ÍNDICE

ANEJO 11.- ESTACIÓN DE BOMBEO

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PRESENTE ANEJO 1

2 ESQUEMA GENERAL 1

3 CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA 1

4 SISTEMA DE FILTRADO 1

5 CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA LAS IMPULSIONES 3

6 CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO 5

7 COSTES ENERGÉTICOS. 10

8 ELEMENTOS HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS 11

ANEJO 11.- ESTACIÓN DE BOMBEO

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PRESENTE ANEJO

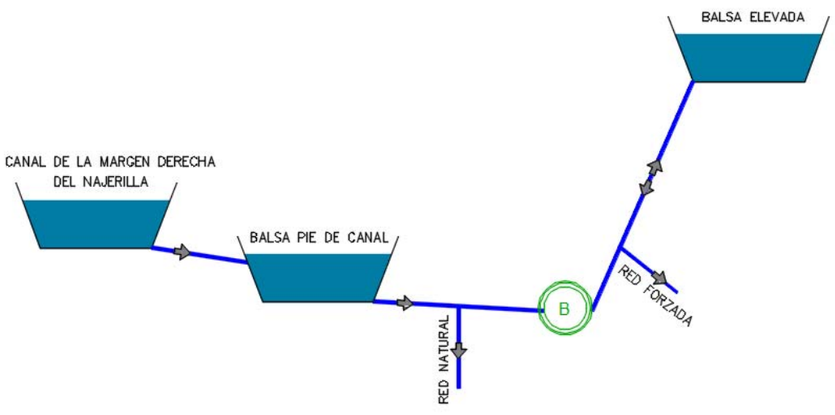
En las parcelas objeto del proyecto se pretende la modernización de la infraestructura de regadío existente mediante la implantación de un sistema de tuberías a presión enterradas, alimentadas desde el canal de la margen derecha del Najerilla. La superficie objeto de proyecto asciende a 949,10 ha, de las cuales 405,82 ha se disponen a una cota respecto del canal que hace necesario el bombeo para permitir que dichas parcelas dispongan de la presión de consigna. Siendo dicha superficie la abastecida por la red de presión forzada. Para ello, se diseña una instalación de bombeo que permitirá presurizar la red.

En el presente anejo se exponen las características técnicas generales de la solución adoptada relativa al bombeo, así como de las obras necesarias para su ejecución.

2 ESQUEMA GENERAL

Se plantea un único punto de captación, ubicado frente a una toma existente de otra comunidad de regantes. Desde esta toma se abastece la balsa de pie de canal, siendo la balsa de regulación de toda la zona regable. Abasteciendose desde la misma las 949,10 ha que conforman la zona regable objeto de modernización. De forma directa desde la balsa de pie de canal se abastece la zona baja o red de presión natural. A su vez desde esta balsa toma el agua el bombeo para abastecer a la zona elevada conformada por 405,82 ha. El agua se eleva a través de la impulsión hasta una balsa elevada ubicada a una cota suficiente para permitir que toda la zona elevada disponga de la presión de consigna fijada. Desde la balsa se abastece a la red de riego de presión forzada.

Se muestra a continuación un esquema de la red de distribución.



En el bombeo necesario para elevar el agua desde la balsa inferior a la balsa elevada, y con objetivo de minimizar el uso de energía eléctrica convencional se plantea un bombeo con energía eléctrica convencional más el apoyo de energía fotovoltaica.

3 CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA

Para albergar los equipos de bombeo y los elementos asociados a los mismos se plantea la ejecución de una edificación de 20 m de longitud y 8 m de anchura. Se plantea una edificación conformada por una estructura metalica mediante pórticos con una separación de 5 m entre ellos. Con cerramientos laterales mediante fábrica de bloque y cubierta de panel sándwich de 30 mm de espesor.

En el anejo 16: cálculos de estructuras se incluyen las justificaciones técnicas de la estructura y cimentación de la edificiación, a su vez en el plano 7: Estación de Bombeo, se incluye información de la disposición de los elementos y diseños constructivos del edificio.

4 SISTEMA DE FILTRADO

Como se indica en el anejo 8. Análisis de la calidad del agua, se considera que el agua que entra al sistema de riego es un agua limpia y de una calidad adecuada para el riego. Si es cierto que porta restos de multiples tipos, incluso caen elementos en el agua que transporta el canal desde que se toma en el río Najerilla hasta llegar a la toma de la comunidad de regantes, es por ello que debe recibir un tratamiento para la retirada de dichos restos.

Para la eliminación de los residuos que porta el agua se plantean varios sistemas de limpieza. Los cuales se van a nombrar en el orden de circulación del agua:

- Reja de desbaste en la toma: se plantea una reja con sistema de limpieza automática para la eliminación de restos de más de 2 cm, eliminando elementos gruesos que puedieran generar problemas en la compuerta o la conducción de abastecimiento de la balsa.
- La balsa: la balsa no es un sistema de limpieza, pero si que ejerce una labor de deposición de restos solidos en suspensión, aunque ya se indicaba en el análisis de agua que presentaba valores bajos de turbidez.
- Reja de desbaste en la toma de fondo. En la toma de fondo se plantea la instalación de una reja de desbaste para eliminar otros elementos gruesos que puedan haber pasado la primera reja o para elementos que hayan podido caer o generarse en la balsa.
- Filtro general tipo W o en línea: se plantea un filtro autolimpiante a la salida de la balsa e inicio de las tuberías, que permite un filtrado de mayor entidad para disponer así del agua que circula por todas las tuberías limpia.

- Además, y que no afecta al bombeo, se dispone de filtros cazapiedras en los hidrantes de riego para proteger los elementos del hidrante. Tambien los regantes a nivel particular podrán instalarse sistemas de filtrado con la graduación que consideren adecuada a su instalación en parcela.

4.1 REJA DE DESBASTE

Se plantea la instalación de una reja de desbaste en la obra de toma del canal. La reja de desbaste dispondrá de una luz de paso de 20 mm. Esta reja permitirá evitar la entrada en la balsa y en la tubería de conexión de elementos gruesos, como palos, hojas grandes, pequeños animales,… Se trata así de un desbaste muy importante para el mantenimiento y conservación de todas las instalaciones.

Esta reja podrá tener mayor o menor uso según la carga de suciedad que porte el canal, momentos de tormentas, avenidas en el río, inicio o final de campañas de riego,…

Para la limpieza de esta reja se plantea la instalación de un sistema limpiarrejas asociado a la misma. Este equipo lo que realizará será la retirada de los restos acumulados en la reja al exterior de la arqueta en la que se aloja. Los verterá al interior de un contenedor o a un suelo de hormigón. Se deberá retirar por parte del personal los residuos.

El equipo se podrá accionar por dos parametrizaciones: según un horario prefijado, o por la existencia de un desnivel entre el agua antes y después de la reja, es decir que la suciedad impida la circulación del agua entre ambos lados.

Para el abastecimiento eléctrico de este equipo se contará con conexión a la red eléctrica proveniente de la estación de bombeo. Se detalla el dimensionado en el anejo 14: instalaciones eléctricas en baja tensión y automatización.

4.2 BALSA

Aunque la balsa no es un sistema de filtrado pero si que realiza una labor en la decantación de solidos en suspensión. Debido a la capacidad de la balsa, que aproximadamente dispone de capacidad para dos días de abastecimiento en el mes de máximas necesidades y que la entrada de agua y la toma de fondo se encuentra alejadas (en zonas opuestas de la balsa) se permite que el agua en el interior de la balsa presente un movimiento lento, y permanezca más tiempo en el interior de la balsa.

Este movimiento lento, permite la decantación de parte de los solidos en suspensión. Que en el caso de este proyecto los residuos que se acumulen serán reducidos en comparación con otras zonas regables debido a que el agua del Najerilla presenta valores de turbidez bajos.

4.3 REJA DE DESBASTE EN TOMA DE FONDO

En la toma de fondo se plantea la instalación de una reja de desbaste. La reja se describe más detalladamente en el anejo 15: balsas con las dimensiones, separación entre barras,…

De forma resumida, la reja se conforma por dos partes, un zocalo inferior de 20 cm de altura realizado con chapa lisa no perforada. Este zocala impedirá la entra a la toma de fondo de restos que no flotan como pueden ser los solidos decantados, fangos o restos similares. Sobre este zocalo se dispone un cojunto de rejas verticales de 70 cm de longitud. Las rejas dispone de una luz entre barras de 2 cm. Mediante esta reja se permite la retirada de restos gruesos que hayan podido pasar la primera reja, o que se hayan generado o caído en la balsa (algas, peces, hojas,…).

4.4 FILTRADO GENERAL TIPO W

Con el fin de eliminar las posibles impurezas que pudieran entrar en la red de riego, se prevé la instalación de un filtro autolimpiante de tipo "W", DN 700, con luz de paso 2x2 mm. Este sistema de filtrado eliminará todas las impurezas que vayas directamente a los hidrantes de la red de presión natural, y a su vez será comun para la tubería de abastecimiento o aspiración del bombeo. El grado de filtración se consideraría adecuado para la aplicación de riego por aspersión, siendo perfectamiente adecuado para proteger los elementos del bombeo (bombas, válvuleria,…)

DESCRIPCIÓN GENERAL

El filtro se compone de un cuerpo metálico, corona rotativa, colector de desechos, válvula de apertura (de lavado) y grupo motorreductor para accionamiento de la corona rotativa y elementos de medición y control. El elemento filtrante es una malla, sujeta a la corona rotativa, tipo NOCKLING, especial para retener todo tipo de impurezas (piedras, algas, peces, hojas, fibras, plástico y moluscos), con un perfil hidrodinámico que ofrece baja pérdida de carga y evita sobreturbulencias, pérdidas de energía y adherencias de elementos extraños.

Los filtros tipo W se adosan directamente a la tubería por medio de bridas estándar, como un elemento más de la misma, en línea a ésta. No necesita más instalación que la conexión de los elementos eléctricos y de control.

Su funcionamiento es del tipo autolimpiable (retrolavado) y totalmente automático. Su mantenimiento es mínimo y de muy bajo consumo.

FORMA DE OPERACIÓN

El agua atraviesa la malla rotativa, reteniendo las impurezas y elementos sólidos del agua. Cuando está sucia comienza a rotar para su limpieza que se realiza por sectores, recogiéndose los desechos en el colector para ser expulsados al exterior.

El ciclo de limpieza comienza al detectarse un aumento de presión diferencial prefijado entre las caras de la malla. Al mismo tiempo comienza a girar en velocidad lenta y abre la válvula motorizada, expulsando las impurezas. Al completar un giro y cuarto se detiene y se cierra la válvula. También es posible realizarlo por tiempo, habitualmente 1 vez cada 24 h. La limpieza del filtro se realiza de una forma rápida, con la apertura de la válvula de desagüe durante un periodo aproximado de 90 segundos. En dicho tiempo el caudal punta puede ser de 60 l/s aproximadamente, dependiendo el caudal exacto de la presión real en cada momento.

La única condición necesaria para el correcto lavado es que el flujo de retrolavado sea suficientemente alto. Para ello es necesaria una presión mínima de 0,3 m.c.a. que con la altura de agua en la balsa es suficiente para cumplir esta premisa. El filtro se ubicará en una arqueta a la salida de la balsa, acoplado en la tubería de la toma de fondo, disponiéndose así a una cota inferior al fondo de la balsa y siempre inferior a los 0,3 m respecto del nivel mínimo de agua de la balsa. Aproximadamente se ubicará a 1 m del fondo de la balsa la parte superior del filtro.

Un limitador de par y un sistema de absorción de presión protege mecánicamente al equipo, en caso de saturación de suciedad en la malla.

Este sistema también lo protege contra vibraciones generadas por posibles flujos turbulentos de fluido.

En caso de que algún elemento extraño bloquee la rotación de la malla, el sistema invierte la rotación alternativamente hasta la eliminación del obstáculo. En caso de que el mismo sea demasiado grande se deberá extraer de forma manual. En una incidencia de este tipo se enciende una señal de alarma para el operador.

En casos de emergencia, el filtro puede realizar el ciclo de lavado de forma continua.

El caudal de lavado, de aproximadamente 60 l/s, durante solo 90 segundos al día, se canalizará a través del desagüe de fondo de la balsa hasta un cauce natural existente en las proximidades, punto donde ser verterá. El cauce en dicho punto se protegerá con escollera u hormigón para evitar erosión.

El accionamiento del sistema de limpieza se lleva a cabo mediante motores eléctricos, tanto para apertura de válvulas como para accionamiento de la corona o la bomba de presión. Para estos accionamientos se conectará el filtro a la instalación eléctrica de la estación de bombeo. Se detallan los cálculos eléctricos correspondientes en el anejo 14: instalaciones eléctricas de baja tensión y automatización.

PÉRDIDAS DE CARGA

Según las características técnicas de funcionamiento de este tipo de filtros nos encontramos con las siguientes pérdidas de carga, en función del estado del propio filtro:

- Filtro lateral (filtro tras la toma del canal).

  Para este filtro se tiene un caudal máximo según el pedido de 450 l/s (1.620 m^3/h), siendo este el caudal máximo de referencia para las pérdidas de carga.

  - Filtro limpio a máximo caudal 0,16 m.c.a.
  - Nivel 1; Comienza el ciclo de lavado 0,80 m.c.a.
  - Nivel 2; Alarma 1,50 m.c.a.

  Las pérdidas de carga provocadas por este elemento serán de 0,96 m.c.a.

  Se considerará 1 mca de pérdidas en el filtrado general.

5 CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA LAS IMPULSIONES

A continuación, se describen los equipos y los parámetros a tener en cuenta para el bombeo a balsa elevada para la superficie de la red de presión forzada.

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPULSIÓN

La tubería de Impulsión va a presentar dos funciones, por un lado, permitirá elevar agua a la balsa elevada y transportarlo de esta hacia la red de riego, y a su vez se iran ramificando ramales para el abastecimiento de hidrantes. La tubería de impulsión se realiza en todo su recorrido con un único diámetro.

Así pues, el trazado previsto para la Impulsión a la balsa elevada estará compuesto por una tubería con las siguientes características:

- Longitud: 1.941 m
- Tubería: PVC-O DN 500 PN12,5. (Se determina por la situación más desfavorable entre la fase de bombeo y la fase de riego al piso elevado, siendo en este segundo el más desfavorable por presentar mayor caudal)
- Rugosidad (K): 0,007 mm

5.2 CAUDAL DE BOMBEO

El caudal de diseño máximo de bombeo se ha determinado considerando solo la demanda del piso elevado, que son los bombeados a la balsa Elevada, para el mes de mayores necesidades (julio) y para las horas previstas de funcionamiento de las bombas, fijadas en 112 h/semanales (P6+Fotovoltaica).

Superficie total (Piso Alto):..... 405,82
Necesidades diarias del mes de julio: ..... 10.118,79 m^3/día
Caudal Ficticio continuo (julio): .....0,289 l/s y ha = 117,28 l/s
Horas de funcionamiento (P6+FV): .....112 h/semana
Caudal bombeo (P6+FV): ..... 176 l/s

5.3 CONSIDERACIONES EN EL DIMENSIONADO

Las bombas proyectadas trabajarán dentro de un rango de funcionamiento variable, en función del número de bombas que estén en marcha y de los niveles de agua existentes en la balsa inferior y la balsa elevada. Estas situaciones darán lugar a alturas manométricas diferentes y por tanto puntos diferentes de trabajo en la curva característica de la bomba.

Para la determinación del punto de funcionamiento de los equipos de bombeo, se ha utilizado la situación más probable relativa al estado de llenado de la balsa elevada, encontrándose esta a 1/2 de capacidad al igual que la balsa inferior que se encuentra a 1/2 de su altura máxima y la pérdida de carga del bombeo, considerando el funcionamiento de todos los equipos simultáneamente.

Paralelamente se ha comprobado el funcionamiento de los equipos para las condiciones extremas definidas por:

- Máxima resistencia: Obtenida a partir de la curva resistente de la impulsión con la balsa elevada en su nivel máximo de explotación y con la balsa inferior prácticamente a su mínimo.
- Mínima resistencia: Obtenido a partir de la curva resistente de la impulsión con la balsa inferior llena y la balsa elevada en su nivel mínimo de explotación.

5.4 ALTURA MANOMÉTRICA PARA LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Para el dimensionamiento de los equipos de bombeo a instalar en la Estación de bombeo se han considerado los siguientes parámetros:

Cota N.A.M.O Balsa Inferior	518,20 m.s.n.m.
Cota de Fondo Balsa Inferior	514,20 m.s.n.m.
Cota N.A.M.O Balsa Elevada	577,35 m.s.n.m.
Cota de Fondo Balsa Elevada	573,35 m.s.n.m.

Tal y como se desprende de los parámetros indicados anteriormente, los equipos de bombeo deben estar previstos para un funcionamiento adecuado dentro del rango de alturas manométricas derivadas de los diferentes niveles posibles de almacenamiento de ambas balsas.

5.5 PÉRDIDAS DE CARGA SINGULARES

Para la determinación de la curva resistente del sistema se han considerado una serie de **pérdidas de carga sobre los elementos singulares** y del propio trazado de la tubería (valvulería y piezas de calderería como puedan ser codos y Tes) que se estima en un 10% adicional a aplicar sobre las pérdidas de carga generadas por el caudal en cada una de las hipótesis analizadas.

Formulación.

Para verificar la funcionalidad de este elemento, se determinó la pérdida de carga de esta conducción en el caso de que funcionara "en carga", mediante la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2*g}$$

Donde:

- Hf = Pérdida de carga en m.c.a..
- f = Factor de fricción (adimensional).
- L = Longitud del tramo en m.
- D = Diámetro interior de la tubería en m.
- V = Velocidad de la tubería en m/seg.
- g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/seg^2.

El factor de fricción se ha calculado por la fórmula de White Colebrook, de expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2,51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} + \frac{Ka}{3,71D}\right)$$

Donde:

- Re = Núm. de Reynolds.
- Ka = Coeficiente de rugosidad absoluta.
- (Ka = 0,007 mm para las tuberías de PVCO)

Obteniéndose los siguientes resultados:

Diámetros	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Hf (mca)
500	176	1,05	2,78

De esta forma, el valor total considerado en la pérdida de carga para la impulsión en la conducción será de 2,78 m.c.a en la situación de diseño, además de considerar por otro lado, los 3 m.c.a para las pérdidas del bombeo (admisión, bombeo y filtrado). Las pérdidas de carga que se dan en la impulsión y en la valvulería pueden cambiar en función de la hipótesis estudiada, a continuación, se presentan las tres hipótesis valoradas y los datos de estas.

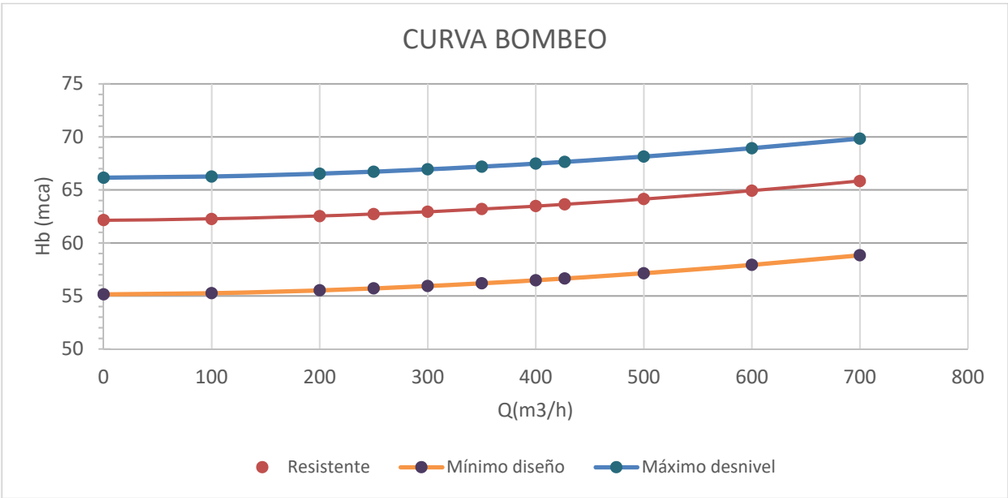
Pérdidas de Carga	DISEÑO	Mínima Resistencia	Máxima Resistencia
Admisión, Estación de bombeo y Filtrado:	3 mca	0 mca	3 mca
Tubería Impulsión:	+10% s/PC en tramo para la tubería		

5.6 CURVA RESISTENTE

Tomando en consideración lo expuesto anteriormente la situación previa establecida en la determinación de la curva resistente en cada una de las tres situaciones estudiada será:

Pérdidas de Carga	DISEÑO	Mínima Resistencia	Máxima Resistencia
Cota Balsa Inferior:	516,20	518,20	514,20
Cota Balsa Elevada:	575,35	573,35	577,35
Diferencia de cota:	59,15	55,15	63,15
PC Bombeo:	3	0	3
TOTAL P.C. Fija:	**62,15**	**55,15**	**66,15**
TOTAL P.C. Variable:	Pérdidas de Carga lineales + 10% adicional por Pérdidas de Carga singulares		

Y la curva para los diferentes caudales impulsados será:



Aplicando las pérdidas de carga de la impulsión a los escenarios analizados obtendremos los siguientes puntos de funcionamiento:

	Diseño	Min	Max
Cota Balsa Inferior:	516,20	518,20	514,20
Cota Balsa Elevada:	575,35	573,35	577,35
Diferencia de cota:	59,15	55,15	63,15
PC Bombeo:	3,00	-	3,00
PdC tubería	3,07	-	3,07
Bombeo	**65,22**	**55,15**	**69,22**

6 CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

En este apartado se procede al dimensionamiento de las características de los equipos electromecánicos a instalar en la Estación de Bombeo prevista.

Para la estimación de los equipos de bombeo a instalar en la impulsión a balsa se cuenta con el valor del caudal obtenido en los apartados anteriores, así como la altura manométrica que se calcula en apartados anteriores para la impulsión.

Se plantea el fraccionamiento de los bombeos para una mejor optimización de los mismos, adaptándose mejor a la energía fotovoltaica disponible, maximizando el rendimiento hidráulico de los equipos, y a su vez permitiendo adaptarse a las necesidades de la demanda a lo largo de la campaña, y a no condenar toda la instalación ante eventuales averías o mantenimiento.

6.1 FRACCIONAMIENTO DEL BOMBEO

Para mejorar las condiciones de funcionamiento del conjunto ante las previsibles variaciones en la disponibilidad energética y de la demanda de la red se prevé un fraccionamiento del bombeo, planteándose la instalación de un total de dos bombas de diferente caudal de bombeo par adaptaarse mejor a posibles bajos caudales en el comienzo del día de cara al aprovechamiento solar. Las características de las mismas son las siguientes:

- Bomba 1: bomba de cámara partida de 120 l/s (432 m^3/h) a 65,22 m.c.a, con caudal mínimo de 40,4 l/s (145,44 m^3/h), accionada mediante variador de frecuencia solar híbrido de forma que pueda trabajar a 55,15 mca con el mismo caudal, y a 69,22 mca con algo menos del caudal nominal, y que a su vez sea capaz de trabajar al menor caudal posible para maximizar el aprovechamiento de la energía fotovoltaica disponible.

- Bomba 2: bomba de cámara partida de 56 l/s (202 m^3/h) a 65,22 m.c.a, con caudal mínimo de 11,5 l/s (41,4 m^3/h), accionada mediante variador de frecuencia solar híbrido de forma que pueda trabajar a 55,15 mca con el mismo caudal, y a 69,22 mca con algo menos del caudal nominal, y que a su vez sea capaz de trabajar al menor caudal posible para maximizar el aprovechamiento de la energía fotovoltaica disponible.

Al estar accionados por variadores de frecuencia serán capaces de trabajar correctamente en todos los rangos de funcionamiento posibles, es decir entre los 55,15 mca de la situación más favorable y los 68,92 mca de la situación más desfavorable, y de garantizar estos puntos de funcionamiento para el caudal mínimo de cada equipo, garantizando así el solape entre ellos, tanto en la fase de funcionamiento solar como cuando funcionen con la red eléctrica.

6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Como ya se ha comentado, se proyectan dos bombas, una de 55 kW y otra de 132 kW. En la situación de uso de energía fotovoltaica, la bomba pequeña, 55kW se accionará en primera instancia y continuará funcionando hasta llegar al punto de caudal máximo, a partir de este caudal, y con la disposición de potencia en solar se detendrá la bomba de 55 kW y se accionará la segunda bomba (132kW). Se elevará el caudal de la bomba de 132 kW hasta alcanzar el punto nominal, donde presenta el mayor rendimiento. Una vez alcanzado el punto nominal la bomba de menor potencia arrancará y aumentará el caudal hasta alcanzar el punto nominal.

Con energía eléctrica. El funcionamiento se iniciará el bombeo con el accionamiento de la bomba de 55 kW una vez alcance el caudal nominal, se iniciará el funcionamiento de la bomba de 132 kW hasta alcanzar el caudal nominal, llegando el bombeo a su caudal nominal. De esta forma el aumento de caudal será progresivo.

Este proceso puede verse en la tabla de secuencia de funcionamiento del apartado 6.3.1. Es de gran importancia la correcta programación del variador de frecuencia y automatización, lo que permitirá que los equipos trabajen de manera correcta en los puntos que se describen a continuación

A continuación, se refleja el punto de funcionamiento para el bombeo en la situación de diseño, balsas en nivel medio.

<u>Bomba 1 (132 kW)</u>

Así pues, el caudal a impulsar por la bomba de 132 kW según la curva facilitada por el fabricante será de 120 l/s a 65,22 m.c.a.

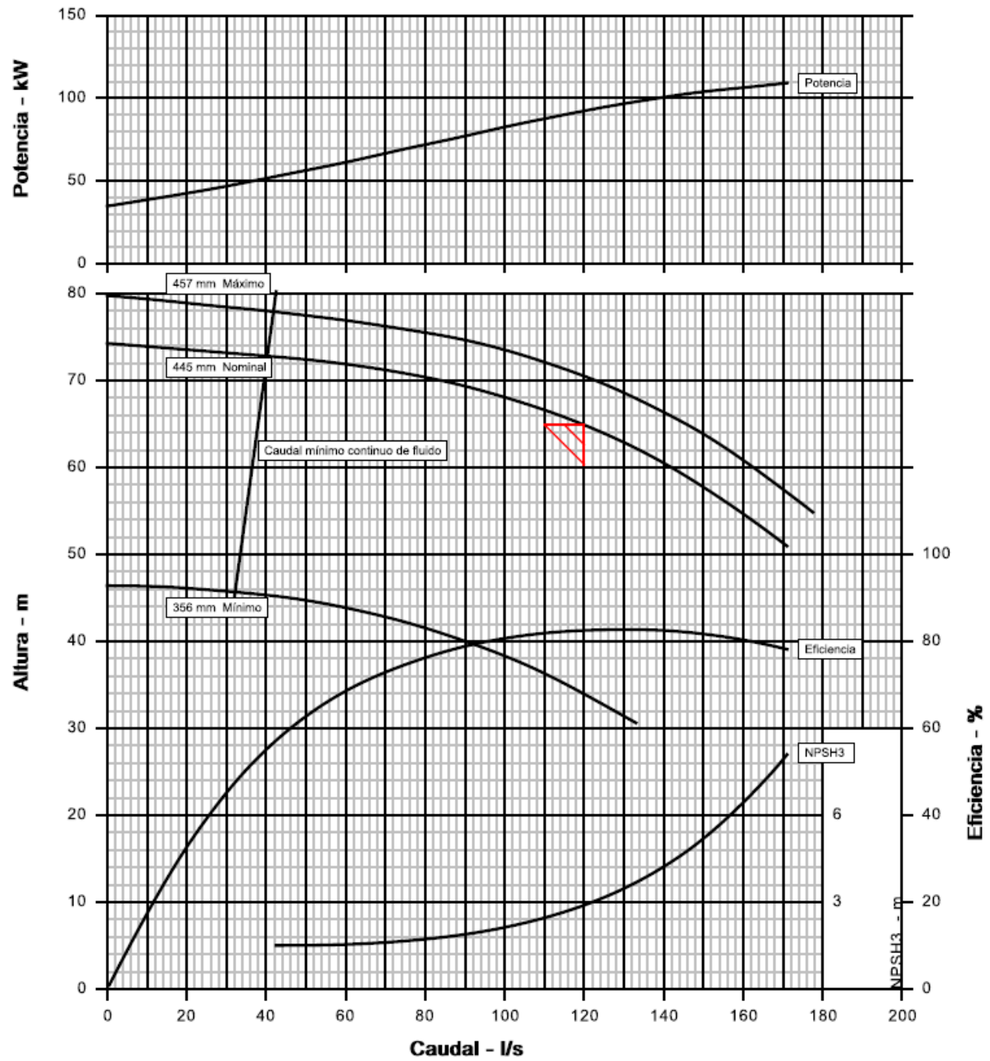
Para este punto tendremos:

- Rendimiento de la Bomba ..... 82,6 %
- Rendimiento del Motor..... 90 %
- Revoluciones de giro..... 1.490 rpm
- Caudal de la Bomba ..... 432 m^3/h
- Altura de Bombeo (Hm): ..... 65,22 mca

$$\text{Potencia absorbida} = \frac{120\ (l/s)\times 65{,}22(mca)}{75\times 0{,}826\times 0{,}90} = 140{,}37 \text{ C.V } (104{,}67 \text{ kW})$$

Siendo la potencia hidráulica requerida al eje motor de 94,2 kW.

PUNTO NOMINAL



Se dimensiona un equipo de bombeo de cámara partida horizontal capaz de proporcionar 120 l/s a una altura de 65,22 m.c.a., accionados mediante motor eléctrico de 132 kW, 50 Hz 400 V a 1490 rpm, accionado por variador de frecuencia híbrido específico para funcionamiento solar. Además, deberá ser capaz de cubrir el rango entre los 40,4 l/s y los 120 l/s previstos con rendimientos de acuerdo a la curva anterior.

Del mismo modo se comprueban las situaciones extremas, comprobando el correcto funcionamiento de la bomba elegida a dichas situaciones.

Equipo	Punto de funcionamiento	Q unitario (m^3/h)	Hman m.c.a.	Rendimiento %	P absorbida (kW)	NPSH3r	P motor seleccionada
Tipo	Punto diseño	432	65,2	81,49	104,7	2,9	132 kW
	Punto mínima resistencia	550	57,50	80,24	119,4	6,1	
	Punto máxima resistencia (2 bombas)	350	69,2	81,34	90,2	2,0	

Bomba 2 (55 kW)

Así pues, el caudal a impulsar por la bomba de 55 kW según la curva facilitada por el fabricante será de 60 l/s a 65,2 m.c.a.

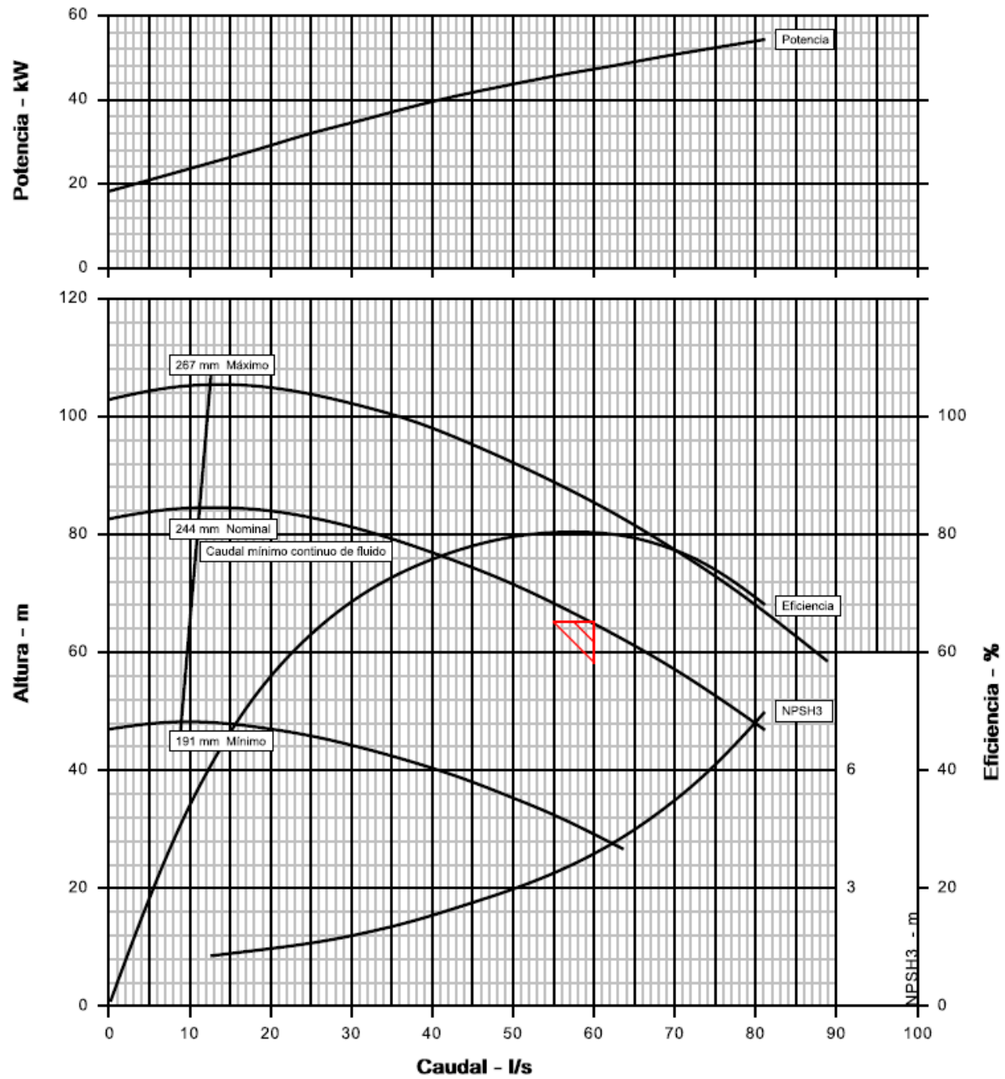
Para este punto tendremos:

- Rendimiento de la Bomba ..... 80,5 %
- Rendimiento del Motor..... 90 %
- Revoluciones de giro..... 2.980 rpm
- Caudal de la Bomba ..... 201,6 m^3/h
- Altura de Bombeo (Hm): ..... 65,2 mca

$$\text{Potencia absorbida} = \frac{56\ (l/s)\times 65{,}2(mca)}{75\times 0{,}805\times 0{,}90} = 67{,}2 \text{ C.V } (50{,}1 \text{ kW})$$

Siendo la potencia hidráulica requerida al eje motor de 45,1 kW.

PUNTO NOMINAL



Se dimensiona un equipo de bombeo de cámara partida horizontal capaz de proporcionar 56 l/s a una altura de 65,2 m.c.a., accionados mediante motor eléctrico de 55 kW, 50 Hz 400 V a 2980 rpm, accionado por variador de frecuencia híbrido específico para funcionamiento solar. Además, deberá ser capaz de cubrir el rango entre los 11,5 l/s y los 56 l/s previstos con rendimientos de acuerdo a la curva anterior.

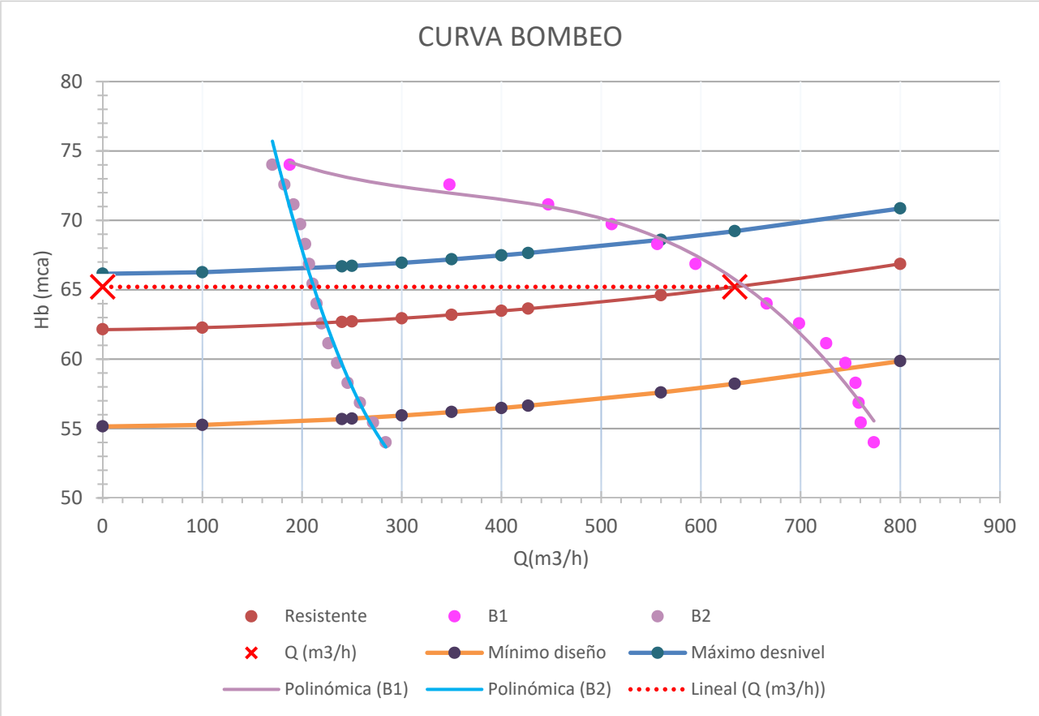
Del mismo modo se comprueban las situaciones extremas, comprobando el correcto funcionamiento de la bomba elegida a dichas situaciones.

Equipo	Punto de funcionamiento	Q unitario (m^3/h)	Hman m.c.a.	Rendimiento %	P absorbida (kW)	NPSH3r	P motor seleccionada
Tipo	Punto diseño	202	65,2	80,45	49,6	3,5	55 kW
	Punto mínima resistencia	255	55,78	75,53	56,4	5,3	
	Punto máxima resistencia	192	69,2	80,9	49,7	3,2	

Al respecto de lo anterior resulta importante destacar que en este caso, en el que todos los equipos estarán accionados por variadores de frecuencia, los equipos podrán trabajar a velocidad nominal o por encima o por debajo en función de la potencia disponible.

Con esta premisa, y teniendo en cuenta que se debe salvaguardar la demanda de potencia de los motores, se plantea que, mediante el autómata del bombeo, el cual gobernará todos los equipos, se limite la demanda de potencia de los motores tanto en la situación favorable como en la desfavorable a una potencia similar a la de diseño. Regulando con el variador por debajo de 50Hz en la situación favorable, y que en la situación desfavorable el equipo pueda subir por encima de los 50Hz.

Deberá prestarse especial atención a este funcionamiento en todos los casos, pero especialmente en la bomba 2.



Como se ha comentado antes, se estudian otros dos puntos de funcionamiento, los cuales son los dos puntos extremos de posible funcionamiento.

6.3 NPSH DEL BOMBEO

Como parte del dimensionado de las bombas se realiza la comprobación del NPSH disponible y del requerido para el bombeo. De igual forma a lo expuesto y analizado con anterioridad, se revisa para las 3 situaciones de punto de diseño, mínima y máxima resistencia.

En la siguiente tabla se recoge para cada punto el valor de NPHS disponible y requerido.

Punto	NPSH DISPONIBLE					NPSH REQUERIDA	
	P atm	Cota balsa	Cota bomba	PdC aspiración	Disponible	B1	B2
Diseño	10	516,20	512,4	2,2	11,6	2,9	3,5
Mínima resistencia	10	518,20	512,4	2,2	13,6	6,1	5,3
Máxima resistencia	10	514,20	512,4	2,2	9,6	2,1	3,2

Como se puede ver en la anterior tabla, se observa que en todos los casos la NPSH disponible es superior al valor requerido, por lo que no se presentarán problemas en la succión del bombeo. En la situación planteada a su vez se consideran unas perdidas de carga en aspiración considerando las perdidas de carga continuas y las singulares incluyendo el sistema de filtrado.

6.4 RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Así pues, como conclusión a todo lo expuesto anteriormente se prevé la instalación de:

- Una bomba de cámara partida horizontal capaz de suministrar un caudal unitario de 120 l/s a una altura de 65,2 m.c.a como punto de diseño y capaz de funcionar a un caudal mínimo unitario de 40,4 l/s y 65,2 m.c.a. mediante la instalación de un variador de frecuencia solar híbrido con un motor de 132 kW de potencia a 1.490 r.p.m. Estará comandado mediante variador de frecuencia solar híbrido.
- Una bomba de cámara partida horizontal capaz de suministrar un caudal unitario de 56 l/s a una altura de 65,2 m.c.a como punto de diseño y capaz de funcionar a un caudal mínimo unitario de 11,5 l/s y 65,2 m.c.a. mediante la instalación de un variador de frecuencia solar híbrido con un motor de 55 kW de potencia a 2.980 r.p.m. Estará comandado mediante variador de frecuencia solar híbrido.

De este modo la potencia total instalada en el bombeo a balsa elevada será de 187 kW (55+132 kW). La potencia absorbida será la suma de las potencias absorbidas de ambas bombas, para el caso del punto de diseño 153,23 kW.

6.4.1 FUNCIONAMIENTO CON ENERGÍA SOLAR

En esta situación que se dará durante el día e irá variando en función de la disponibilidad de luz y las necesidades de bombeo, los equipos se alimentarán a través de la energía generada por el campo fotovoltaico.

La secuencia de arranque prevista es la siguiente:

Tabla 1: Secuencia de arranque de las bombas en energía solar

	Caudal (l/s)	Bomba 1 132 kW (VV)	Bomba 2 55 kW (VV)
Paso 1	11,5-50	-	Conexión
Paso 2	40,4-120	Conexión	Parada
Paso 3	122,5-176	Conectada	Conexión

NOTA. VV: Velocidad Variada (Variador).

La secuencia expuesta en la tabla hace referencia a la posible situación del bombeo con energía fotovoltaica, planteando una situación sin la presencia de nueves, con el aumento progresivo de la potencia. En dicha situación se plantea el inicio del bombeo con la bomba de 55 kW, que permite iniciar el bombeo con un bajo caudal 11,5 l/s (19 kW de potencia absorbida), lo que permite aprovechar la energía producida por el campo fotovoltaico (menor al 10% de la potencia de producción instalada). Mediante el variador de frecuencia se ira aumentando progresivamente el caudal de bombeo hasta el punto nominal. En dicho momento el caudal de la bomba de 55kW superaría el caudal mínimo de la bomba de 132 kW (40,4 l/s) y se dispondría de una potencia absorbida similar. Por ello, se detendría la bomba de 55kW y se continuaría el bombeo con la bomba de 132 kW. Una vez la bomba de 132 kW alcanza el punto nominal, se arrancaría nuevamente la bomba de 55 kW aumentando progresivamente el caudal hasta alcanzar su punto nominal y el caudal nominal del bombeo completo.

Existe la posibilidad de que en cuanto el campo fotovoltaico genere energía una o ambas bombas ya estén en funcionamiento mediante energía eléctrica convencional en periodo P6. En este caso, se reduciría la energía convencional conforme la generada por el campo fotovoltaico va aumentando.

6.4.2 FUNCIONAMIENTO CON ENERGÍA ELÉCTRICA

El funcionamiento con energía eléctrica, se dará cuando no sea suficiente el suministro de energía solar para satisfacer todas las necesidades de la zona regable. Este se dará principalmente en los meses de junio, julio y agosto, tal y como se puede comprobar en el Anejo 13.- Instalación solar fotovoltaica.

En estos meses, se dará un consumo en las horas denominadas P6, que equivalen al periodo más económico. Por lo tanto, se dispondrá de 88 horas a la semana para bombear agua, algunas de esas horas (sabados y domingos) coincidirán parcialmente con horas de posible aprovechamiento de la energía fotovoltaica.

	Caudal (l/s)	Bomba 1 132 kW (VV)	Bomba 2 55 kW (VV)
Paso 1	11,5-56	-	Conexión
Paso 2	51,9-176	Conexión	Conectada

NOTA. VV: Velocidad Variada (Variador).

En este caso al disponerse de toda la energía necesaria de forma continua desde el inicio hasta el final del bombeo, la secuencia será diferente. Para disponer de un caudal progresivo se plantea el inicio del bombeo con la bomba de 55 kW una vez la misma alcanza el punto nominal se iniciaría el bombeo de la bomba de 132 kW.

7 COSTES ENERGÉTICOS.

Para la realización de este estudio se ha partido de precios existentes en otras Comunidades de Regantes de tarifas para la modalidad de 6 periodos horarios.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de los 6 periodos horarios a lo largo del año.

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FESTIVO
00 a 01h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
01 a 02h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
02 a 03h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
03 a 04h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
04 a 05h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
05 a 06h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
06 a 07h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
07 a 08h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
08 a 09h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
09 a 10h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10 a 11h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11 a 12h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12 a 13h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13 a 14h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14 a 15h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15 a 16h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16 a 17h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17 a 18h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18 a 19h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19 a 20h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20 a 21h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21 a 22h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22 a 23h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23 a 24h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Nuevos periodos tarifarios para zona península. Fuente: MyEnergyMap

Periodos horarios. Modalidad de 6 periodos

El coste del término de potencia depende de las potencias contratadas en cada período tarifario y el término de energía de las potencias realmente demandadas en el mismo durante el período de facturación, según la siguiente tabla de precios:

	Periodos horarios eléctricos					
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**
Término de POTENCIA (€/kWh · año)	22,41711	20,370815	11,478137	9,055455	1,992116	1,185268
Término de ENERGÍA (€/kWh)	0,151097	0,135441	0,1252745	0,115108	0,1049415	0,094775

7.1 COSTE USO 100% ENERGÍA RED ELÉCTRICA

En la tabla se resume el cálculo de los costes energéticos en el caso de que todos los bombeos se alimentaran exclusivamente con energía eléctrica.

Tabla 1. Estimación coste energético en el caso de utilización energía eléctrica P6+P2

BOMBEO	Coste T. POTENCIA	Coste T. ENERGÍA	COSTE TOTAL Con impuesto e IVA	Energía Eléctrica Consumida (MWh/año)
Estación de bombeo	8.816,36 €	15.201,97 €	29.285,05 €	153,964

Así pues, el coste energético anual en el caso de que se empleara exclusivamente energía eléctrica ascendería a 29.285,05 €, si consideramos el coste energético durante el plazo de vida útil de la instalación, que en este caso se han considerado 25 años, ascenderá a un total de 732.126,25 € impuestos eléctricos e I.V.A. incluidos.

7.2 COSTE USO ENERGÍA RED + ENERGÍA ALTERNATIVA

En la tabla se resume el cálculo de los costes energéticos teniendo en cuenta la energía eléctrica proporcionada por la instalación fotovoltaica y la energía eléctrica consumida en periodo P6.

Tabla 2. Estimación coste energético en el caso de utilización de energía eléctrica en P6 (energía no abastecida por la energía alternativa)

BOMBEO	Coste T. POTENCIA	Coste T. ENERGÍA	COSTE TOTAL Con impuesto e IVA	Energía Eléctrica Consumida (MWh/año)
Estación de bombeo	237,05 €	7.001,48 €	8.825,79 €	73,875

Así pues, el coste energético anual en el caso de que se empleara energía eléctrica y fotovoltaica ascendería a 8.825,79 €, si consideramos el coste energético durante el plazo de vida útil de la instalación, que en este caso se han considerado 25 años, ascenderá a un total de 220.644,75 € impuestos eléctricos e I.V.A. incluidos.

7.3 RESUMEN DEL COSTE ENERGÉTICO DE EXPLOTACIÓN

El resumen de los datos obtenidos de la estimación de los costes energéticos de las diferentes situaciones estudiadas, quedan recogidos en la tabla dispuesta a continuación.

BOMBEO	Coste T. POTENCIA	Coste T. ENERGÍA	COSTE TOTAL Con impuesto e IVA	Energía Eléctrica Consumida (MWh/año)
P6 + SOLAR	237,05 €	7.001,48 €	8.825,79 €	73,875
P6 + P2	8.816,36 €	15.201,97 €	29.285,05 €	153,964

En primer lugar, hay que indicar que, si no existieran los bombeos solares se tendría que consumir en los periodos tarifarios P6 y P2 de la tarifa eléctrica 6.1 (más económico y segundo más caro respectivamente). El coste anual previsto se situaría en los 29.285,05 €/año.

En segundo lugar, indicar que la instalación del bombeo solar permite eliminar la necesidad de incurrir en el periodo tarifario P2 y disminuir las necesidades de P6, lo cual reduce el coste energético hasta los 8.825,79 €/año. Es decir, el planteamiento mediante bombeo fotovoltaico permite reducir un 69,9 % el coste energético de la instalación. Y reduce el consumo de energía convencional en 80 mWh/año, es decir, se reduce un 52% el consumo de energía convencional.

Por otro lado, si atendemos a las necesidades hídricas de toda la zona regable, podemos decir que el volumen total anual en toda la zona es de 1.660.327,07 m^3/año, por lo que el coste unitario del metro cúbico de agua impulsada después de impuestos e IVA se sitúa en los 0,0053 €/m^3.

Si atendemos exclusivamente a la superficie bombeada, el volumen impulsado es de 709.929,33 m^3/año, siendo el coste unitario del metro cúbico de agua impulsada después de impuestos e IVA se sitúa en los 0,0124 €/m^3.

En el Apéndice 1 se detalla el cálculo de los costes energéticos.

En el Anejo 13: Instalación fotovoltaica se detallan las características del parque solar proyectado y su aporte al bombeo general.

8 ELEMENTOS HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS

Además de las bombas que son los elementos principales del bombeo. La instalación cuenta con un conjunto de elementos hidráulicos que permiten la operatividad de la instalación. A continuación, se van a exponer los elementos instalados, de colectores, válvulas y ventosas.

8.1 COLECTORES

En relación a los colectores se plantea siempre que la velocidad de circulación del agua en los colectores de aspiración e impulsión debe oscilar alrededor de entre 1 y 1,5 m/s. Pudiendo plantearse que las velocidades en los colectores de aspiración sean menores a las de impulsión. Siendo habitual plantear que en los colectores de aspiración la velocidad del agua oscile alrededor de 1 m/s y en los colectores de impulsión se aproxime a 1,5 m/s. Debido a que se trata de un bombeo no muy grande y al reducido número de elementos, se considera más adecuado disponer de colectores de aspiración e impulsión iguales para la misma bomba, de forma que se unifiquen diámetros de los elementos. Manteniendo la premisa de disponer de velocidades entre 1 y 1,5 m/s. De esta forma se permitirá facilitar futuros mantenimientos y la disposición de acopios de materiales, que en caso de disponerse una gran variación de diámetros dificultaría disponer de todos ellos.

En la siguiente tabla se recogen los caudales y los colectores evaluados.

Colector	Q (m3/h)	DN	V (m/s)
Aspiración general	634	500	0,90
Aspiración bomba 1	432	350	1,25
Aspiración bomba 2	205	250	1,16
Impulsión general	634	500	0,90
Impusión bomba 1	432	350	1,25
Impulsión bomba 2	205	250	1,16
By-pass	317	250	1,79

En el caso del by-pass su uso no es habitual, y se coloca para situaciones excepcionales, de trasvase entre balsas o abastecimiento sin presión a la red en momentos de llenado,… y antigolpe de ariete como se expondrá a continuación. Se valora un caudal equivante al 50% de la capacidad del bombeo, y se considera factible superar la velocidad de 1,5 m/s debido a la excepcionalidad y permitir unificar el diámetro respecto a uno de los planteados para las bombas, concretamente el de la bomba 2.

Todos los colectores se realizarán mediante tuberías de AHS realizados en calderería debido a las salidas y piezas accesorias asociados a las mismas. Este material se utilizará en toda la longitud tanto en superficie como soterrada que se ubique dentro o bajo la edificación, cambiándose a PVC-O una vez se aleja de la edificación.

Los colectores dispondrán de apoyos puntuales que se anclan en macizos de hormigón solidarios con la solera de la edificación, de forma que apoyan su peso y transmiten las acciones laterales existentes. en la entrada y salida del bombeo se dispondrán cuellos de cisne que dispondrán de anclajes de hormibón soterrados siguiendo las dimensiones reflejadas en el anejo 9: cálculos hidráulicos y mecánicos de la red de riego.

8.2 ELEMENTOS HIDRAULICOS

Dentro de los elementos hidráulicos se plantean elementos de aireación, de seccionamiento y carretes de desmontaje.

Ventosas

En relación a las ventosas, se instalan ventosas tanto en el colectores de aspiración como en el de impulsión. En el colector de aspiración su función principal es la salida de aire que puediera acumularse en la zona del colector al encontrarse ligeramente elevado respecto al tramo previo, y para eliminar aire disuelto en el agua.

En el caso de la impulsión además de eliminar aire, las ventosas podrán realizar la labor de entrada de aire, especialmente en momentos de depresión debido a una posible parada repentina de las bombas.

Válvulas de seccionamiento

Se plantea la instalación de válvulas manuales de seccionamiento repartidas por el bombeo. Se plantea una válvula DN500 en cada colector principal a la entrada y salida del bombeo, lo que permitiría aislar el bombeo por completo respecto al resto de instalaciones.

De forma similar se plantea la instalación de una válvula de seccionamiento a la entrada y salida de cada colector, tanto para ambas bombas como para el by-pass. De esta forma se permite aislar cada colector del bombeo. Lo que permitiría realizar labores de mantenimiento o sustitución de equipos en los colectores individuales sin impedir el uso del bombeo. Es decir, se podria sustituir una bomba sin la necesidad de detener el bombeo, manteniendo operativa la otra bomba.

En el colector de impulsión de cada bomba individual se plantea que disponga de una válvula antirretorno. Dicha válvula permitirá cerrar el flujo de agua en el momento en el que se detenga la bomba, de forma que la presión y el agua disponible en la impulsión no vuelva hacia la balsa de pie de canal.

Además de estas válvulas de seccionamiento se plantea la instalación de 3 válvulas más.

- Válvula de by-pass: en el by-pass se ubicará un seccionamiento manual para permitir realizar el by-pass de agua entre las redes sin circular el agua por las bombas. Este elemento tendrá usos puntuales, como el llenado inicial de la red de presión forzada a todos los puntos que no requieren bombeo para el llenado.
- Válvula antirretorno: se dispone una válvula antirretorno en el by-pass la cual puede realizar una función asociada al paro repentino de las bombas. En esta situación y ante una disminución de la presión en el interior del colector de impulsión introduciría agua desde el colector de aspiración hacia el de impulsión, siendo asi complementaria a las ventosas e incluso evitando la entrada de aire y disponiendo solo agua en el interior.
- Válvula de alivio: conectada al colector de impulsión se dispone una válvula de alivio que se abrirá únicamente en caso de que la presión en el interior de la tubería de impulsión supere la presión de consigna, evitando sobrepresiones en el sistema.

A la salida del bombeo se dispondrá un caudalimetro, este equipo permitirá control el caudal de bombeo para la gestión de las bombas y control del sistema, además de contabilizar el volumen de agua bombeada.

8.3 ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

En el interior de la estación de bombeo, se requiere la evacuación de agua de varias procedencias, siendo las mismas el agua de la válvula de alivio, fugas, agua de la estopada de bombas o la lluvia entre otros. A continuación, se plantea la evacuación de cada una de ellas.

En paralelo a la tubería de aspiración o abastecimiento del bombeo se plantea la ejecución de la tubería de evacuación del desagüe de fondo, aliviadero y el filtrado general.

- Agua de la válvula de alivio: la válvula de alivio se plantea que mediante una conducción de DN250, diámetro superior al de la válvula, conduzca el agua hasta conectarse con la tubería de evacuación del desagüe de fondo.
- Agua de vertidos. Se plantea la instalación de un sumidero longitudinal en la nave, que prmita recoger el agua de posibles fugas, vertidos de las ventosas, agua proveniente de la refrigeración de las estopadas de las bombas,… Este agua se canalizará a través de una tubería DN200 hasta alcanzar la tubería del desagüe de fondo.
- Agua de lluvia. No se considera que la superficie de la cubierta sea de gran entidad para llevar a cabo infraestructuras especificas. En este caso se plantea que el agua recogida en la cubierta y canalizada en los canalones de cubierta se viertan al suelo y se evacuen con la propia pendiente de la explanación hacia la zona de menor cota, alejándose de la edificación.

8.4 PROTECCIÓN FRENTE TRANSITORIOS

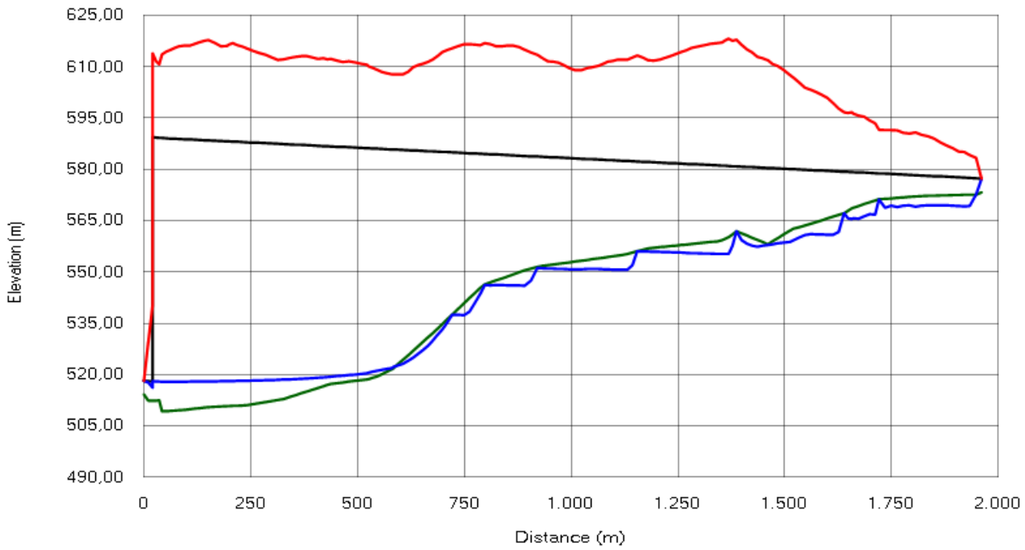
Tal y como se recoge en anteriores apartados del presente anejo, la estación de bombeo y la impulsión a ejecutar cuentan con dispositivos de protección de la instalación frente a un hipotetico fenómeno transitorio por una parada repentina del bombeo u otra situación que lo pudiese originar. Estos dipositivos son los siguientes:

- Válvula de by-pass
- Válvula antirretorno
- Válvula de alivio
- Ventosas en la tubería de Impulsión

Para el análisis de transitorios, se ha realizado una simulación a través del software HAMMER desarrollado por Bentley. HAMMER utiliza el Método de las Características cómo norma de referencia y, sin duda, el más riguroso y robusto algoritmo de análisis de flujos transitorios hidráulicos.

Algoritmos como el Método Wave Plan (a.k.a. the Wave Characteristic Method) aseguran la exactitud de sus soluciones sólo computando resultados y cruces. El Método de las Características calcula los resultados a lo largo de la tubería, y captura con precisión cambios críticos que podrían haberse perdido.

El análisis realizado teniendo en cuenta los elementos de protección anteriormente citados recoge la siguiente envolvente de sobrpresiones y depresiones.



Tal y como podemos observar en el grafico, en cuanto a las sobrepresiones alcanzadas, ninguna supera el timbraje de la tubería a instalar, en este caso, PN12,5. Esto se debe principalmente a la actuación de la válvula de alivio, la cual permite de forma rápida evacuar agua de la instalación para reducir las sobrepresiones.

En cuanto a las depresiones, en el modelo analizado se generan depresiones de forma muy puntual en el tiempo, el valor máximo alcanzado por la depresión alcanza un valor de -0,4 bar, durante algunos segundos.

Las tuberías a instalar, tal y como se recoge en las pruebas realizadas por los distintos fabricantes conforme al apartado 13.3 de la norma ISO 16422:2006, son capaces de resistir presiones negativas con deformaciones sin comprometer su estanqueidad, durante dos ciclos de -0,1 bar y -0,8 bar durante 15 min por ciclo.

Además de esto, hay que tener en cuenta, que el modelo de cálculo no tiene en cuenta el efecto del by-pass con la válvula antirretorno, sistema a través del cual, en el momento de la onda de depresión, se introduce agua al sistema desde la balsa inferior. Siendo este un efecto que beneficia la situación recogida en el cálcula minimizando o eliminando las depresiones que se muestran.

8.5 ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

En el interior de la estación de bombeo, se requiere la evacuación de agua de varias procedencias, siendo las mismas el agua de la válvula de alivio, fugas, agua de la estopada de bombas o la lluvia entre otros. A continuación, se plantea la evacuación de cada una de ellas.

En paralelo a la tubería de aspiración o abastecimiento del bombeo se plantea la ejecución de la tubería de evacuación del desagüe de fondo, aliviadero y el filtrado general.

- Agua de la válvula de alivio: la válvula de alivio se plantea que mediante una conducción de DN250, diámetro superior al de la válvula, conduzca el agua hasta conectarse con la tubería de evacuación del desagüe de fondo.
- Agua de vertidos. Se plantea la instalación de un sumidero longitudinal en la nave, que prmita recoger el agua de posibles fugas, vertidos de las ventosas, agua proveniente de la refrigeración de las estopadas de las bombas,… Este agua se canalizará a través de una tubería DN200 hasta alcanzar la tubería del desagüe de fondo.
- Agua de lluvia. No se considera que la superficie de la cubierta sea de gran entidad para llevar a cabo infraestructuras especificas. En este caso se plantea que el agua recogida en la cubierta y canalizada en los canalones de cubierta se viertan al suelo y se evacuen con la propia pendiente de la explanación hacia la zona de menor cota, alejándose de la edificación.

APÉNDICE 1.- COSTES ENERGÉTICOS

BOMBEO EB1_Red eléctrica

NECESIDAES HIDRICAS [m^3/ha]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	0,00	0,00	0,00	8,18	20,82	313,04	772,96	620,33	14,05	0,00	0,00	0,00	1749,37

HORAS DE RIEGO [horas/año]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	105,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	105,36
P3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,61	0,00	0,00	0,00	0,00	7,61
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P6	0,00	0,00	0,00	5,24	13,33	200,50	389,71	389,71	9,00	0,00	0,00	0,00	1007,50
													0,00
													0,00
													0,00

POTENCIA CONSUMIDA KW

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	200,00	137,41	137,41

DATOS

Superficies [ha]	406
Caudal [l/s]	176
Altura bombeo m.c.a.	65
Potencias [kW]	
Consumida	137
Contratada	200

TÉRMINO DE ENERGÍA

	CONSUMO [kWh]												COSTE			TÉRMINO DE POTENCIA			COSTES TOTALES
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	Tarifa €/Kw	Coste	POTEN Contrat	COSTES Tarifa €/kw	Coste	
P1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,151097	0,00 €	0	22,417110	0,00 €	0,00 €
P2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14478,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14478,0	0,135441	1.960,92 €	200	20,370815	4.074,16 €	6.035,08 €
P3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,125275	0,00 €	200	11,478137	2.295,63 €	2.295,63 €
P4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1045,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1045,2	0,115108	120,31 €	200	9,055455	1.811,09 €	1.931,40 €
P5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,104942	0,00 €	200	1,992116	398,42 €	398,42 €
P6	0,0	0,0	0,0	719,9	1832,3	27550,7	53550,7	53550,7	1236,6	0,0	0,0	0,0	138440,9	0,094775	13.120,74 €	200	1,185268	237,05 €	13.357,79 €
													0,0						
													0,0						
													0,0						

Coste Anual Antes de Impuestos eléctricos sin IVA	15.201,97 €		8.816,36 €	24.018,33 €
Impuesto Eléctrico				184,20 €
				24.202,52 €
IVA 21 %				5.082,53 €
COSTE ENERGÉTICO TOTAL ANUAL CON IMPUESTOS ELÉCTRICO E IVA[€]				29.285,05 €

BOMBEO EB1_P6+FV

NECESIDAES HIDRICAS [m^3/ha]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,05	484,53	327,80	0,00	0,00	0,00	0,00	839,38

HORAS DE RIEGO [horas/año]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,33	310,34	209,96	0,00	0,00	0,00	0,00	537,62
													0,00
													0,00
													0,00

POTENCIA CONSUMIDA KW

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	137,41	200,00	137,41	137,41

DATOS

Superficies [ha]	406
Caudal [l/s]	176
Altura bombeo m.c.a.	65
Potencias [kW]	
Consumida	137
Contratada	200

TÉRMINO DE ENERGÍA

	CONSUMO [kWh]												COSTE			TÉRMINO DE POTENCIA			COSTES TOTALES
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN 1ª	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	Tarifa €/Kw	Coste	POTEN Contrat	COSTES Tarifa €/kw	Coste	
P1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,151097	0,00 €	0	22,417110	0,00 €	0,00 €
P2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,135441	0,00 €	0	20,370815	0,00 €	0,00 €
P3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,125275	0,00 €	0	11,478137	0,00 €	0,00 €
P4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,115108	0,00 €	0	9,055455	0,00 €	0,00 €
P5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,104942	0,00 €	0	1,992116	0,00 €	0,00 €
P6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2380,7	42644,0	28850,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73874,7	0,094775	7.001,48 €	200	1,185268	237,05 €	7.238,53 €
													0,0						
													0,0						
													0,0						

Coste Anual Antes de Impuestos eléctricos sin IVA	7.001,48 €		237,05 €	7.238,53 €
Impuesto Eléctrico				55,51 €
				7.294,04 €
IVA 21 %				1.531,75 €
COSTE ENERGÉTICO TOTAL ANUAL CON IMPUESTOS ELÉCTRICO E IVA[€]				8.825,79 €