa de los cercados [elaboración propia]

En la Tabla 4.6 se describen los diferentes almacenamientos y las capacidades de cada uno llegando a una capacidad total de 13.622 m³. Además, se presenta la altura de los puntos

Lugar	Capacidad [m ³]	Altitud
Depósito cerrado 1	265	649
Depósito cerrado 2	265	654
Balsa de los perales	900	653
Depósito de la cruz	700	653
Balsa de los cercados	3200	637
Tinajas 1	72	647
Balsa 1	1100	643
Balsa 2	1100	632
Depósito corrales	20	641
Pantano de los peñascos	3000	607
Pantano de Venancio	3000	618
TOTAL	13.622	

Tabla 4.6: Puntos de almacenamiento (capacidad y altura) [elaboración propia]

Se presenta a continuación un esquema completo de toda la instalación desde el punto de extracción hasta el punto de almacenamiento. En Ilustración 4.12 se puede ver que existe una tubería de aspiración totalmente vertical de 1 pulgada que va desde la salida de la bomba hasta la boca del sondeo y a partir de esta, una tubería de 1,5 pulgadas hasta el punto de almacenamiento.

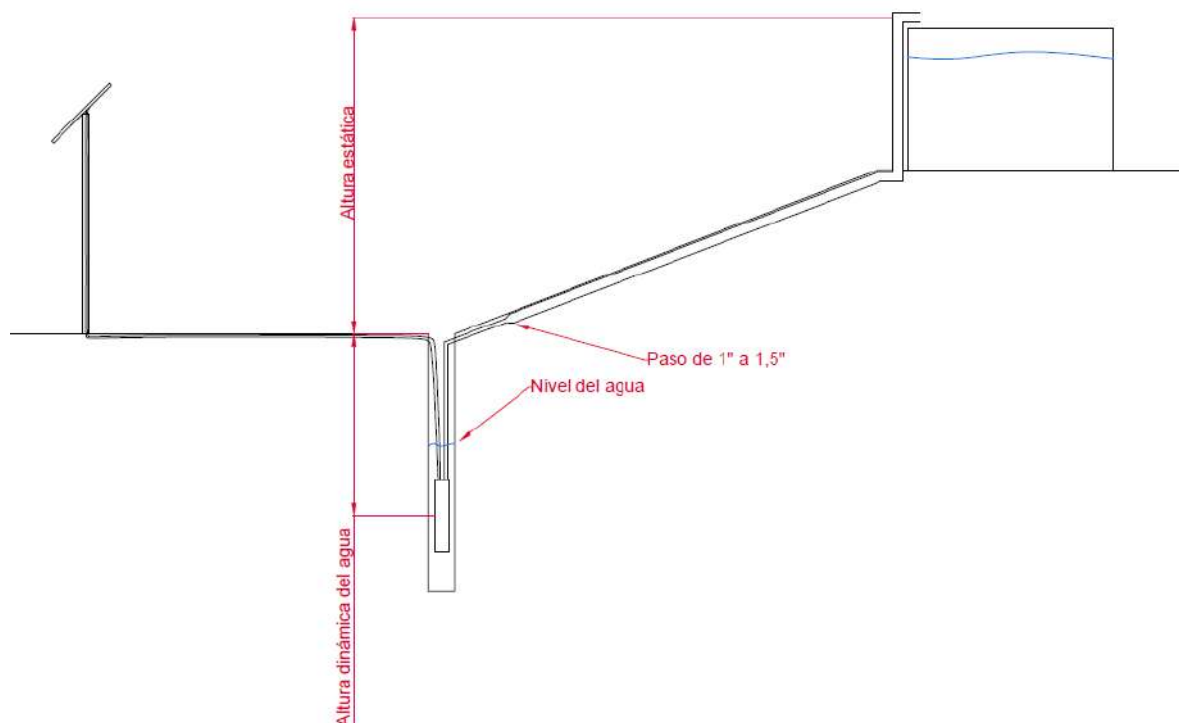


Ilustración 4.12: Esquema completo de la instalación [elaboración propia]

Además, hay dos alturas, una geodésica medida desde la boca de la perforación hasta el depósito y otra desde la boca del sondeo hasta el nivel donde se encuentra la bomba (altura máxima que podrá bombear).

Como conclusión total se puede decir que con todos los almacenamientos llenos se retiene una cantidad de agua 2,5 veces superior al consumo anual. Este dimensionamiento teniendo en cuenta que los dos pantanos están llenos.

Capítulo 5. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En este capítulo se hace un análisis y diseño de la instalación partiendo de la altura necesaria de bombeo (contando pérdidas hidráulicas, altura geodésica...), posteriormente se selecciona la bomba y por último se adecúa la instalación fotovoltaica a la potencia necesaria de la bomba.

5.1 DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico para la selección de la bomba se hace a partir de la *ecuación de Bernoulli* que rige la diferencia de alturas, presiones y velocidades entre dos puntos de la instalación. La Ecuación 5.1 descrita a continuación rige el comportamiento hidráulico de la instalación.

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 + h_b = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + h_t + h_f + h_m$$

Ecuación 5.1: Ecuación de Bernoulli para instalaciones hidráulicas

$\rho \equiv$ densidad del fluido ($\rho_{agua} = 998,2 \frac{Kg}{m^3}$)

$g \equiv$ gravedad ($9,81 \frac{m}{s^2}$)

$p_x \equiv$ presión del punto x [Pa]

$v_x \equiv$ velocidad del fluido en el punto x [$\frac{m}{s}$]

$z_x \equiv$ altura geodésica del punto x [m]

$h_b \equiv$ altura efectiva que proporcionan las bombas [m]

$h_t \equiv$ altura efectiva que consumen las turbinas [m]

$h_f \equiv$ altura de las pérdidas hidráulicas primarias[m]

$h_m \equiv$ altura de las pérdidas hidráulicas secundarias[m]

En este problema no tenemos tanques presurizados ni grandes diferencias de altitud, por lo que el término correspondiente a la presión es igual en ambos lados de la ecuación (presión atmosférica). Tampoco tenemos turbinas, por lo que la altura correspondiente a las mismas (h_b) no contribuye en el diseño.

Las pérdidas hidráulicas se dividen en dos tipos: pérdidas hidráulicas primarias que son las debidas a tramos rectos del conducto y que se deben a la propia fricción con el conducto. Las pérdidas hidráulicas secundarias se deben a los elementos de unión, paso, codos, “T”... que forman la instalación. Ambas pérdidas se calculan como sigue a continuación.

1.1.1 PÉRDIDAS HIDRÁULICAS PRIMARIAS

Como se ha dicho, son las debidas a la fricción con el tubo en los tramos rectos y atienden a la Ecuación 5.2:

$$h_f = f \cdot \frac{L_{tramo} \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g}$$

Ecuación 5.2: Cálculo de pérdidas primarias

$f \equiv$ coeficiente de fricción.

$L_{tramo} \equiv$ longitud del tramo[m].

$v \equiv$ velocidad del fluido $\left[\frac{m}{s}\right]$.

$d \equiv$ diámetro del conducto[m].

$g \equiv$ aceleración de la gravedad $\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)$.

El *coeficiente de fricción* (f) depende de una ecuación u otra dependiendo del régimen de fluido. El *régimen de fluido* puede ser *régimen laminar* o *régimen turbulento*, en tuberías el *número de Reynolds crítico* que diferencia el régimen laminar del turbulento es 2.300, de manera que:

$Re \leq 2.300 \rightarrow \text{Régimen laminar}$

$Re \geq 2.300 \rightarrow \text{Régimen turbulento}$

El *número de Reynolds* se define según la Ecuación 5.3:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu}$$

Ecuación 5.3: Número de Reynolds

$\rho \equiv \text{densidad del fluido} \left(\rho_{\text{agua}} = 998,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$

$V \equiv \text{velocidad del fluido} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

$d \equiv \text{diámetro del conducto} [\text{m}]$.

$\mu \equiv \text{viscosidad dinámica del fluido} \left(\mu_{\text{agua}} = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$

En caso de régimen laminar el coeficiente de fricción se estima a partir de la Ecuación 5.4:

$$\sqrt{f} = \frac{64}{Re}$$

Ecuación 5.4: Formulación del coef. de fricción para régimen laminar

En caso de régimen turbulento el coeficiente de fricción queda definido por la *ecuación de Colebrook & White* (Ecuación 5.5):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{k_s}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Ecuación 5.5: Fórmula de Colebrook & White

$k_s \equiv$ rugosidad absoluta

La rugosidad absoluta varía para cada tipo de material y se presenta en la Tabla 5.1:

Material	k_s (mm)
Vidrio	0,0003
PVC, CPVC, PEAD	0,0015
Acero	0,046
Hierro forjado	0,06
Hierro dúctil	0,25
Hormigón	0,3-3,0

Tabla 5.1: valores de rugosidad relativa (K_s) para distintos materiales [11]

5.1.1 PÉRDIDAS HIDRÁULICAS SECUNDARIAS

Estas pérdidas son las debidas a los diferentes accesorios (empalmes, “T”, codos, válvulas...) que existen a lo largo de la conducción. Todos ellos generan una pérdida de carga que se calcula con la Ecuación 5.6: Formulación para pérdidas secundarias Ecuación 5.6:

$$h_m = k_m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Ecuación 5.6: Formulación para pérdidas secundarias

$h_m \equiv$ pérdida de carga debida al accesorio[m]

$k_m \equiv$ coeficiente de pérdida de carga del accesorio.

$v \equiv$ velocidad media del flujo en el conducto $\left[\frac{m}{s}\right]$

$$g \equiv \text{aceleración de la gravedad} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

El coeficiente de pérdida de carga del accesorio representa la fracción de energía cinética que se convierte en energía potencial de altura y tiene diferentes valores según el accesorio que son presentados en la Tabla 5.2:

Accesorio	k_m
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de registro, completamente abierta	2,5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0,2
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura	1,0 - 1,15
Válvula de compuerta, con 1/2 de apertura	5,6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura	24
Codo de radio corto ($r/d=+1$)	0,9
Codo de radio mediano	0,75 - 0,8
Codo de gran radio ($r/d=+1,5$)	0,6
Codo de 45°	0,4 - 0,42
Retorno (curva en U)	2,2
Tee en sentido recto	0,3
Tee a través de la salida vertical	1,8
Unión	0,3
Vee de 45° en sentido recto	0,3
Vee de 45° en salida Lateral	0,8
Entrada recta a tope	0,5
Entrada con boca acampanada	0,1
Entrada con tubo reentrando	0,9
Salida	1

Tabla 5.2: Valores del coeficiente de pérdida para los distintos accesorios [11]

El diseño hidráulico parte de un caudal dado y un diámetro de tubería. El caudal es algo que se obtiene con la experiencia ya que dependiendo del punto de extracción que sea, se puede extraer más o menos caudal sin agotar las reservas y dando tiempo a recuperarse. El diámetro de la tubería es dato también ya que la tecnología de tuberías no ha cambiado desde que se instalaron las actuales y no conviene hacer dicha inversión. Dichas conducciones tienen un diámetro de 1 pulgada a la salida de la bomba y en el tramo de ascenso y luego 1,5 pulgadas en el tramo de descarga. La inversión correspondiente a la instalación de tuberías de PEAD

tiene una componente de obra civil relativamente alta ya que hay que realizar una zanja por terrenos muchas veces complicados (con piedras y lastras), colocar la tubería y volver a cerrar la zanja. Además, el estado de las tuberías es perfecto ya que llevan instaladas alrededor de 15 años siendo su vida útil de 50 años.

El dimensionamiento se hará en el mes con menor irradiación solar que, como se verá más adelante, es diciembre con un total de 8 horas de sol [12]. En la Tabla 5.3 se muestran los diferentes puntos de extracción con sus caudales recomendados que han sido obtenidos por experiencia:

Punto de extracción	Altitud [m]	Caudal máximo de extracción [m ³ /día]
Sondeo de los cercados	629	20
Pozo1	638	15
Pozo 2	598	20
Sondeo 1	640	15
Balsa de los cercados	632	20
Pantano de los peñascos	607	20
Pantano de Venancio	618	20

Tabla 5.3: Puntos de extracción con caudales y altura [elaboración propia]

Como demostración se hace el cálculo del tramo más largo y con mayor diferencia de altitud, el tramo del sondeo de los cercados al depósito cerrado 2:

DATOS

$$\Delta H = 25m$$

$$L = 1733,76m$$

$$Q = 20 \frac{m^3}{día}$$

$$H_{dinámica} = 70 m$$

La conducción consta de 2 válvulas y 4 codos con sus respectivos coeficientes de pérdidas.

PÉRDIDAS PRIMARIAS

Se calculan las pérdidas primarias en la tubería vertical de aspiración comenzando por el cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20 \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,0254^2}; V = 1,096 \frac{m}{s}$$

A partir de la velocidad, la densidad, el diámetro de la conducción y la viscosidad del agua podemos averiguar el número de Reynolds y clasificar el tipo de flujo:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu} = \frac{998,2 \cdot 1,0946 \cdot 0,0254}{1 \cdot 10^{-3}}; Re = 27.798$$

Como el $Re \geq 2300$ entonces nos encontramos en condiciones de régimen turbulento y a partir de esto se calcula el coeficiente de fricción (f):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{k_s}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0,024063$$

Partiendo de este dato, con la longitud del tramo de tubería y otros datos ya expuestos podemos calcular las pérdidas de carga primarias en forma de altura:

$$h_f = f \cdot \frac{L_{\text{tramo}} \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} = 0,024063 \cdot \frac{70 \cdot 1,0964^2}{0,0254 \cdot 2 \cdot 9,81}; h_f = 4,063 \text{ m}$$

Ahora se calculan las pérdidas primarias en la tubería de descarga. Primero se debe averiguar la velocidad del fluido sabiendo que la tubería es de 1,5 pulgadas (38,1 mm):

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20 \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,0381^2}; V = 0,487 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A partir de la velocidad, la densidad, el diámetro de la conducción y la viscosidad del agua podemos averiguar el número de Reynolds y clasificar el tipo de flujo:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu} = \frac{998,2 \cdot 0,487 \cdot 0,0381}{1 \cdot 10^{-3}}; Re = 18.532$$

Como el $Re \geq 2300$ entonces nos encontramos en condiciones de régimen turbulento y a partir de esto se calcula el coeficiente de fricción (f):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{k_s}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0,0264563$$

Partiendo de este dato, con la longitud del tramo de tubería y otros datos ya expuestos podemos calcular las pérdidas de carga primarias en forma de altura:

$$h_f = f \cdot \frac{L_{\text{tramo}} \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} = 0,025067 \cdot \frac{1733,76 \cdot 0,487^2}{0,0381 \cdot 2 \cdot 9,81}; h_f = 14,57 \text{ m}$$

PÉRDIDAS SECUNDARIAS

Son las originadas por los elementos y tenemos: 2 válvulas abiertas, 4 codos, una salida a depósito y una entrada acampanada (paso de 1" a 1,5"), eso se transforma en:

$$h_m = k_m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = (2 \cdot 10 + 4 \cdot 0,41 + 1 + 0,1) \cdot \frac{0,487^2}{2 \cdot 9,81}; h_m = 0,275 \text{ m}$$

ECUACIÓN DE BERNOULLI

A partir de la ecuación de Bernoulli despejamos la altura de la bomba necesaria:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 + h_b = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + h_t + h_f + h_m$$

$$h_b = z_2 - z_1 + h_{f-\text{aspiración}} + h_{f-\text{descarga}} + h_m + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} - \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + H_{\text{dinámica}}$$

$$h_b = 25 + 4,063 + 14,57 + 0,275 + 0,0121 - 0,0613 + 70; \quad \mathbf{h_b = 113,859 \, m}$$

Haría falta una bomba con una altura efectiva de **113,859m**.

A continuación, se muestran los diferentes cálculos de cada uno de los tramos de forma tabulada en la Tabla 5.4. Estos cálculos han sido realizados con el software MatLab con el código del Anexo 1.

Nº	Tramo	Q [m ³ /día]	Longitud [m]	ΔH [m]	Válvulas	T	Codos	H _{dinámica}	hf _{aspiración}	hf _{descarga}	hm	H
1	Sondeo cercados - Depósito de la cruz	16	889,83	24,00	3	3	3	70,00	4,06	7,48	0,40	105,89
2	Sondeo cercados - Balsa de los perales	16	1599,77	24,00	6	5	4	70,00	4,06	13,44	0,78	112,23
3	Sondeo cercados - Depósito cerrado 1	16	1716,03	20,00	6	6	6	70,00	4,06	14,42	0,78	109,23
4	Sondeo cercados - Depósito cerrado 2	16	1733,76	25,00	2	0	4	70,00	4,06	14,57	0,28	113,86
5	Balsa de los cercados - Depósito de la cruz	20	841,40	21,00	3	1	1	2,00	0,17	10,47	0,60	34,17
6	Balsa de los cercados - Depósito cerrado 2	20	1692,92	22,00	2	1	3	2,00	0,17	21,63	0,43	45,59
7	Pozo 2 - Balsa 2	15	328,41	34,00	2	1	1	3,00	0,16	2,46	0,23	38,76
8	Pozo 2 - Depósito corrales	15	454,64	43,00	2	2	3	3,00	0,16	3,41	0,24	48,72
9	Pozo 2 - Tinajas 1	15	563,69	49,00	1	0	1	3,00	0,16	4,23	0,12	56,46
10	Pozo 2 - Pantano de Venancio	15	605,61	11,00	1	0	1	3,00	0,16	4,54	0,12	18,78
11	Sondeo 1 - Tinajas 1	15	10,00	5,00	0	0	2	60,00	0,52	0,45	0,02	15,95
12	Pantano venancio - Depósito de la cruz	20	486,57	35,00	3	1	4	3,00	0,26	6,05	0,62	44,86

Tabla 5.4: Cálculo para la selección de la bomba

Tras presentar los cálculos se obtiene la siguiente Tabla 5.5 de resultados para seleccionar la bomba:

Punto de extracción	Q [m ³ /h]	H [m]
Sondeo de los cercados	2	113,86
Balsa cercados	2,5	45,59
Pozo 2	1,875	56,46
Sondeo 1	1,875	15,95
Pantano de Venancio	2,5	44,86

Tabla 5.5: Altura y caudal de las bombas en cada punto de extracción

Los caudales de la tabla anterior son caudales máximos que se supone que se puede extraer de dicho punto. El “sondeo de los cercados” por ejemplo, extrae unos 11 m³/día; se quiere por tanto estudiar la rentabilidad de instalar una bomba con mayor capacidad de bombeo.

Se ha realizado un estudio de mercado acerca de las bombas sumergibles aptas para un acople directo a paneles solares y que estén aislados de la red. Hay varias marcas (Grundfos, Goulds, Franklin Electric, Ebara...), todas ellas muy reconocidas, aunque hay una que destaca por encima de todas ellas, la marca Grundfos. Esta marca ofrece unas bombas que tienen gran periodo de vida útil que es lo que se busca para conseguir sostenibilidad. Se ha realizado un estudio de mercado en el que se han comparado precios y se han tomado referencias de instaladores de bombas de la zona concluyendo en que Grundfos tiene las mejores soluciones para bombeo solar sumergible.

Tras obtener los caudales y alturas, en la página web de Grundfos se pueden observar las curvas de las diferentes bombas sumergibles que son aptas para bombeo solar. Observando las curvas y teniendo en cuenta las necesidades, se seleccionan las siguientes bombas expuestas en la Tabla 5.6:

Punto de extracción	Modelo	Precio
Sondeo de los cercados	SQF 2.5-2	3.339,00 €
Balsa cercados	SQF 2.5-2	3.339,00 €
Pozo 2	SQF 2.5-2	3.339,00 €
Sondeo 1	SQF 2.5-2	3.339,00 €

Tabla 5.6: Bombas seleccionadas [elaboración propia]

En el pantano de Venancio existe una bomba acoplada a un generador de diésel que produce energía para bombear agua y para abastecer a la vivienda en momentos puntuales ya que existen placas solares que abastecen esta vivienda.

5.2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Este diseño se realiza siguiendo el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de energía solar fotovoltaica aisladas de red*” del IDAE perteneciente al Ministerio de Industria.

5.2.1 CONCEPTO BÁSICOS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

- **Max Power (P_{max}):** es la potencia nominal del panel solar, utilizada luego junto con la radiación global para calcular la potencia real del panel. Es la energía que puede producir cuando está expuesto a una radiación solar máxima.
- **Open Circuit Voltaje (V_{oc}):** es el voltaje entre los dos bornes del panel solar cuando este está al sol, pero desconectado de la instalación.
- **Short Circuit Current (I_{sc}):** es la corriente máxima que produce un panel solar en condiciones de cortocircuito

Cuando se realiza una conexión en serie los voltajes se suman y las corrientes son iguales; en cambio, cuando los paneles solares se conectan en paralelo, las corrientes se suman y el voltaje se mantiene. En cuanto a la potencia la conexión serie o paralelo es indistinta, no afecta a la potencia que producen.

5.2.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

La orientación e inclinación de los paneles solares se medirá con dos ángulos distintos:

- **Ángulo de inclinación (β):** es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para paneles horizontales y 90° para paneles verticales. En la Ilustración 5.1 se muestra cómo se mide.

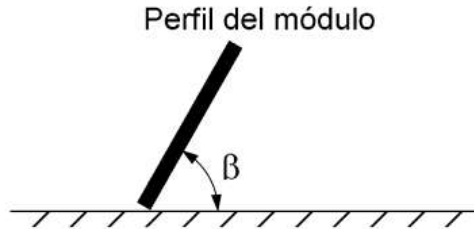


Ilustración 5.1: Ángulo de inclinación [13]

- **Ángulo de azimut (α):** es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (en este caso el sur). El valor óptimo 0° , es decir, paneles orientados hacia el sur. En la Ilustración 5.2 se muestra la medida del ángulo.

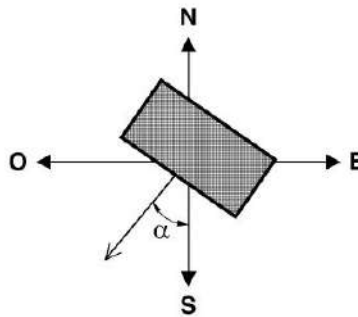


Ilustración 5.2: Ángulo de azimut [13]

La orientación óptima es $\alpha = 0^\circ$, es decir, el panel orientado hacia el sur, la inclinación óptima dependerá del mes de diseño y presenta una relación K entre la radiación real para esa orientación e inclinación ($G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})$) y la radiación global incidente $G_{dm}(0)$. En la Tabla 5.7 se presentan dichos datos.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1,7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1,15

Tabla 5.7: Valores óptimos de inclinación [13]

Donde Φ es la latitud del lugar en grados. El periodo de diseño es el mes donde menos radiación solar hay, es decir, el peor mes para dimensionar el sistema para el peor caso posible. Como no se necesita un caudal constante, el peor mes será el de menos radiación. En la Ilustración 5.3 se muestra la radiación solar en un punto cercano a la finca y este valor no varía excesivamente. La Tabla 5.8 muestra los valores medios de radiación global por meses.

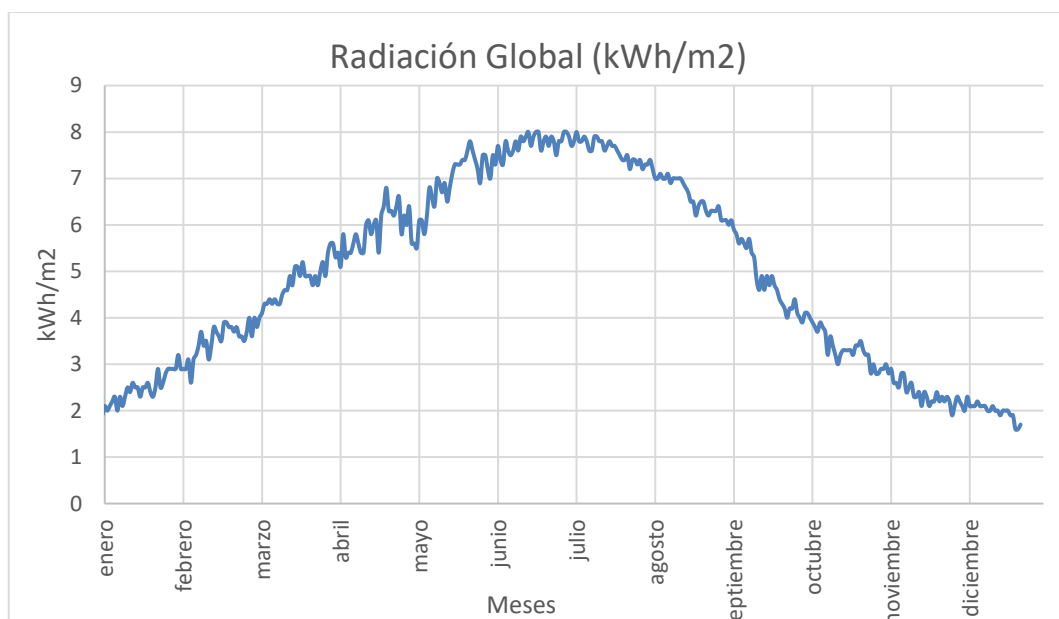


Ilustración 5.3: Gráfica de radiación global en un punto cercano a la finca [14]

Mes	Media (kWh/m ²)
Enero	2,39
Febrero	3,41
Marzo	4,53
Abril	5,79
Mayo	6,69
Junio	7,64
Julio	7,71
Agosto	6,88
Septiembre	5,32
Octubre	3,63
Noviembre	2,57
Diciembre	2,04

Tabla 5.8: Radiación global promedio por meses [14]

El peor mes por tanto será diciembre con una radiación media diaria de 2,04 kWh/m². A partir de este dato se puede calcular el *factor de irradiación* con una de la siguiente formulación (Ecuación 5.7):

$$FI = 1 - \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2 \right] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \text{ para } 15^\circ \leq \beta$$

Ecuación 5.7: Formulación para el cálculo del factor de irradiación [13]

Donde α y β se expresan en grados sexagesimales.

5.2.3 IRRADIACIÓN SOBRE EL GENERADOR

La radiación sobre el generador se obtiene de la Ecuación 5.8:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

Ecuación 5.8: Formulación para el cálculo de la radiación incidente sobre el generador

Donde FS es el *factor de sombreado* que en este caso es 1 y K se obtiene de la Tabla 5.7 para el mes de diseño.

Para el lugar, mes de diseño, inclinación y orientación que se definen, la radiación incidente se calcula de la siguiente manera:

Latitud del lugar: 38°

Periodo de diseño: diciembre (K=1,7)

$$\beta_{opt} = 38^\circ + 10 = 48^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (48 - 48)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] = 1$$

El factor de irradiación es la unidad puesto que las condiciones son óptimas. Puede orientarse el panel al sur y la inclinación es libre ya que no existe ningún tejado ni superficie sobre la que se tenga que poner el panel.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0^\circ, 48^\circ) = 2,04 \cdot 1,7 \cdot 1$$

$$G_{dm}(0^\circ, 48^\circ) = \mathbf{3,468 \text{ kWh/m}^2}$$

Este valor es igual para todas las instalaciones solares de este proyecto. En todas los dimensionados de este proyecto, se asumen 8 horas diarias de producción solar

5.2.4 DIMENSIONADO DEL GENERADOR

El diseño se hará teniendo en cuenta los resultados anteriores siguiendo la Ecuación 5.9:

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

Ecuación 5.9: Cálculo de la potencia mínima del generador [13]

$$E_D \equiv \text{consumo diario} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{día}} \right]$$

$$G_{CEM} \equiv 1 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$PR \equiv \text{performance ratio o rendimiento energético de la instalación.}$

El *rendimiento energético de la instalación* se calcula según la Ecuación 5.10 y depende de la temperatura, el cableado, las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad, pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia y la eficiencia energética de los distintos componentes:

$$PR = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

Ecuación 5.10: Cálculo del performance ratio (PR)

En este caso de acople directo al generador se hará un cálculo justificativo de las pérdidas por el desacople del punto de máxima potencia. Según la curva de la bomba que nos proporciona el fabricante, la potencia de entrada de la bomba es directamente la necesaria para bombear (tiene en cuenta las pérdidas) y en los cables y demás elementos se consideran pérdidas despreciables, por lo que el PR será de valor unidad. La curva se presenta en la Ilustración 5.4:

Bajo pedido SQF 2.5-2

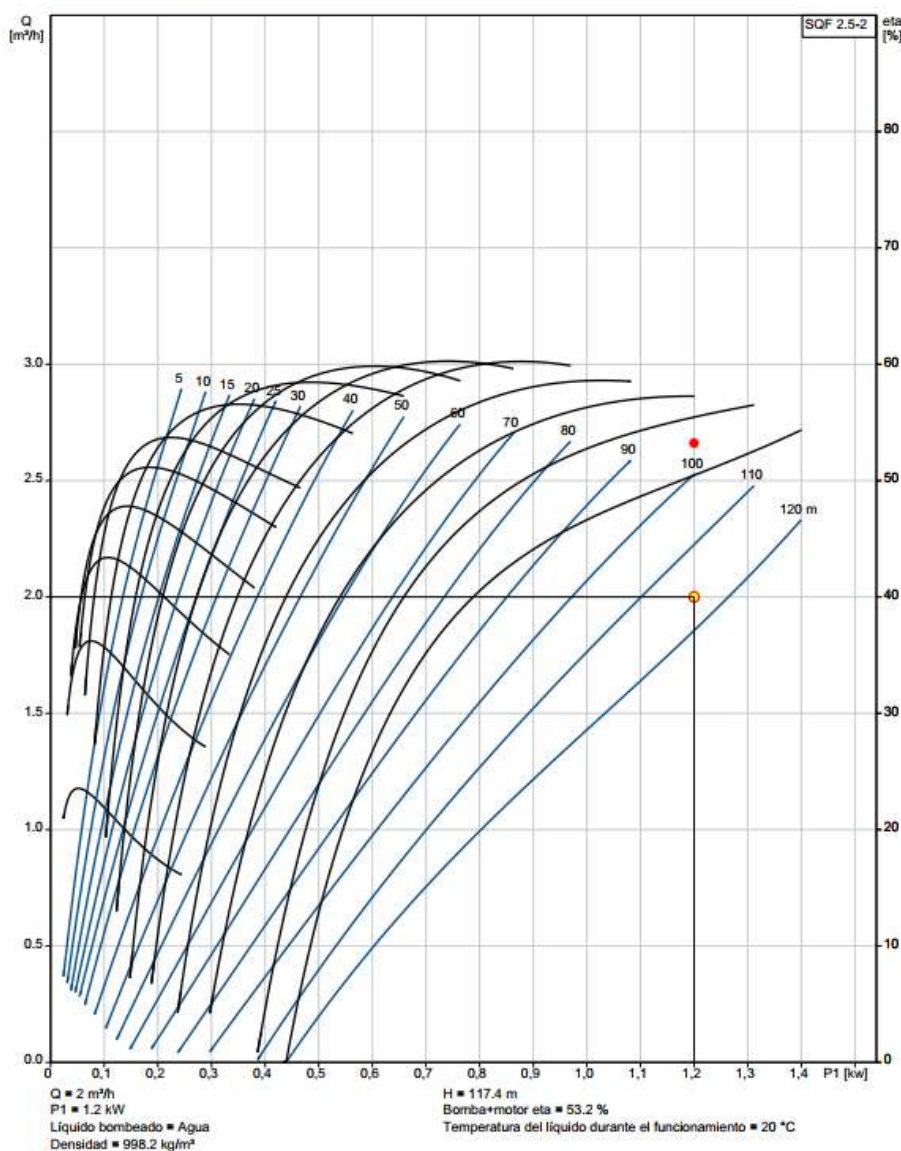


Ilustración 5.4: Curvas H-Q de la bomba SQFlex 2-2.5 [9]

Siguiendo con el ejemplo anterior, se dimensionan ahora los paneles solares necesarios para bombear dicho caudal a esa altura:

$$E_D = n^{\circ} \text{ horas de sol} \cdot P_{\text{entrada}} = 8 \cdot 1,2 = 9,6 \text{ kWh/día}$$

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} = \frac{9,6 \cdot 1}{3,468 \cdot 1} = 2,768 \text{ kW}$$

Se necesita, por tanto, un generador solar de 2,768 kW. Los paneles solares más avanzados del mercado llegan a los 500 W de potencia, por lo que harían falta 6 paneles, la conexión en serie. Nuevamente se ha realizado un estudio de mercado en el que se comparan distintas marcas de placas solares siendo la tecnología muy similar entre todas ellas y la eficiencia muy parecida. Se eligen los paneles solares de la marca Deep Blue 3.0 JA de 500 W con las siguientes características de la Tabla 5.9:

Marca	Deep Blue 3.0
Modelo	JAM66S30-500/MR
Potencia nominal [W]	500
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	45,59
Intensidad de cortocircuito (Isc) [A]	13,93

Tabla 5.9: Características panel Deep Blue 3.0 500W

Todo ello proporciona una tensión nominal de 273,54 V y una intensidad nominal de 13,93 A que está dentro de los límites de tensión e intensidad de la bomba (30-300 V y 8.4 A). A continuación, se presentan los paneles solares necesarios e instalados para cada punto de extracción a partir de la curva de la bomba en la Tabla 5.10:

Punto de extracción	Potencia necesaria [W]	Paneles instalados	Precio
Sondeo de los cercados	2768,17	6x500W	1.025,82 €
Balsa cercados	1268,74	4x405W	571,41 €
Pozo 2	1153,40	4x405W	571,41 €
Sondeo 1	461,36	1x500W	170,97 €

Tabla 5.10: Instalación solar necesaria [elaboración propia]

5.3 OTROS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Con el objetivo de evitar daños en la bomba y demás elementos eléctricos e hidráulicos, se interponen en la instalación distintos componentes:

5.3.1 HIDROSFERA

La hidrosfera es un dispositivo que permite mantener una presión constante en todo el sistema de bombeo. La hidrosfera permite reducir el daño que causa el golpe de ariete que son causados por la puesta en marcha y paro de las bombas, apertura y cierre de válvulas o por una rotura de la conducción. Estos golpes de ariete son negativos para la bomba y esta hidrosfera amortigua esos cambios de presión. Es básicamente un depósito cerrado dividido en dos partes por una membrana o globo lleno de aire u otro gas inerte. El principio de funcionamiento es muy simple, como el agua no es un fluido compresible y el aire sí, este aire actúa como amortiguador de las diferencias de presión en el agua. En la Ilustración 5.5 se muestra el interior y partes de la hidrosfera:

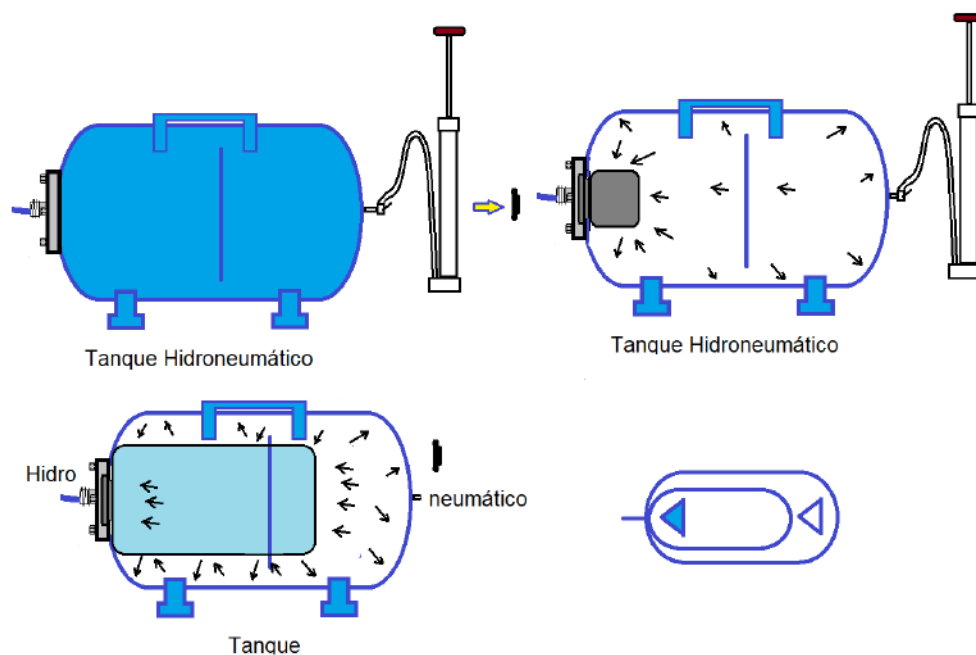


Ilustración 5.5: Hidrosfera [15]

En la instalación de la hidrosfera se inyecta aire con un compresor mientras que la válvula está cerrada y luego se abre permitiendo la entrada de agua.

5.3.2 PRESOSTATO

El presostato es un aparato que tiene la capacidad de abrir y cerrar un circuito eléctrico dependiendo de los niveles de presión. La función principal del presostato es que las bombas hagan vacío, de manera que una vez la presión del sistema hidráulico sea inferior a un valor predefinido, el presostato apagará la bomba cortando la alimentación de esta. La Ilustración 5.6 presenta una imagen de un presostato:



Ilustración 5.6: Presostato [16]

5.3.3 INSTALACIÓN PARA GENERADOR AUXILIAR

En días muy nublados o días que sea necesaria una ayuda extra a las placas solares para extraer agua, es posible conectar a la instalación un grupo electrógeno de CA. Esta instalación consta de un interruptor de conmutación y diversos elementos de protección integrados en el Groundfos IO 101 SQFlex de la Ilustración 5.7:

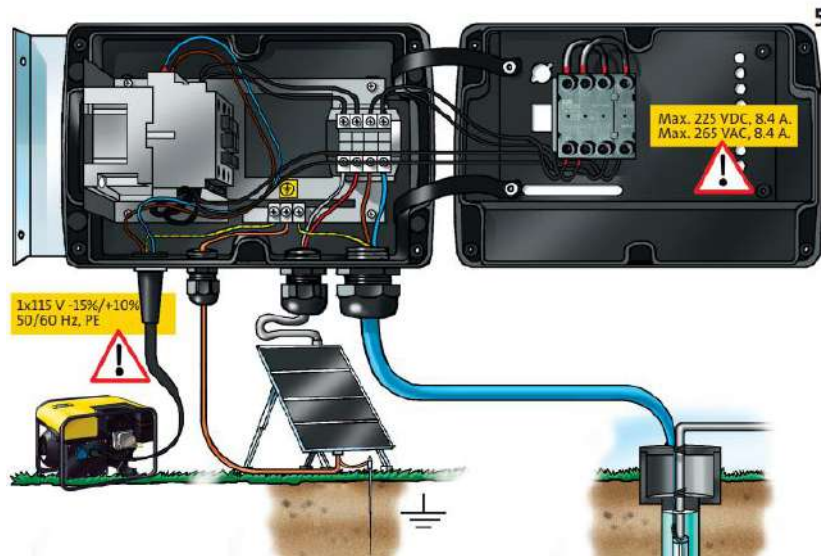


Ilustración 5.7: Grodunfos IO 101 SQFlex

5.4 ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN

El esquema eléctrico de la instalación se presenta en los anexos al documento en formato normalizado.

5.5 CONCLUSIONES

La instalación completa consta de una parte hidráulica con elementos de conducción y protección mecánica de la bomba (hidrosfera) y una parte eléctrica con elementos de protección como el presostato, una instalación auxiliar para conectar un grupo electrógeno auxiliar en casos puntuales y la instalación generadora auxiliar.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE COSTES

En este capítulo se hace un análisis de costes y vida útil de la instalación, así como la viabilidad de sustitución de algunos componentes de esta tales como bombas o paneles solares. Este es uno de los capítulos más importantes debido a la crisis económica que estamos atravesando y la apuesta por los objetivos de desarrollo sostenible que como su propio nombre indica, pretenden lograr la sostenibilidad de los productos.

6.1 COMPARATIVA DE COSTES BOMBEO TRADICIONAL Y BOMBEO SOLAR

Se va a realizar una comparativa de costes de selección de una inversión para extraer agua de un pozo genérico para el que se necesita una bomba de 70 m de altura efectiva. Se va a suponer que es una bomba que se utiliza durante una temporada (7 meses, desde octubre hasta mayo). No se tiene en cuenta la instalación de descarga del agua, costes de perforación ni de almacenamiento, puesto que estos son iguales para ambas tecnologías. Si se ha de tener en cuenta la diferencia entre la tubería ascendente de la bomba sumergible solar (tubería de PEH de 1”) y la tubería de aspiración de la motobomba (manguera corrugada de 1”).

El periodo de estudio de la inversión es 10 años puesto que es el periodo de amortización de la electrobomba, las placas solares y la motobomba estipulado por la Agencia Tributaria en sus tablas de amortización. La tasa de actualización empleada para el VAN debe estar entre el 8 y el 12%, según la rentabilidad que se espere; en este caso se ha seleccionado una tasa de actualización del 8%. En cuanto a costes de mantenimiento, solo se han considerado mantenimiento preventivos y no correctivos.

La mano de obra es un punto importante a tener en cuenta en el caso del bombeo tradicional, por lo que en la siguiente Tabla 6.1 se presenta el coste de la mano de obra del trabajador que se encuentra en la finca:

Desglose salarial trabajador	
Importe neto	1.172,40 €
Retención	63,00 €
Seguros sociales	325,26 €
Gasoil y reparaciones (vehículo del trabajador)	200,00 €
Total	1.760,66 €
Horas trabajadas al mes	158,00 €
Coste unitario hora	11,14 €

Tabla 6.1: Desglose salario del trabajador [elaboración propia]

Esta tabla proporciona un coste de 11,14 €/hora que será utilizado más adelante para el cálculo de costes. En el bombeo solar, la mano de obra ronda los 16€/hora puesto que es una mano de obra cualificada.

6.1.1 BOMBEO TRADICIONAL

El llamado bombeo tradicional es el efectuado con motores bomba de combustión, se ha seleccionado un motor bomba de la marca Honda modelo WH 100. Se muestra en la Ilustración 6.1 la curva de dicho motor-bomba.

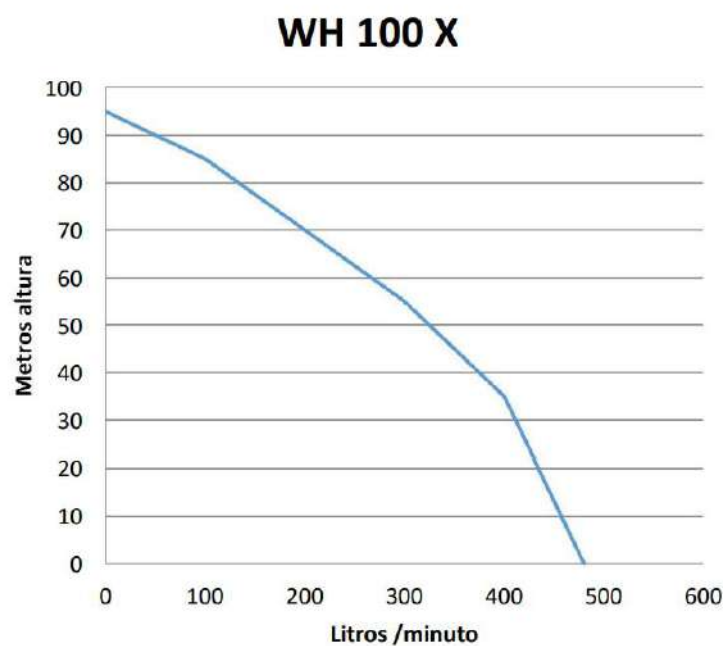


Ilustración 6.1: Curva del motor-bomba Honda WH 100x [7]

Según la curva, para una altura de 70 m se proporciona un caudal de 200 l/min. Se supone que dicha bomba no necesita instalación por un profesional y el mantenimiento preventivo es el engrase cada 2.000 horas de funcionamiento con 500 g de grasa con un precio de 36,11 €/kg.

En cuanto a mano de obra, esta tecnología requiere 10 minutos de arranque (llegada al lugar, calentamiento de la motobomba en invierno, recarga del depósito de combustible, acople de la manguera...) y 5 minutos de parada (cierre de la entrada de aire, desacople de la manguera...). Hay que tener en cuenta además que el tipo de bomba seleccionada es autocebante, es decir, no necesita recarga de agua de la manguera de aspiración por parte del operario. Además, a principio de la temporada de bombeo y al final se tiene que instalar y desinstalar todo el sistema, guardando la electrobomba en una nave para evitar robos que requiere 1 hora para cada una de las operaciones. En la Tabla 6.2 se resume el coste de mano de obra:

Operación	Tiempo [h]	Días	Total
Instalación/desinstalación de la bomba	1	2	2
Arranque	0,17	210	35
Parada	0,08	210	17,5
Total horas			54,5
Coste total			607,32 €

Tabla 6.2: Desglose de mano de obra de bombeo tradicional [elaboración propia]

Otro coste además de la mano de obra y el mantenimiento, se tiene el coste de la gasolina. Se supone que hay que extraer un volumen de 15 m³, se sabe que saca 200 l/min, por lo tanto, tiene que funcionar 1,25 horas al día. Se sabe además que el motor consume 1,55 l/h de media y el precio medio de la gasolina ha sido de 1,709 €/l en el año 2022. A esto hay que sumarle 20 metros de manguera corrugada para la aspiración con un coste total de 138,94 €. En la Tabla 6.3 se resumen las horas y costes de la máquina:

Datos	Caudal diario objetivo de bombeo	15	m ³ /día
	Consumo de gasolina	1,550	l/h
	Precio de gasolina	1,709	€/l
	Precio grasa	36,111	€/kg
	Caudal de bombeo	12	m ³ /h
Resultados	Horas de funcionamiento diarias	1,25	horas
	Consumo de gasolina diario	1,938	litros
	Gasto en gasolina diario	3,311	€
	Coste de la grasa (500 g cada 2000 horas de funcionamiento)	2,370	€
	Horas año de funcionamiento	262,5	horas
	Coste anual de mantenimiento	0,311	€

Tabla 6.3: Resumen de horas y costes de la motobomba [elaboración propia]

Por último, en la Tabla 6.4 se presenta la amortización de los elementos de una instalación de bombeo tradicional:

	Motobomba	Manguera corrugada 1"
Valor de compra	2.340,01 €	138,94 €
Valor residual	585,00 €	125,05 €
Valor que amortizar	1.755,01 €	13,89 €
Porcentaje de amortización	10,00%	10,00%
Amortización anual	175,50 €	1,39 €
Años de amortización	10	10

Tabla 6.4: Amortización de los elementos de una instalación de bombeo tradicional [elaboración propia]

6.1.2 BOMBEO SOLAR CON BOMBA SUMERGIBLE

Se ha seleccionado la bomba SQFlex 2.5-2 que para bombear 15 m³/día con 70 m de altura, necesita 572 W, por lo que se seleccionan En este caso, hay costes de instalación algo más altos ya que la mano de obra requerida es más cara de forma unitaria pero no conlleva una mano de obra diaria. En cambio, esta tecnología no necesita mantenimiento preventivo y el coste de la tubería ascendente es de 62,37 €. En la Tabla 6.5 se resumen la mano de obra cualificada necesaria para la instalación, teniendo en cuenta que son dos personas las que se necesitan y alrededor de una jornada de trabajo (8 horas):

Operación	Tiempo [horas]	Días	Total
Instalación de la electrobomba	8	1	8
Instalación de los paneles solares	8	1	8
Total horas			16
Coste total			288,00 €

Tabla 6.5: Coste en mano de obra de la instalación [elaboración propia]

Al igual que en la instalación tradicional, se presentan en la Tabla 6.6 las amortizaciones de los elementos de inmovilizado material:

	Placas solares	Bomba sumergible	Tubería PEAD 1"
Valor de compra	546,81	3.339,00 €	62,37 €
Valor residual	109,36 €	667,80 €	56,13 €
Valor que amortizar	437,45 €	2.671,20 €	6,24 €
Porcentaje de amortización	10,00%	10,00%	10,00%
Amortización anual	43,74 €	267,12 €	0,62 €
Años de amortización	10	10	10

Tabla 6.6: Amortización de elementos de instalación de bombeo solar [elaboración propia]

Por último, se ha de hacer un balance final que recoja todos los costes, amortizaciones, inversiones y desinversiones que se hacen. Todo ello se recoge en la Tabla 6.7:

Opción 1: Motobomba											
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Coste gasolina		-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €	-695,35 €
Coste mano de obra		-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €	-607,32 €
Coste mantenimiento motobomba		-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €	-0,31 €
Amortización de manguera corrugada		-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €	-1,39 €
Amortización de motobomba		-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €	-175,50 €
Flujo operativo	0,00 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €
Inversión/desinversión manguera corrugada 1"	-138,94 €										138,94 €
Inversión/desinversión motobomba	-2.340,01 €										2.340,01 €
Flujo de caja	-2.478,95 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	-1.479,87 €	999,08 €
VAN -11.260,74 €											
Opción 2: Electrobomba + paneles solares											
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Amortización tubería		-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €	-0,6237 €
Amortización de placas solares		-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €	-43,74 €
Amortización de electrobomba		-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €	-267,12 €
Flujo operativo	0,00 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €
Inversión/desinversión tubería ascendente PEAD 1"	-62,37 €										62,37 €
Mano de obra instalación	-288,00 €										288,00 €
Inversión/desinversión placas solares	-546,81 €										546,81 €
Inversión/desinversión electrobomba	-3.339,00 €										3.339,00 €
Flujo de caja	-4.236,18 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	-311,49 €	3.924,69 €
VAN -4.365,12 €											

Tabla 6.7: Comparativa de inversiones [elaboración propia]

6.2 CONCLUSIONES

Tras ver el balance final, se puede apreciar que el Valor Actual Neto (VAN) es mucho menor en el caso del motor bomba por lo que esa inversión es mucho menos rentable que la inversión en una bomba sumergible con unas placas solares. La inversión más rentable es aquella con VAN mayor, por lo tanto, conviene hacer dicha inversión en bombeo solar.

Como conclusión de dicho balance, se puede decir que el punto de inflexión entre ambas inversiones es el gasto en gasolina y mano de obra. Además, no se puede contabilizar monetariamente el riesgo de incendio que tienen los motores bomba ya que son motores de combustión que se calientan, producen explosiones y chispas.

Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «(AEMET), Agencia Estatal de Meteorología,» [En línea]. Available: [\[https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicacion_es_y_estudios/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf\]](https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicacion_es_y_estudios/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf).
- [2] «Climate data,» [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/europe/espana/andalucia/villanueva-de-cordoba-57243/>.
- [3] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Charolesa>.
- [4] «Carnes campo natura,» [En línea]. Available: <https://carnescamponatura.com/black-angus/>.
- [5] Deltagro. [En línea]. Available: <https://www.deltagro.com/es/portfolio-item/charolesa/>.
- [6] C. H. d. Guadiana, «Consumo de agua estimado en el ámbito de la confederación hidrográfica del guadiana».
- [7] Honda. [En línea]. Available: <https://www.hondaencasa.com/motobombas-presion/64-motobomba-wh-100-x-8435285112643.html>.
- [8] H. motors. [En línea]. Available: <https://www.hondaencasa.com/motobombas-presion/64-motobomba-wh-100-x-8435285112643.html>.
- [9] «Grundfos,» [En línea]. Available: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/sqflex?tab=models>.

- [10] «Molecor,» [En línea]. Available: <https://molecor.com/es/productos/infraestructura/fittings-para-tuberias-lisas-pe>.
- [11] «Tigre,» [En línea]. Available: <https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/tigre.com.bo/files/catalogos-tecnicos/2019-09/Polietileno.pdf>.
- [12] «<https://www.sunearthtools.com/>,» [En línea].
- [13] I. p. l. D. y. e. A. d. E. (IDAE). [En línea]. Available: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_5654_fv_pliego_aisladas_de_red_09_bec59187.pdf.
- [14] A. a. d. l. energía, «Consejería de innovación, ciencia y empresa,» [En línea]. Available: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/Radiacion/radiacion3.php>.
- [15] Maquituls. [En línea]. Available: <https://www.maquituls.es/noticias/hidroesfera-de-presion-una-gran-solucion-en-muchas-instalaciones/>.
- [16] N. ATH. [En línea]. Available: <https://navarroath.es/product/waterdrive-espa/>.

ANEXO 1: CÓDIGO DE MATLAB PARA EL CÁLCULO DE LA ALTURA EFECTIVA

```
% Cálculo de bombas
% Carlos Higuera Higuera 4º A GITI
% TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos en finca "Las
% Calderas" en Villanueva de Córdoba
clear all
close all
clc

%% Datos:
Q = 20; %caudal en m^3/día;
L1 = 70; %longitud de la tubería de aspiración en metros.
L2 = 1733.76; %longitud de la tubería de descarga en metros.
inc_h = 25; %diferencia de altura estática.
n_valvulas = 2; %número de válvulas abiertas
n_T = 0; %número de T
n_codos = 4; %número de codos

d1 = 1; %diámetro de tubería aspiración en pulgadas.
d2 = 1.5; %diámetro de la tubería de descarga en pulgadas.
h_din = L1; %altura dinámica del agua.
nu = 1e-3;
ro = 998.2;
ks = 0.0015e-3;
g = 9.81;
k_valvula = 10;
k_codo = 0.41;
k_T = 0.3;
k_salida = 1;
k_entrada = 0.1;
n_horas_sol = 8;
f0 = 0.1;

d1 = d1*25.4e-3;
d2 = d2*25.4e-3;
Q = Q/(n_horas_sol*3600);

%% Cálculo del número de Reynolds y el factor de fricción(tubería ascendente):
V1 = Q/(pi/4*d1^2);

"Reynolds ascendente"
Re1 = V1*d1*ro/nu;
vpa(Re1)
syms f;

"Factor de fricción ascendente"
if Re1<=2300
    f_sol2 = (64/Re1)^2;
```

```
vpa(f_sol1)
else
    fun_f1 = @(f) 1/sqrt(f)+2*log10(ks/(3.7*d1)+2.51/(Re1*sqrt(f)));
    f_sol1 = fzero(fun_f1,f0);
    vpa(f_sol1)
end

%% Cálculo del número de Reynolds y el factor de fricción(tubería de descarga):
V2 = Q/(pi/4*d2^2);

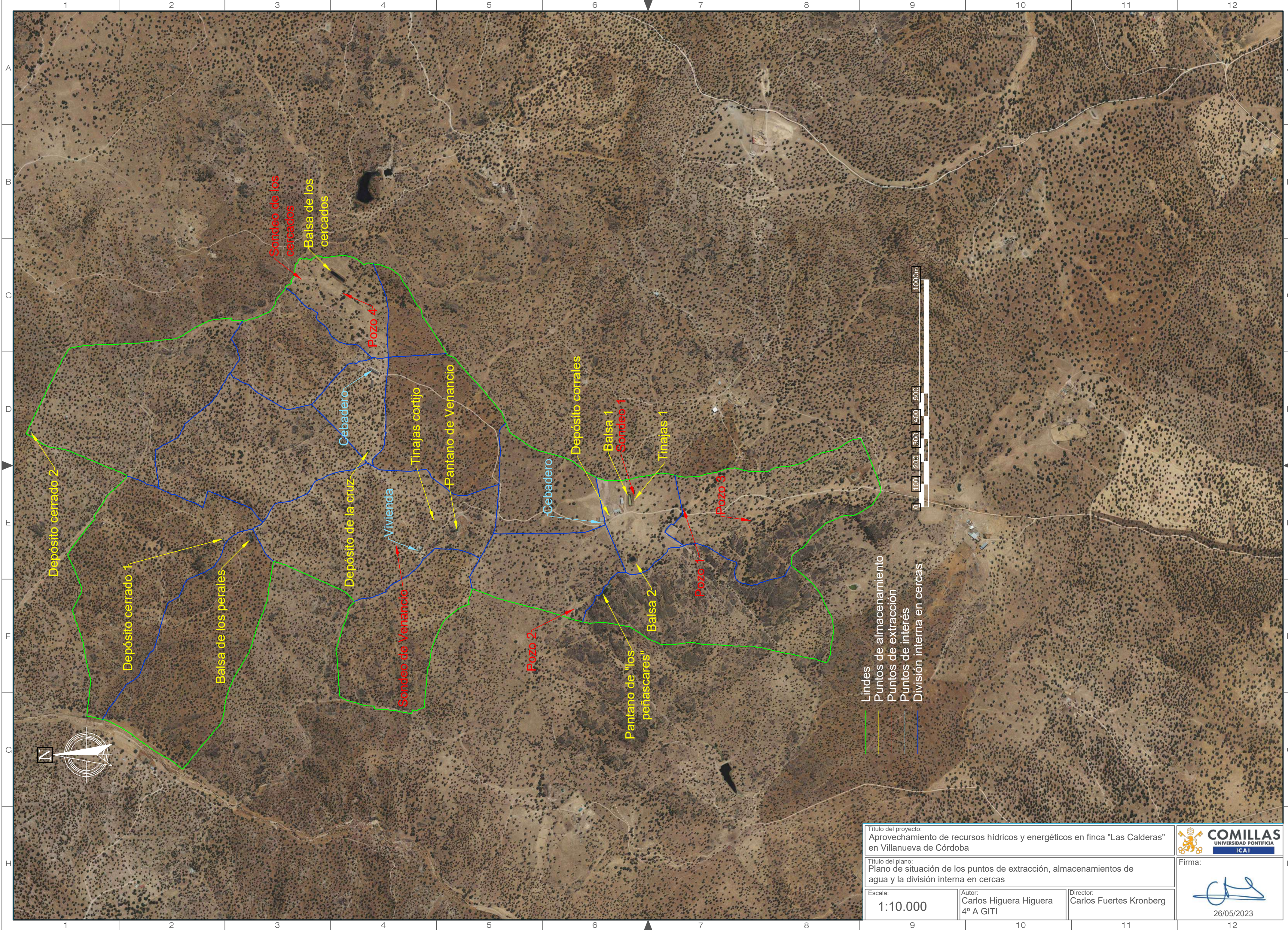
"Reynolds descarga"
Re2 = V2*d2*ro/nu;
vpa(Re2)
syms f;

"Factor de fricción descarga"
if Re2<=2300
    f_sol2 = (64/Re2)^2;
    vpa(f_sol2)
else
    fun_f2 = @(f) 1/sqrt(f)+2*log10(ks/(3.7*d2)+2.51/(Re2*sqrt(f)));
    f_sol2 = fzero(fun_f2,f0);
    vpa(f_sol2)
end

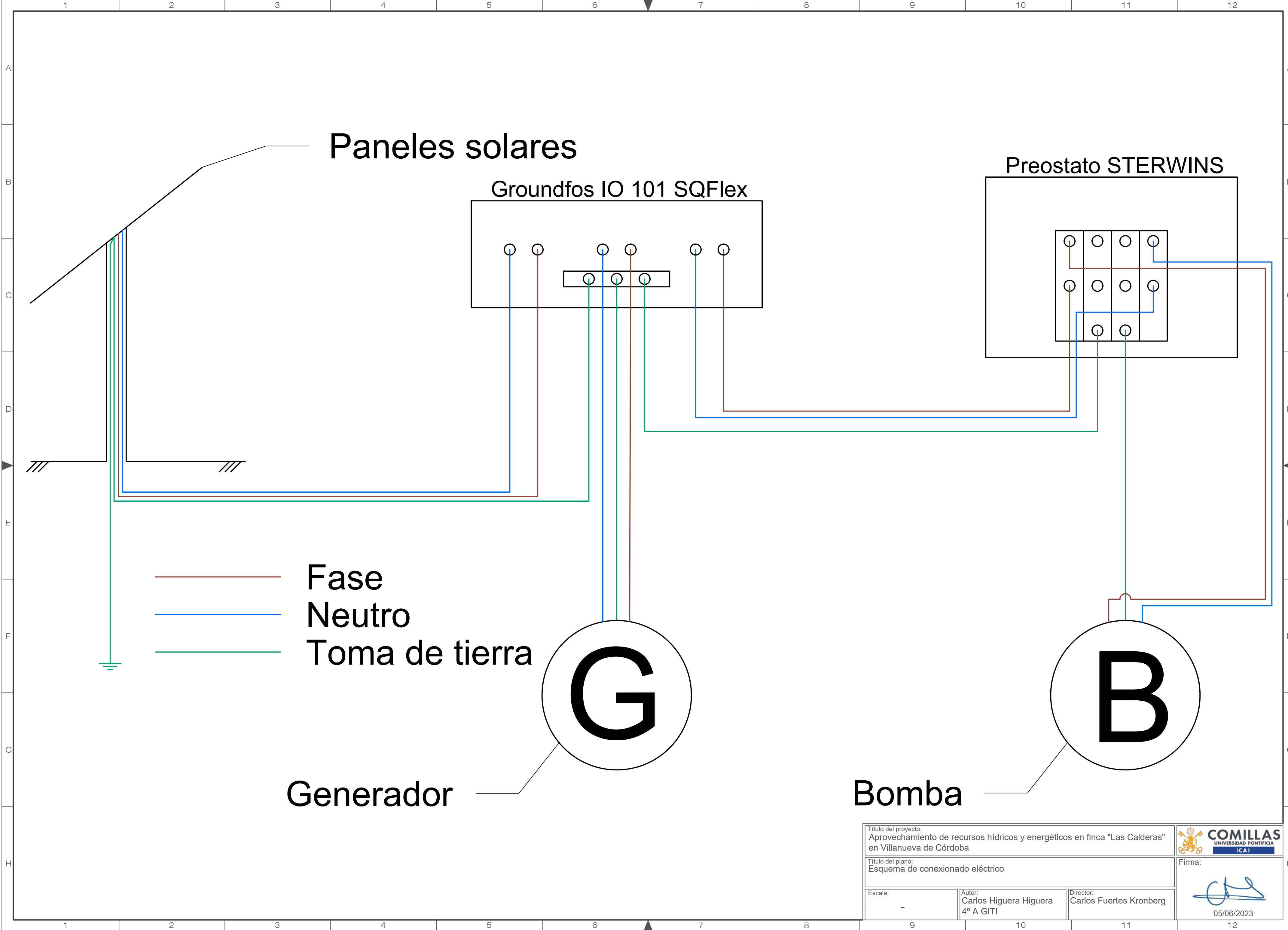
%% Cálculo de las pérdidas:
"Pérdida primaria ascendente"
hf1 = f_sol1*L1*V1^2/(d1*2*g);
vpa(hf1)

"Pérdida primaria descarga"
hf2 = f_sol2*L2*V2^2/(d2*2*g);
vpa(hf2)

"Pérdidas secundarias"
hm = (n_valvulas*k_valvula+n_codos*k_codo+n_T*k_T+k_salida+k_en-
trada)*V2^2/(2*g)
%% Cálculo de la altura total de la bomba:
H = V2^2/(2*g)-V1^2/(2*g)+inc_h+h_din+hf1+hf2+hm;
"Altura total"
vpa(H)
```



Título del proyecto: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos en finca "Las Calderas" en Villanueva de Córdoba			 Firma:  26/05/2023
Título del plano: Plano de situación de los puntos de extracción, almacenamientos de agua y la división interna en cercas			
Escala: 1:10.000	Autor: Carlos Higuera Higuera 4º A GITI	Director: Carlos Fuertes Kronberg	



Título del proyecto: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos en finca "Las Calderas" en Villanueva de Córdoba			
Título del plano: Esquema de conexionado eléctrico			
Escala: -	Autor: Carlos Higuera Higuera 4º A GITI	Director: Carlos Fuertes Kronberg	Firma:  05/06/2023

Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

Contar	Descripción
1	SQF 2.5-2  Advertencia! la foto puede diferir del actual producto Código: Bajo pedido La bomba SQFlex 3" con rotor de hélice está indicada para alturas elevadas y caudales bajos. El sistema SQFlex es un sistema de suministro de agua fiable basado en fuentes de energía renovables, como energía solar y eólica. Gracias a su suministro flexible de energía y a su rendimiento, el sistema SQFlex se puede combinar y adaptar para satisfacer cualquier necesidad del lugar de instalación. El sistema SQFlex tiene una amplia gama de tensión, seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), así como protección contra funcionamiento en seco, tensión y sobrecarga. Líquido: Líquido bombeado: Agua Temperatura máxima del líquido: 40 °C Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 20 °C Densidad: 998.2 kg/m³ Técnico: Approvals: UKCA,CE,EAC,CN RoHS Exempt,Morocco, Sepro Zinc Anodes: NO Materiales: Bomba: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Impulsor: DIN W.-Nr. 1.4301 Instalación: Máxima presión ambiental: 15 bar Salida de bomba: Rp 1 1/4 Diámetro mínimo de la perforación: 76 mm Datos eléctricos: Tipo de motor: MSF3 Potencia de entrada - P1: 1.4 kW Tensión nominal CA: 1 x 90-240 V Tensión nominal CC: 30-300 V Intensidad nominal: 8.4 A Factor de potencia: 1.0 Velocidad nominal: 3600 rpm Tipo de arranque: directo Grado de protección (IEC 34-5): IP68 Clase de aislamiento (IEC 85): F Longitud de cable: 2 m Motor N.º: 96275336



Empresa: Universidad Pontificia Comillas
Creado Por: Carlos Higuera Higuera
Teléfono:
E-m:: 201904504@alu.comillas.edu
Datos: 05/06/2023

Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

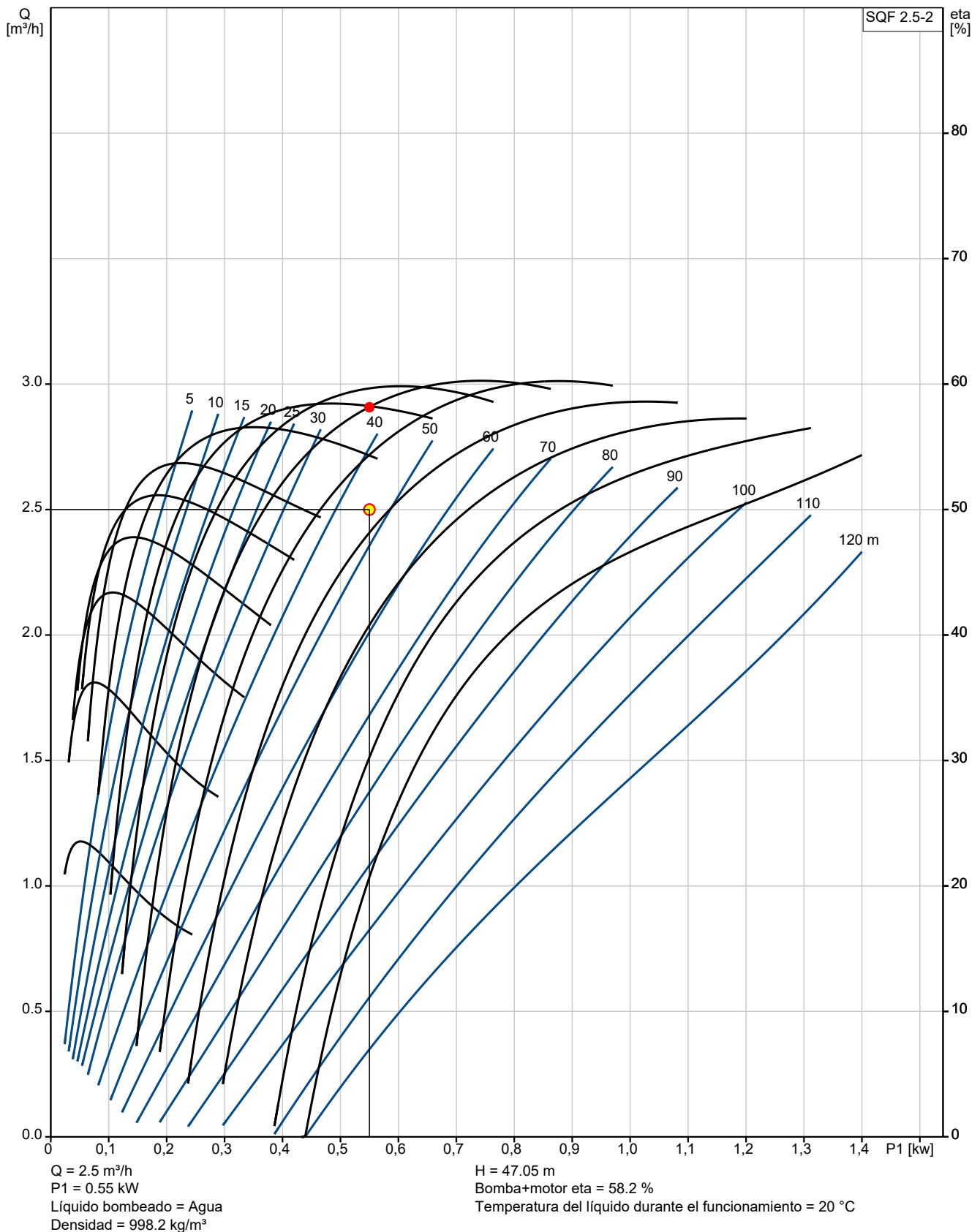
Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

Contar	Descripción
1	Udc: 300 V 30 V Otros: Índice de eficiencia mínima, MEI ≥: -.-- Peso neto: 10.2 kg Peso bruto: 11.3 kg Volumen de transporte: 0.024 m³ País de origen.: MX Tarifa personalizada n.º: 84137029

Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

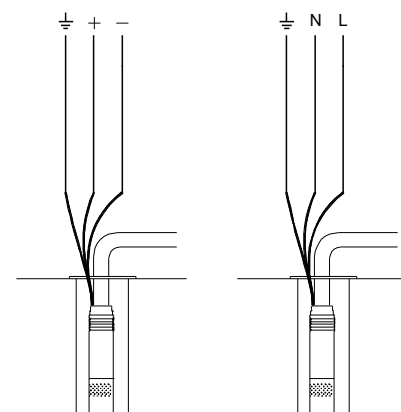
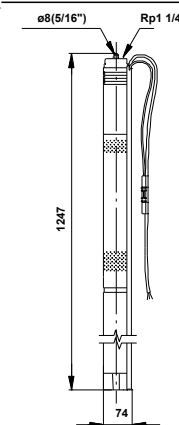
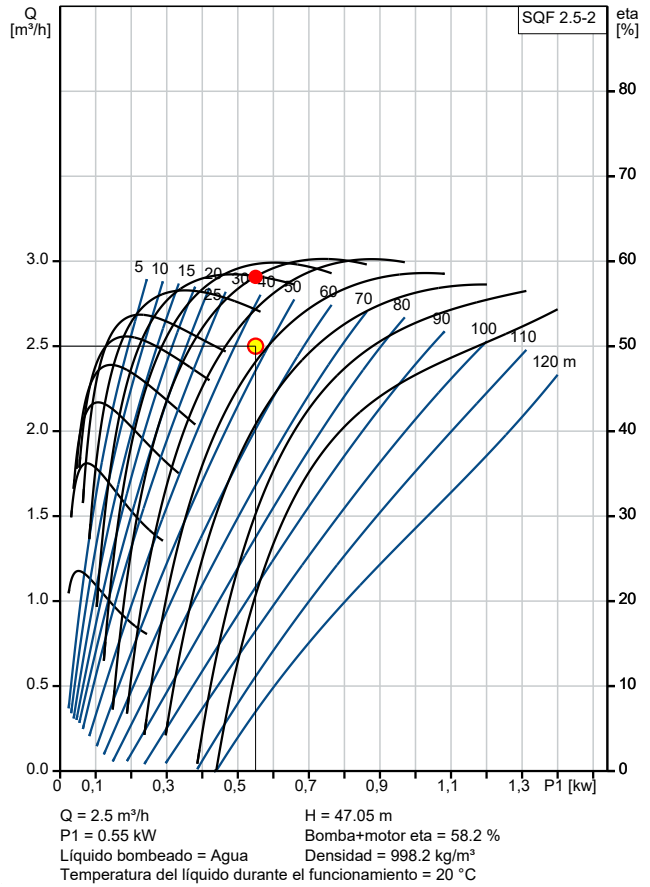
Bajo pedido SQF 2.5-2



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

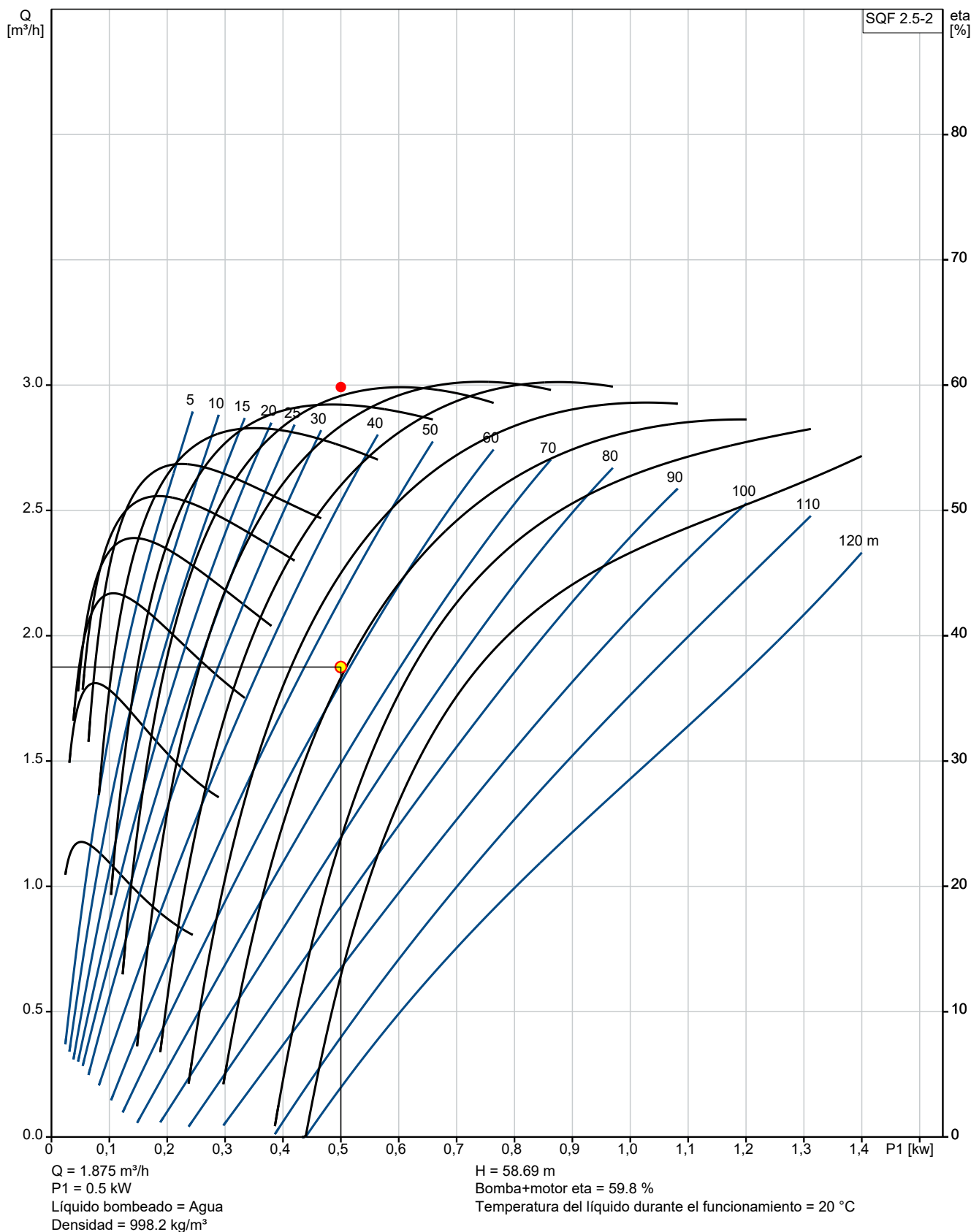
Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	SQF 2.5-2
Código::	Bajo pedido
Número EAN::	Bajo pedido
Precio:	EUR 3339
Técnico:	
Etapas:	2
Approvals:	UKCA,CE,EAC,CN RoHS Exempt,Morocco, Sepro
Bomba n.º:	95027414
Válvula:	bomba con válvula de retención integrada
Zinc Anodos:	NO
Materiales:	
Bomba:	Acero inoxidable
Bomba:	DIN W.-Nr. 1.4301
Bomba:	AISI 304
Impulsor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	Acero inox.
Rotor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	AISI 304
Estátor:	Acero inoxidable/EPDM
Estátor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Estátor:	AISI 304
Instalación:	
Máxima presión ambiental:	15 bar
Salida de bomba:	Rp 1 1/4
Diámetro mínimo de la perforación:	76 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Temperatura máxima del líquido:	40 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	MSF3
Potencia de entrada - P1:	1.4 kW
Tensión nominal CA:	1 x 90-240 V
Tensión nominal CC:	30-300 V
Intensidad nominal:	8.4 A
Factor de potencia:	1.0
Velocidad nominal:	3600 rpm
Tipo de arranque:	directo
Grado de protección (IEC 34-5):	IP68
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	Y
Protec. térmica:	interior
Longitud de cable:	2 m
Motor N.º:	96275336
Udc:	300 V
Udc:	30 V
Otros:	
Índice de eficiencia mínima, MEI ≥:	---
Peso neto:	10.2 kg
Peso bruto:	11.3 kg



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

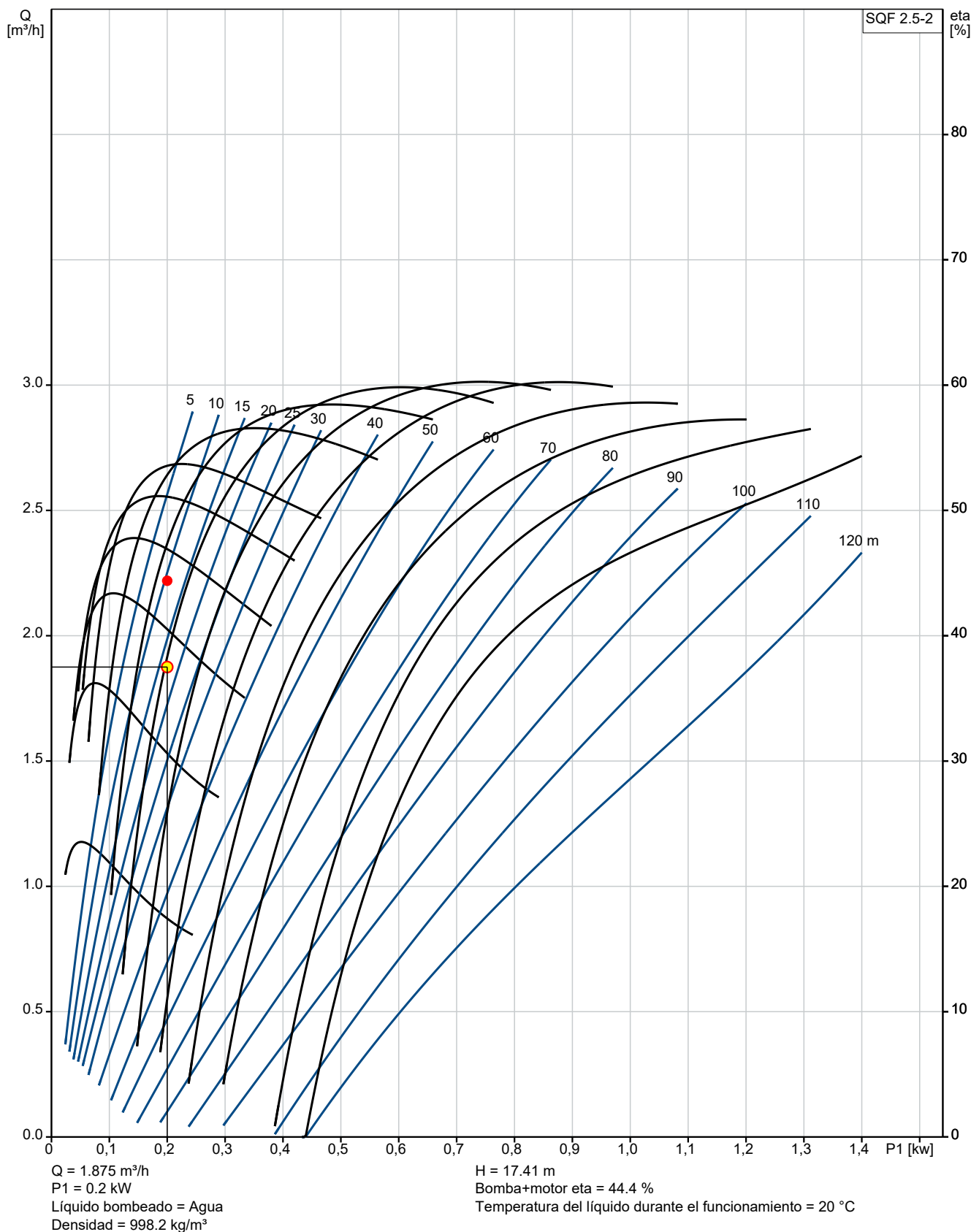
Bajo pedido SQF 2.5-2



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

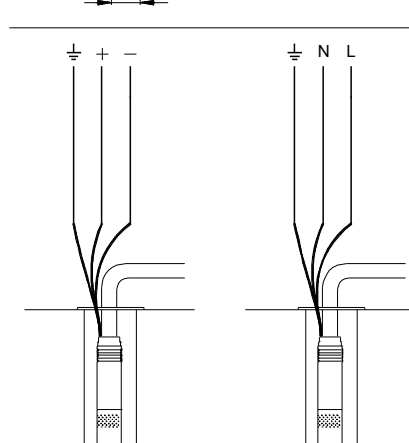
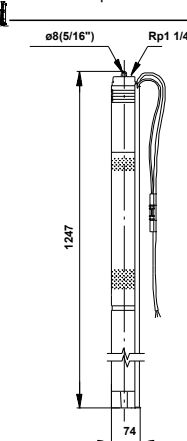
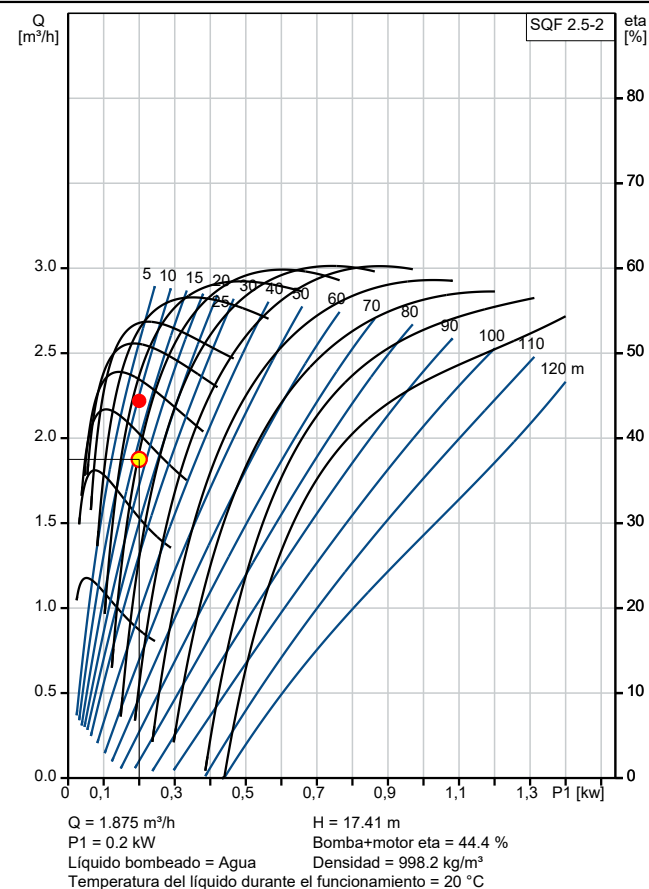
Bajo pedido SQF 2.5-2



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

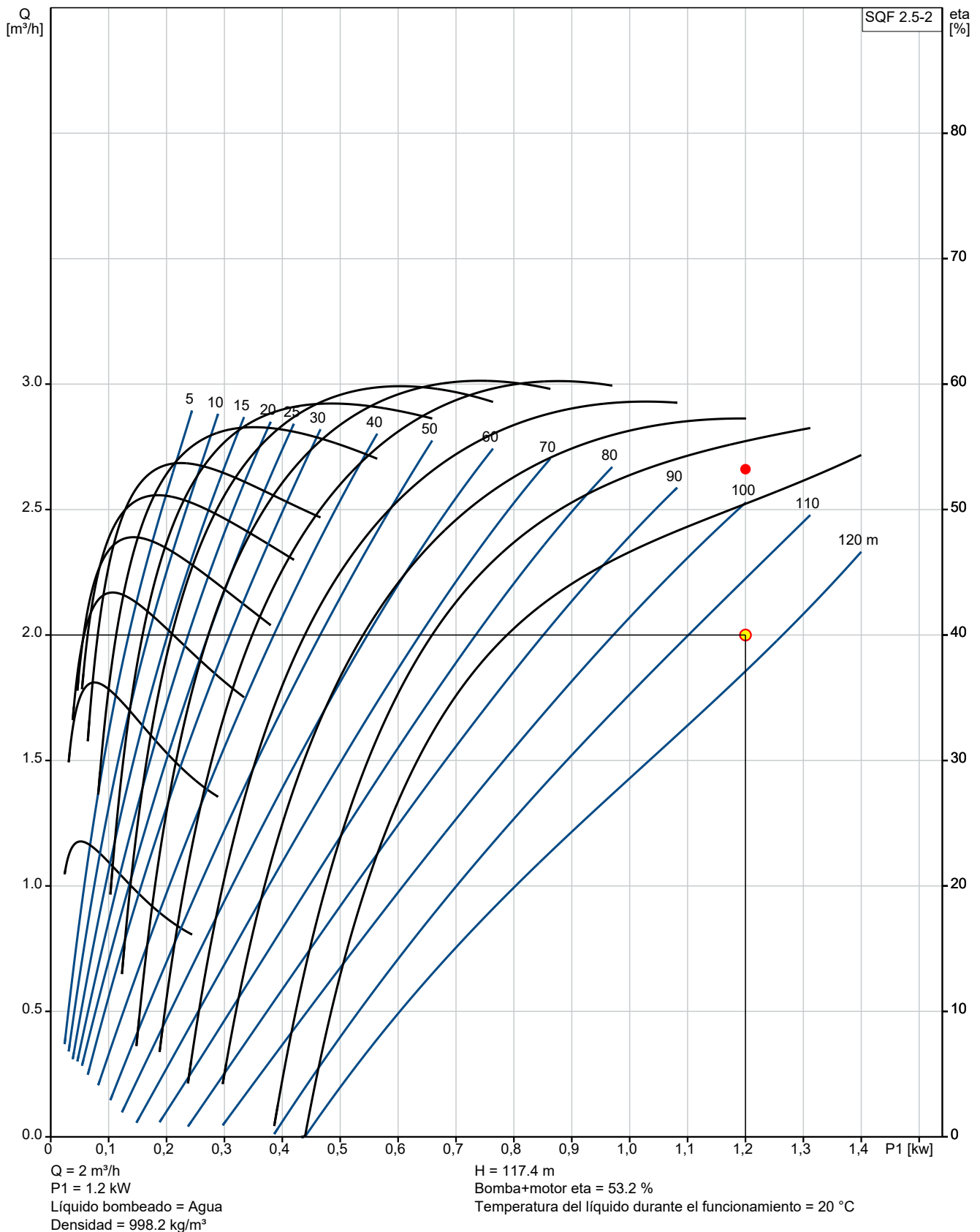
Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	SQF 2.5-2
Código::	Bajo pedido
Número EAN::	Bajo pedido
Precio:	EUR 3339
Técnico:	
Etapas:	2
Approvals:	UKCA,CE,EAC,CN RoHS Exempt,Morocco, Sepro
Bomba n.º:	95027414
Válvula:	bomba con válvula de retención integrada
Zinc Anodos:	NO
Materiales:	
Bomba:	Acero inoxidable
Bomba:	DIN W.-Nr. 1.4301
Bomba:	AISI 304
Impulsor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	Acero inox.
Rotor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	AISI 304
Estátor:	Acero inoxidable/EPDM
Estátor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Estátor:	AISI 304
Instalación:	
Máxima presión ambiental:	15 bar
Salida de bomba:	Rp 1 1/4
Diámetro mínimo de la perforación:	76 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Temperatura máxima del líquido:	40 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	MSF3
Potencia de entrada - P1:	1.4 kW
Tensión nominal CA:	1 x 90-240 V
Tensión nominal CC:	30-300 V
Intensidad nominal:	8.4 A
Factor de potencia:	1.0
Velocidad nominal:	3600 rpm
Tipo de arranque:	directo
Grado de protección (IEC 34-5):	IP68
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	Y
Protec. térmica:	interior
Longitud de cable:	2 m
Motor N.º:	96275336
Udc:	300 V
Udc:	30 V
Otros:	
Índice de eficiencia mínima, MEI ≥:	---
Peso neto:	10.2 kg
Peso bruto:	11.3 kg



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

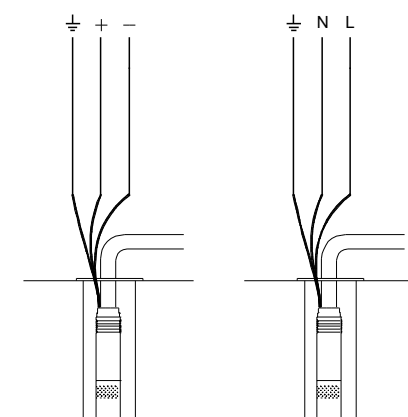
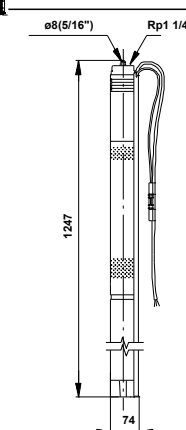
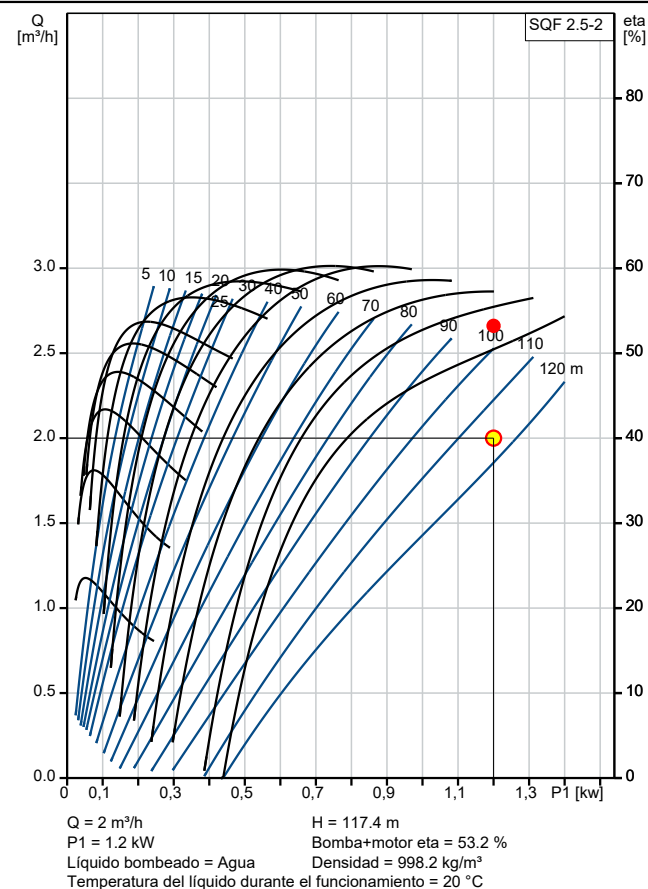
Bajo pedido SQF 2.5-2



Proyecto: TFG: Aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos
Código:

Cliente:
Nº Cliente:
Contacto:

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	SQF 2.5-2
Código::	Bajo pedido
Número EAN::	Bajo pedido
Precio:	EUR 3339
Técnico:	
Etapas:	2
Approvals:	UKCA,CE,EAC,CN RoHS Exempt,Morocco, Sepro
Bomba n.º:	95027414
Válvula:	bomba con válvula de retención integrada
Zinc Anodos:	NO
Materiales:	
Bomba:	Acero inoxidable
Bomba:	DIN W.-Nr. 1.4301
Bomba:	AISI 304
Impulsor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	Acero inox.
Rotor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Rotor:	AISI 304
Estátor:	Acero inoxidable/EPDM
Estátor:	DIN W.-Nr. 1.4301
Estátor:	AISI 304
Instalación:	
Máxima presión ambiental:	15 bar
Salida de bomba:	Rp 1 1/4
Diámetro mínimo de la perforación:	76 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Temperatura máxima del líquido:	40 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	MSF3
Potencia de entrada - P1:	1.4 kW
Tensión nominal CA:	1 x 90-240 V
Tensión nominal CC:	30-300 V
Intensidad nominal:	8.4 A
Factor de potencia:	1.0
Velocidad nominal:	3600 rpm
Tipo de arranque:	directo
Grado de protección (IEC 34-5):	IP68
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	Y
Protec. térmica:	interior
Longitud de cable:	2 m
Motor N.º:	96275336
Udc:	300 V
Udc:	30 V
Otros:	
Índice de eficiencia mínima, MEI ≥:	---
Peso neto:	10.2 kg
Peso bruto:	11.3 kg



DEEP BLUE 3.0

Mono

505W MBB Half-cell Module
JAM66S30 480-505/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

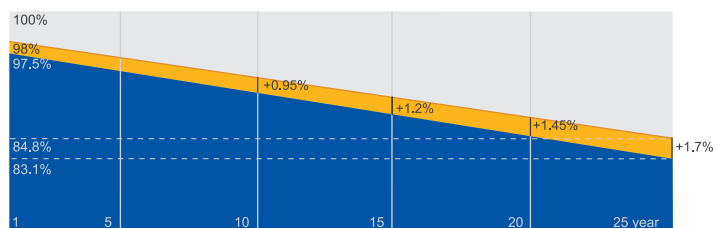


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation
Over 25 years



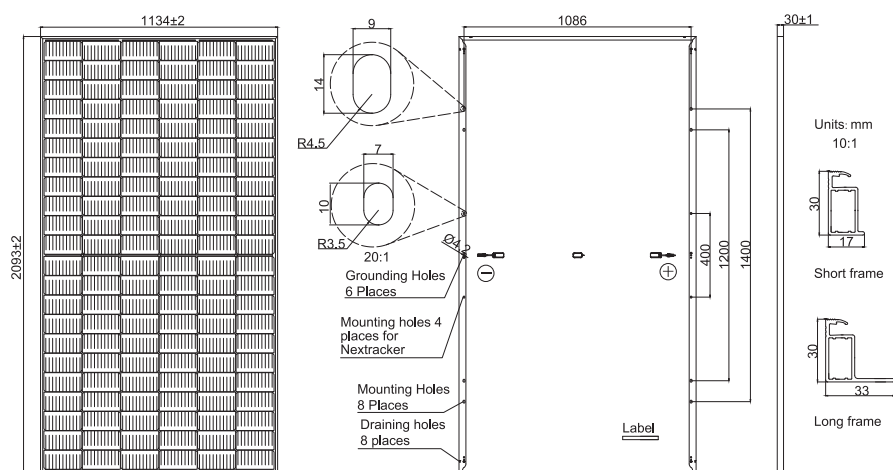
■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941:2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

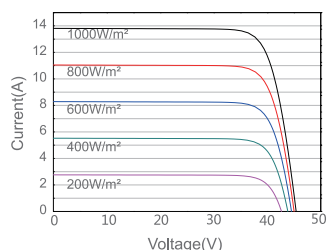
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

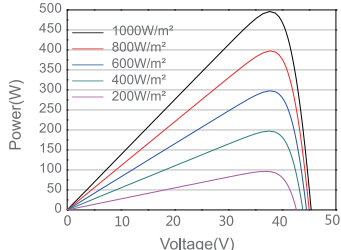
TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR	OPERATING CONDITIONS	
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86	Operating Temperature	-40℃~+85℃
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02	Maximum Series Fuse Rating	25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34	Maximum Static Load,Front* Maximum Static Load,Back*	5400Pa(112lb/ft²) 2400Pa(50lb/ft²)
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60	NOCT	45±2℃
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20℃,wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR

