

ANEJO 8.- CALCULOS HIDRÁULICOS DE LA TURBINA-BOMBA Y EL REBOMBEO

ÍNDICE

ANEJO 8. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA TURBINA-BOMBA Y EL REBOMBEO

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PRESENTE ANEJO	1
2	CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO.....	1
2.1	BOMBEO A Balsa BP3. TURBINA-BOMBA.....	1
2.1.1	CARACTERÍSTICAS DE LA IMPULSIÓN.....	1
2.1.2	DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	1
2.1.3	CAUDAL DE BOMBEO.....	3
2.1.4	SELECCIÓN DE EQUIPOS	4
2.1.5	CONCLUSIONES DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	5
2.1.6	SISTEMA TURBINA-BOMBA. ANÁLISIS.....	5
2.1.7	SISTEMA TURBINA-BOMBA. EQUIPO ELEGIDO	9
2.2	ESTACIÓN DE REBOMBEO A PISO 4.....	11
2.2.1	EQUIPO DE BOMBEO	12
2.2.2	REBOMBEO A PISO 4. RESUMEN Y CONCLUSIONES.	13
3	COSTES ENERGÉTICOS.....	14
4	ENERGÍA GENERADA Y CONSUMIDA	14
4.1	SISTEMA TURBINA-BOMBA	14
4.2	SISTEMA REBOMBEO	15

APÉNDICE 1. COSTES ENERGÉTICOS

ANEJO 8. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA TURBINA-BOMBA Y EL REBOMBEO

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 Monegros y la red de acequias secundarias. Ver ubicación en los planos que se acompañan.

En la solución que se desarrolla se prevé la necesidad de bombear agua a una balsa elevada, balsa BP3, para dominar desde la misma, y por gravedad, a través de la misma tubería de impulsión, toda la red de riego del piso 3. Es decir, la tubería de impulsión prevista tendrá dos funciones, por un lado, la de impulsión en la fase de bombeo para el llenado de la balsa BP3, y por otra, la de distribución a la red del piso 3 en la fase de no bombeo.

Además, desde la balsa BP3 y a través de la tubería de impulsión distribución, se abastecerá el rebombeo al piso 4 necesario para atender las necesidades de presión de la zona más alta de la superficie regable, la cual no puede ser dominada desde la balsa para el sistema de riego actual, riego por aspersión.

Para minimizar el uso de energía eléctrica convencional se plantea la instalación de un sistema turbina-bomba que, aprovechando la energía disponible en el salto existente entre las balsas BP2 y BP1, accione de forma mecánica los equipos de bombeo para la elevación a la balsa elevada BP3. Este sistema además permitirá el accionamiento de los grupos de bombeo con motores eléctricos alimentados por un grupo electrogenerador para fases emergencia, para ellos incorporará desacopladores y acopladores tipo embrague, tanto para la conexión de la turbina como del motor eléctrico.

Se plantea el análisis teniendo en cuenta que se instalarán dos equipos gemelos turbina-bomba, uno acoplado a cada una de los equipos de bombeo, para garantizar que ante escenarios de averías la instalación puede contar con un mínimo de funcionalidad, y a su vez garantizar un óptimo aprovechamiento energético de la infraestructura.

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

2 CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO.

2.1 BOMBEO A Balsa BP3. TURBINA-BOMBA

A continuación, se describen los equipos necesarios para el bombeo a balsa BP3 para toda la superficie. A petición del promotor, se incorporará un equipo de reserva accionado solo por motor eléctrico, y dos equipos turbina-bomba, con posibilidad de accionarse directamente con turbina para el normal funcionamiento del sistema o con motor eléctrico para fases de mantenimiento, emergencia o por funcionamiento del sistema diferente al previsto, para ello incorporarán sistemas de acoplamiento y desacoplamiento mediante embrague, y suministro con grupo electrogenerador.

El análisis del rebombeo se realiza en apartado independiente.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPULSIÓN

Tal y como se ha mencionado anteriormente la tubería de Impulsión servirá a su vez como parte de la infraestructura de distribución de la Red de Riego al piso 3 y de suministro al rebombeo del piso 4.

El trazado previsto para la Impulsión a la balsa elevada estará compuesto por una tubería con las siguientes características:

- Longitud: 5.165,34 m
- Tubería: HPCC DN 900, PN6-10. (Se determina por la situación más desfavorable entre la fase de bombeo y la fase de riego con alimentación al rebombeo del piso 4, siendo en este caso la fase de riego la más desfavorable)
- Rugosidad (K): 2,0 mm

2.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

2.1.2.1 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 BP2 (pue de canal) y la Balsa elevada BP3. 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, encontrándose esta a 1/2 de capacidad, la cota de fondo de acequia en el punto de captación, y la pérdida de carga de la tubería de admisión (HPCC DN1400, 3.243m) 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 BP1 llenándose, es decir con las turbinas funcionando (máximas pérdidas en la tubería de admisión), la balsa 3 en su nivel máximo de explotación y con todos los equipos bombeando a la vez.
- **Mínima resistencia CON riego:** Obtenido a partir de la curva resistente de la impulsión con la balsa BP2 llena, la balsa BP3 en su nivel mínimo de explotación y un solo equipo turbina-bomba funcionando.

2.1.2.2 ALTURA MANOMÉTRICA PARA LOS EQUIPOS DE BOMBEO

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

Cota N.A.M.O Aliviadero BP2	382,50 m.s.n.m.
Cota de Fondo Balsa BP2	377,50 m.s.n.m.
Cota N.A.M.O Balsa BP3	418,00 m.s.n.m.
Cota de Fondo Balsa BP3	414,00 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 tanto del embalse como de la balsa elevada.

2.1.2.3 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), aunque en este caso al ser trazados muy rectos esta influencia será despreciable, así como para la previsible instalación de una estación de filtrado general.

Además, en este caso se ha calculado la **pérdida de carga de la tubería de admisión del sistema turbina-bomba**, tramo de la tubería comprendido entre la obra de toma de la balsa BP2 y la estación de turbina-bomba. Ese tramo cuenta con las siguientes características:

- Longitud: 3.145 m
- Tubería: HPCC DN 1400, PN6
- Rugosidad (K): 2,0 mm

Por otro lado, en este caso se ha calculado la **pérdida de carga de la tubería de impulsión del sistema turbina-bomba**, tramo de la tubería comprendido entre la estación de turbina-bomba y la balsa elevada BP3. Ese tramo cuenta con las siguientes características:

- Longitud: 5.165 m
- Tubería: HPCC DN 900, PN6-10
- Rugosidad (K): 2,0 mm

El caudal de paso para esta infraestructura será variable en función de si el rebombado se encuentra en funcionamiento o no. Tal y como se indica en el Anejo 9 "Balsas de Regulación", apartado 3.2, los caudales para cada una de estas situaciones son:

CAUDAL TUBERÍA ADMISIÓN BOMBAS. TRAMO DE BP2 A ESTACIÓN DE TURBINA-BOMBA

El caudal de paso de esta infraestructura dependerá del caudal que pase por la turbina, del caudal que pase por los equipos de bombeo, y del tiempo de funcionamiento del sistema turbina-bomba, es decir, será igual a la suma de ambos caudales, y se determinará.

TOTAL, superficie en sistema turbina-bomba	1.913,14 ha
Superficie a turbinar (ha) (Piso 1 + Red San Juan)	1.246,48 ha
Superficie a impulsar (ha) (Piso 3 + Piso 4)	666,66 ha
Qfc diseño (julio)	0,80 l/s y ha
Tiempo funcionamiento del sistema (horas día)	23,0 h/día
Caudal admisión a sistema Turbina-bomba	1.597,06 l/s
Superficie a sistema turbina-bomba (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día)	

CAUDAL IMPULSIÓN A Balsa BP3.

Caudal a impulsar por sistema Turbina-bomba	556,51 l/s
Superficie a impulsar (ha) (Piso 3 + Piso 4)	666,66 ha
Superficie a bombear (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día)	

CAUDAL TURBINADO PARA ACCIONAMIENTO BOMBAS IMPULSIÓN A BP3.

Caudal a turbinar por sistema Turbina-bomba 1.040,54 l/s
 Superficie a turbinar (ha) (Piso 1 + Red San Juan) 1.246,48 ha
 Superficie a turbinar (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día)

En cualquier caso, el caudal, y por tanto su pérdida de carga, que puede influir en el bombeo es el existente en el tramo comprendido entre la captación y la estación de bombeo.

Así pues, los valores considerados en cada uno de estos aspectos variarán según la situación de cálculo estudiada:

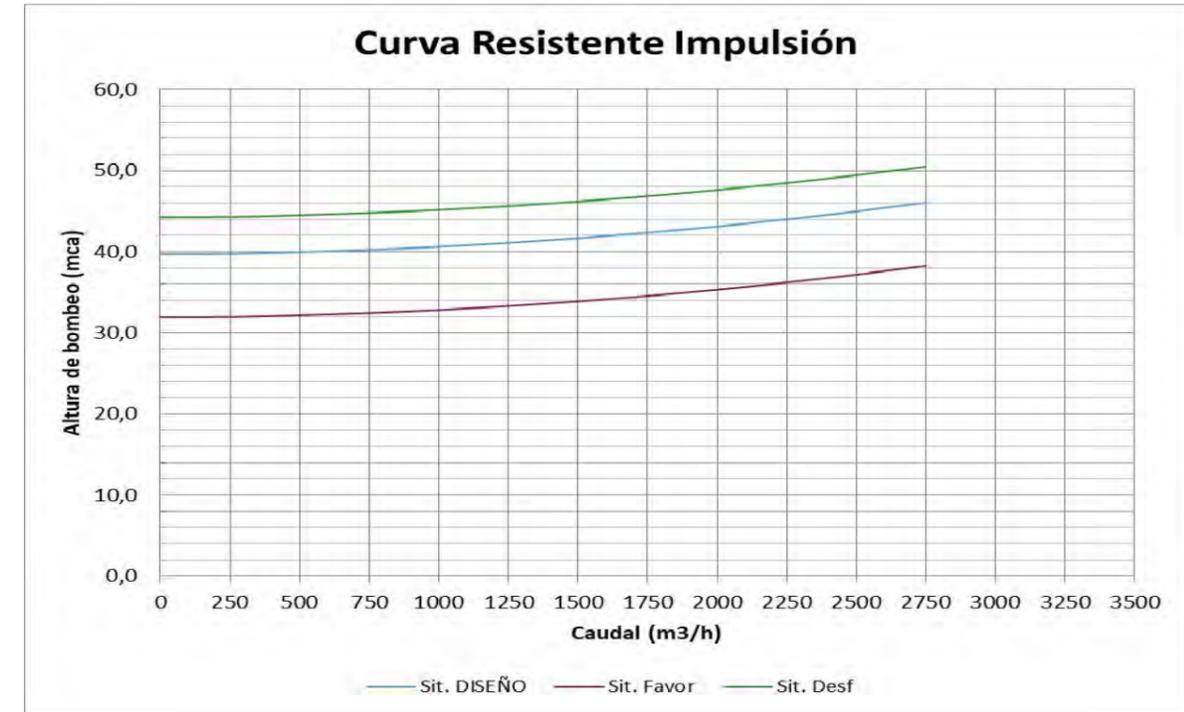
Pérdidas de Carga	DISEÑO	Mínima Resistencia	Máxima Resistencia
Filtrado:	2,00 mca	0 mca	2,00 mca
PC Tub. Admisión:	1,73 mca	0,434 mca	1,73 mca
Tubería Impulsión:	Al ser tramos muy rectos no se consideran.		

2.1.2.4 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 estudiadas será:

Pérdidas de Carga	DISEÑO	Mínima Resistencia	Máxima Resistencia
Cota Balsa BP3:	416,00	414,00	418,00
Cota Balsa BP2:	380,00	382,50	377,50
Diferencia de cota:	36,0	31,5	40,5
PC Bombeo:	0	0	
PC Filtrado:	2	0	2
PC Tub. Admisión:	1,73	0,434	1,73
TOTAL P.C. Fija:	39,73	31,934	44,23
TOTAL P.C. Variable:	Pérdidas de Carga lineales en impulsión		

Y la curva para los diferentes caudales impulsados será:



2.1.3 CAUDAL DE BOMBEO

El caudal de diseño máximo de bombeo se ha determinado considerando solo la demanda del piso 3, que son los bombeados a la balsa 3, para el mes de mayores necesidades (julio) y para las horas previstas de funcionamiento de las bombas, fijadas en 88 h/semanales.

CAUDAL IMPULSIÓN A Balsa BP3.

Caudal a impulsar por sistema Turbina-bomba 556,51 l/s
 Superficie a impulsar (ha) (Piso 3 + Piso 4)666,66 ha
 Superficie a bombear (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día)

Superficie estimada total (Piso 3+Piso 4): 666,66 ha
 Caudal Ficticio continuo (julio):0,80 l/s y ha = 533,33 l/s
 Horas de funcionamiento:23 h/día
 Caudal bombeo: 556,51 l/s
 Tubería impulsión:HPCC DN 900 PN6-10; 5.165,34 m
 Altura bombeo (416,00-380,00+1,73+2,00+3,36):43,09 mca

Cota media balsa BP3:	416,00
Cota media balsa BP2:	380,00
Perdida de carga aspiración:	1,73
Perdida de carga filtrado general:	2,00
Pérdida de carga impulsión:	3,36

A continuación se analiza el punto nominal de la instalación con dos equipos trabajando en paralelo, y se analizan los puntos más favorables y más desfavorables para la instalación.

2.1.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS

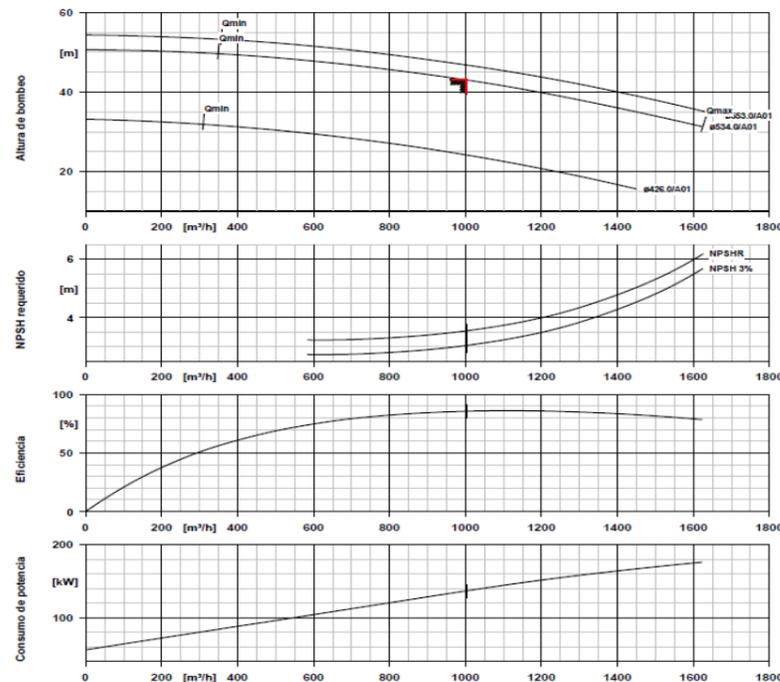
EQUIPO TIPO. Punto de diseño por unidad:

- Caudal a elevar..... 278,255 l/s (1.007,718 m³/h)
- Altura manométrica..... 43,09 m.c.a.
- Rendimiento de la bomba... 85,8 %

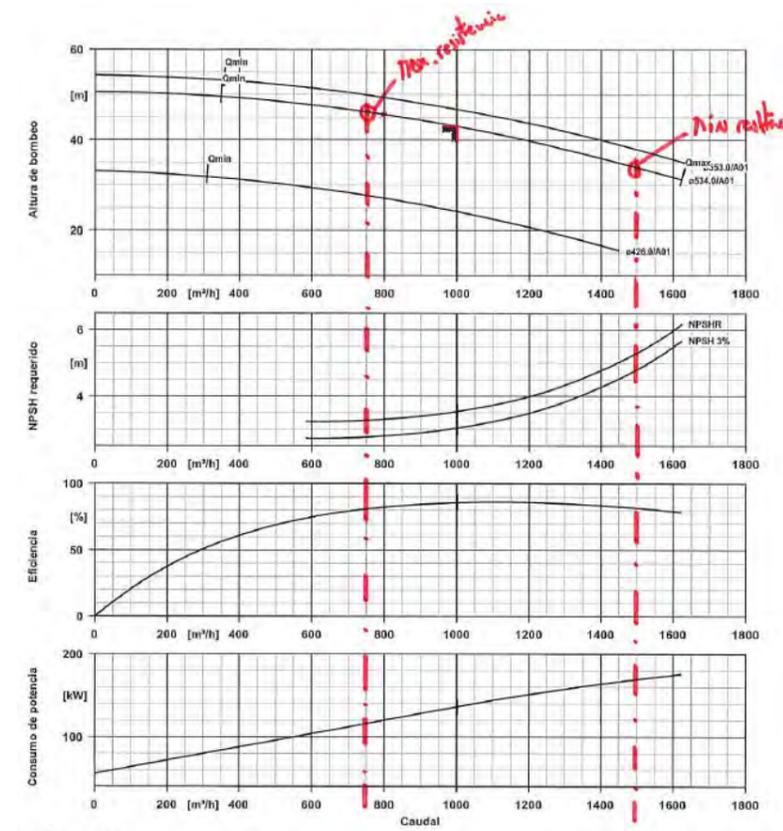
$$\text{Potencia} = \frac{278,255(l/s) \cdot 43,09(m.c.a)}{75 \cdot 0,858} = 186,33 \text{ C.V.} = 137,14 \text{ kW}$$

Figura 1: Curva bomba bombeo Balsa BP3 a 992 rpm

PUNTO NOMINAL.



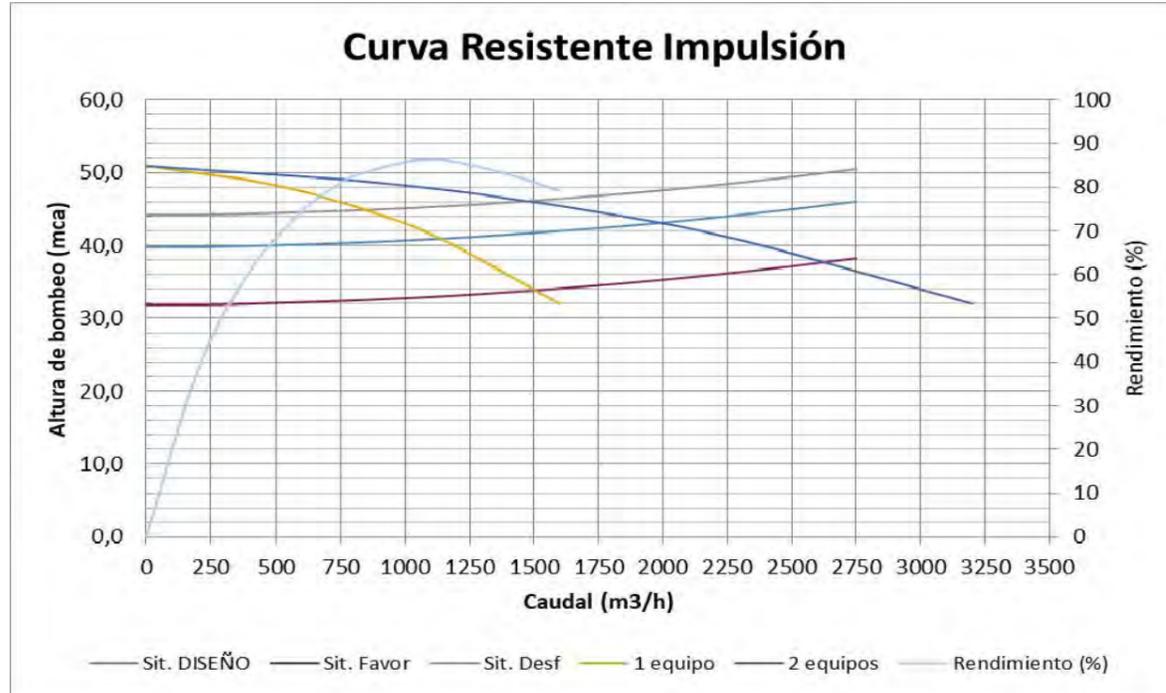
PUNTO MÁXIMA Y MÍNIMA RESISTENCIA:



Cuadro resumen de los equipos de bombeo para la Impulsión a la balsa BP3 (todos los equipos funcionando):

Equipo	Punto de funcionamiento	Q unitario (m³/h)	Hman m.c.a.	Rendimiento %	P absorbida (kW)	P motor seleccionada
Tipo 1	Punto diseño (2 bombas)	2.003,44	43,09	85,8	274,27	160 kW (2 unidades)
	Punto mínima resistencia(1bomba)	1.500,00	34,00	80,0	86,89	
	Punto mínima resistencia(2bombas)	2.625,00	37,00	80,0	308,58	
	Punto máxima resistencia(2bombas)	1.500,00	46,00	80,0	235,11	

En la siguiente gráfica se muestra la curva resistente para cada uno de los casos estudiados y la curva de los dos equipos instalados trabajando en paralelo. El estudio de un equipo trabajando solo no se analiza por quedar todos los puntos analizados dentro del análisis de dos equipos en paralelo, y porque el único punto que queda fuera de ese estudio, punto de mínima resistencia, es muy similar al analizado para el conjunto.



2.1.5 CONCLUSIONES DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Tras los análisis realizados en apartado anteriores concluiremos que para impulsar el caudal previsto en la impulsión a la balsa elevada BP3 se prevé instalar un total de 2 (+1reserva sin turbina) equipos de bombeo centrífugas de cámara partida horizontales de 160 kW de potencia, accionadas por turbina Francis o motor eléctrico con arrancador estático.

De modo que el caudal unitario a impulsar será de:

- Equipo Tipo. 1001,7 m³/h a una altura manométrica de 43,09 mca, con un rendimiento del 85,8%, en un rango de funcionamiento que oscilará entre los 750 m³/h a 46,0 mca y los 1.500 m³/h a 34,0 mca, a 992 rpm.

De este modo la potencia total instalada en la impulsión a la balsa BP3 será de 274,28 kW. Esta potencia deberá ser suministrada por el sistema turbina para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación. Del mismo modo se deberán verificar los puntos de funcionamiento de máxima y mínima resistencia dentro del sistema turbina-bomba.

2.1.6 SISTEMA TURBINA-BOMBA. ANÁLISIS

Tal y como se ha descrito con anterioridad, la tubería se abastece a partir de una tubería de admisión que aprovecha el salto existente entre las balsas BP2 y BP1, para un funcionamiento máximo de

23 horas al día. Tiempo en el que se deberá turbinar toda el agua del Piso 1 y la Red San Juan, y elevar toda el agua de los Pisos 3 y 4.

En la situación de diseño se fija un caudal constante en turbina, y un caudal constante en el grupo de bombeo, variando exclusivamente el tiempo de funcionamiento del equipo, que será máximo en los meses de mayor demanda, fijado en 23 horas al día como máximo, y menor en el resto de meses, y una situación de salto neto con niveles medios entre balsas.

Por otro lado, se analizan otros supuestos en los que el salto disponible se ve reducido, especialmente como consecuencia de tener la balsa BP1 llena, nivel NAMO, ya que un menor nivel en la balsa BP2 también afectará al punto de funcionamiento de la curva de la bomba, reduciendo el caudal bombeado, siendo esta situación independiente de si el accionamiento de los grupos es por turbina o por motor eléctrico, al aumentar la altura a vencer, o aumentamos la velocidad de giro de la bomba (simulando un variador) o nos desplazaremos a la izquierda de la curva reduciendo el caudal bombeado.

Además, hay que tener en cuenta que es poco probable que la balsa BP2, con casi 400.000 m³ de capacidad se encuentre por debajo de niveles medios. Sin embargo, la balsa BP1, por su menor tamaño, es más probable que se vea sujeta a las variaciones por lo que se fija un análisis de la situación del salto con esta balsa en nivel NAMO.

Se plantea el análisis teniendo en cuenta que se instalarán dos equipos gemelos, uno acoplado a cada una de los equipos de bombeo, para garantizar que ante escenarios de averías la instalación puede contar con un mínimo de funcionalidad, y a su vez garantizar un óptimo aprovechamiento energético de la infraestructura. En este sentido se instalará un equipo de bombeo de reserva con accionamiento 100% eléctrico para compensar cualquier posible escenario.

2.1.6.1 SITUACIÓN DE DISEÑO

CAUDAL TURBINADO PARA ACCIONAMIENTO BOMBAS IMPULSIÓN A BP3.

Caudal a turbinar por sistema Turbina-bomba	1.040,54 l/s
Superficie a turbinar (ha) (Piso 1 + Red San Juan).....	1.246,48 ha
Superficie a turbinar (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día).	

CAUDAL IMPULSIÓN A Balsa BP3.

Caudal a impulsar por sistema Turbina-bomba	556,51 l/s
Superficie a impulsar (ha) (Piso 3 + Piso 4)	666,66 ha
Superficie a bombear (ha) * qfc (julio) / (23 h día/24 h día)	

En esta situación se ha concluido que el equipo de bombeo propuesto consume una potencia total de 274,27 kW, en la situación de niveles medios entre balsas BP2 y BP3, siendo algo inferior para las situaciones de máxima y algo superior para la situación de mínima resistencia, tal y como se puede ver en el cuadro adjunto.

Equipo	Punto de funcionamiento	Q unitario (m³/h)	Hman m.c.a.	Rendimiento %	P absorbida (kW)	P motor seleccionada
Tipo 1	Punto diseño (2 bombas)	2.003,44	43,09	85,8	274,27	160 kW (2 unidades)
	Punto mínima resistencia(1bomba)	1.500,00	34,00	80,0	86,89	
	Punto mínima resistencia(2bombas)	2.625,00	37,00	80,0	308,58	
	Punto máxima resistencia(2bombas)	1.500,00	46,00	80,0	235,11	

Es decir, la turbina deberá ser capaz de aportar una potencia de al menos 274,27 kW en el punto de diseño, por lo que deberá garantizarse un rendimiento hidráulico mínimo de la turbina, y ser capaz de cubrir el resto de escenarios. De este modo garantizaremos que la turbina actuará como si fuera un bombeo con arrancador electrónico, donde, ante las diferentes situaciones de niveles en el depósito inferior y superior, se demanda más o menos potencia.

SITUACIÓN DE DISEÑO, NIVELES MEDIOS EN BALSAS BP1, Y EN BP2 Y BP3.

TURBINA			BOMBEO A BALSA ELEVADA		
Superficie turbina	1.246,48	ha	Sup bombeo	666,66	ha
Rto turbina	79,0%		Rto bomba	85,8%	
Balsa BP2 (pie canal):	380,00	msnm	Rto motor	95,0%	
Balsa BP1 (vertido)	342,00	msnm	Balsa pie canal:	380,00	msnm
Desnivel	38,00	m	Balsa elevada	416,00	msnm
PdC admisión	1,73	m	PdC admisión	1,73	m
PdC filtrado	2,00	m	Desnivel	36,00	m
Salto neto	34,27	m	PdC filtrado	2,00	m
			PdC impulsión:	3,36	m
Funcionamiento MAX:	23,00	h/día	Altura bombeo:	43,09	m

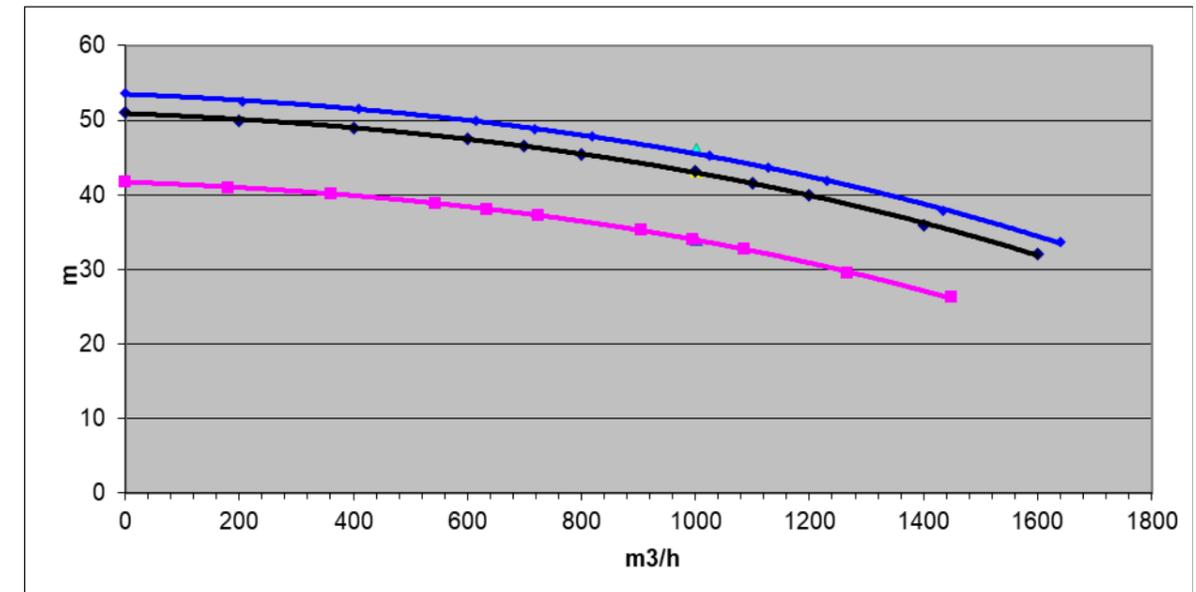
Caudal turbinado	Pot.Turb. (kW)	Func (h/día)	Caudal TOTAL a Bombar (l/s)	Caudal Bomba acoplada a turbina (l/s)	Sup teórica abastecida por Turbina-Bomba
-	276,05	-	-	560,07	-
46,72	276,05	1,03	556,51	560,07	670,92

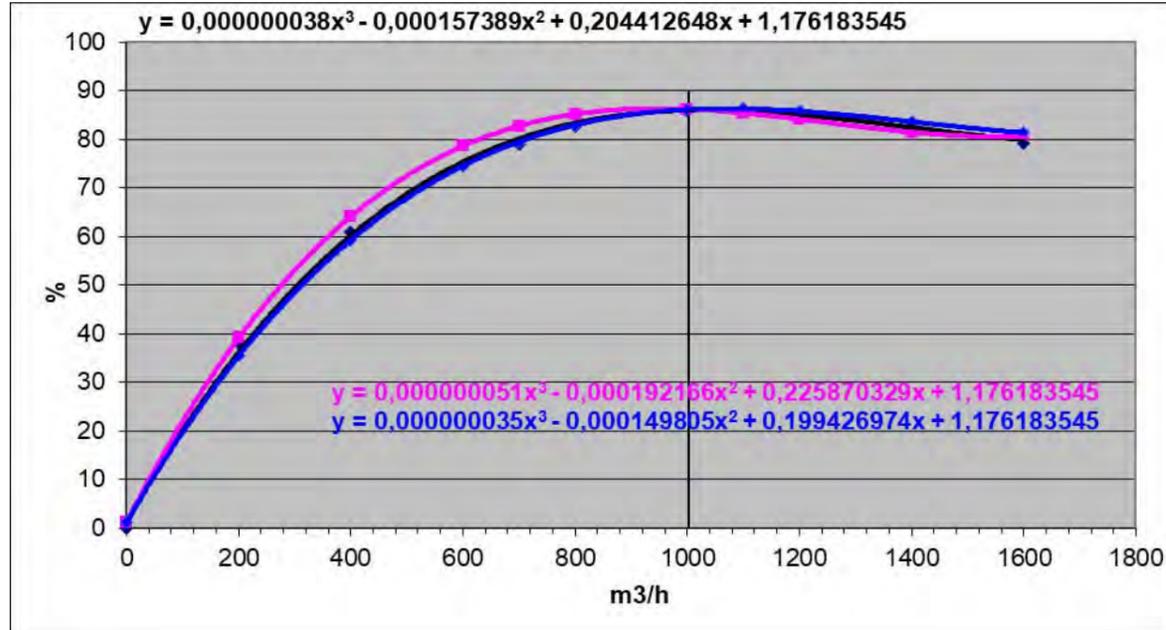
156,36	276,05	3,46	556,51	560,07	670,92
193,57	276,05	4,28	556,51	560,07	670,92
342,48	276,05	7,57	556,51	560,07	670,92
520,27	276,05	11,50	556,51	560,07	670,92
520,27	276,05	11,50	556,51	560,07	670,92
1.040,54	276,05	23,00	556,51	560,07	670,92
874,41	276,05	19,33	556,51	560,07	670,92
429,19	276,05	9,49	556,51	560,07	670,92
15,85	276,05	0,35	556,51	560,07	670,92
2,82	276,05	0,06	556,51	560,07	670,92
-	276,05	-	-	560,07	-

2.1.6.2 OTRAS SITUACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Tal y como se ha indicado al inicio podrán darse situaciones de funcionamiento diferentes a la anterior, en la que se plantee en todo momento elevar, al menos, el caudal definido en el punto de diseño de la bomba.

A continuación, se muestra la curva de la bomba propuesta, tanto en su punto de funcionamiento nominal, 992 rpm, curva negra, como con la velocidad variada que podrá llegar a darse con la regulación de la turbina, azul, por encima de la velocidad nominal, y magenta por debajo de la velocidad nominal. (Curvas Q-H y Q-Rto)





En la curva se muestran los puntos de funcionamiento para aportar un caudal constante ante la variación del salto neto por diferentes niveles en las balsas, y por variaciones en la demanda de la bomba como consecuencia de esta variación de niveles.

Punto	rpm	Hz	Q (m³/h)	H (mca)	Pot. Demandada 1 equipo (kW)
Diseño (Negra)	1000	50	1001,7	43,09	136,49
Favorable (Azul)	905	45	1001,7	34,00	108,11
Desfavorable (Magenta)	1025	51	1001,7	46,00	146,38

En estas situaciones, la potencia demandada a la turbina será diferente, y deberán regularse a partir de la válvula motorizada mediante el autómata de control y el punto de regulador fijado para el distribuidor.

2.1.6.3 SITUACIÓN DE DISEÑO, NIVELES MEDIOS EN BALSAS BP1, Y EN BP2 Y BP3.

TURBINA			BOMBEO A BALSA ELEVADA		
Superficie turbina	1.246,48	ha	Sup bombeo	666,66	ha
Rto turbina	79,0%		Rto bomba	85,8%	
Balsa BP2 (pie canal):	380,00	msnm	Rto motor	95,0%	
Balsa BP1 (vertido)	342,00	msnm	Balsa pie canal:	380,00	msnm
Desnivel	38,00	m	Balsa elevada	416,00	msnm
PdC admisión	1,73	m	PdC admisión	1,73	m
PdC filtrado	2,00	m	Desnivel	36,00	m
Salto neto	34,27	m	PdC filtrado	2,00	m

Caudal turbinado	Pot. Turb. (kW)	Func (h/día)	Caudal TOTAL a Bombear (l/s)	Caudal Bomba acoplada a turbina (l/s)	Sup teórica abastecida por Turbina-Bomba
-	276,05	-	-	560,07	-
46,72	276,05	1,03	556,51	560,07	670,92
156,36	276,05	3,46	556,51	560,07	670,92
193,57	276,05	4,28	556,51	560,07	670,92
342,48	276,05	7,57	556,51	560,07	670,92
520,27	276,05	11,50	556,51	560,07	670,92
520,27	276,05	11,50	556,51	560,07	670,92
1.040,54	276,05	23,00	556,51	560,07	670,92
874,41	276,05	19,33	556,51	560,07	670,92
429,19	276,05	9,49	556,51	560,07	670,92
15,85	276,05	0,35	556,51	560,07	670,92
2,82	276,05	0,06	556,51	560,07	670,92
-	276,05	-	-	560,07	-

Funcionamiento MAX: **23,00** h/día
 PdC impulsión: 3,36 m
 Altura bombeo: 43,09 m

Para la situación de diseño, niveles medios entre balsas, y tubería de aducción en turbina aprovechando el desnivel entre eje y nivel balsa BP1, se concluye con una turbina con un rendimiento del 79% seremos capaces de aportar a la bomba los 274,28 kW que nos demanda.

Si reducimos el salto neto,

2.1.6.4 SITUACIÓN DE DISEÑO, NIVEL NAMO EN BALSAS BP1 Y MEDIO EN BP3 Y BP2.

TURBINA			BOMBEO A BALSA ELEVADA		
Superficie turbina	1.246,48	ha	Sup bombeo	666,66	ha
Rto turbina	84,0%		Rto bomba	85,8%	
Balsa BP2 (pie canal):	380,00	msnm	Rto motor	95,0%	
Balsa BP1 (vertido)	344,00	msnm	Balsa pie canal:	380,00	msnm
Desnivel	36,00	m	Balsa elevada	416,00	msnm
PdC admisión	1,73	m	PdC admisión	1,73	m
PdC filtrado	2,00	m	Desnivel	36,00	m
Salto neto	32,27	m	PdC filtrado	2,00	m
Funcionamiento MAX:	23,00	h/día	PdC impulsión:	3,36	m
Caudal turbinado:	1.040,54	l/s	Altura bombeo:	43,09	m
Potencia generada:	276,39	kW	Caudal bombeado:	556,51	l/s
			Potencia demandada:	274,28	kW

Para la situación de diseño, niveles medio entre balsas de bombeo, y nivel NAMO en balsa BP1 y tubería de aducción en turbina aprovechando el desnivel entre eje y nivel balsa BP1, se concluye que con una turbina con un rendimiento del 84% seremos capaces de aportar a la bomba los 274,28 kW que nos demanda.

2.1.6.5 SITUACIÓN SALTO NETO DESFAVORABLE. NIVEL NAMO EN BALSAS BP1 Y VACÍA EN BP2. NIVEL MEDIO EN BP3.

TURBINA			BOMBEO A BALSA ELEVADA		
Superficie turbina	1.246,48	ha	Sup bombeo	666,66	ha
Rto turbina	85,0%		Rto bomba	84,0%	
Balsa BP2 (pie canal):	377,50	msnm	Rto motor		
Balsa BP1 (vertido)	344,00	msnm	Balsa pie canal:	377,50	msnm
Desnivel	33,50	m	Balsa elevada	416,00	msnm
PdC admisión	1,73	m	PdC admisión	1,73	m
PdC filtrado	2,00	m	Desnivel	38,50	m
Salto neto	29,77	m	PdC filtrado	2,00	m
			PdC impulsión:	2,60	m
Funcionamiento MAX:	23,00	h/día	Altura bombeo:	44,80	m
Caudal turbinado:	1.040,54	l/s	Caudal bombeado:	486,11	l/s
Potencia generada:	275,34	kW	Potencia demandada:	254,42	kW

Al rebajar la cota de la lámina de agua en la balsa BP2 por debajo del nivel medio, esta variación afectará tanto al salto como a la potencia demandada por la bomba. Tal y como se ha visto en el punto 2.1.4. para situaciones no coincidentes con los niveles medios el punto de funcionamiento se desplazará en la curva de la bomba hacia una situación hidráulica favorable, derecha de la curva, o desfavorable, es decir, hacia la izquierda con respecto al punto de diseño. Es decir, en este supuesto dispondremos de menor salto, pero también la demanda normal del grupo de bombeo, accionado pro turbina o por motor eléctrico será menor.

Para la situación de diseño, balsa vacía en BP2 y nivel NAMO en balsa BP1 y tubería de aducción en turbina aprovechando el desnivel entre eje y nivel balsa BP1, y balsa media en BP3, se concluye que con una turbina con un rendimiento del 85% seremos capaces de aportar a las bombas los 254,42 kW que nos demandan para la curva elegida, cuyo punto de funcionamiento se situará en los 1.750 m³/h (486,11 l/s) y los 44,8 mca.

2.1.6.6 SITUACIÓN SALTO NETO INTERMEDIO. NIVEL NAMO EN BALSAS BP1 Y MEDIO EN BP2. NIVEL MEDIO EN BP3.

TURBINA			BOMBEO A BALSA ELEVADA		
Superficie turbina	1.246,48	ha	Sup bombeo	666,66	ha
Rto turbina	90,0%		Rto bomba	85,4%	
Balsa BP2 (pie canal):	377,50	msnm	Rto motor	95,0%	
Balsa BP1 (vertido)	342,00	msnm	Balsa pie canal:	377,50	msnm
Desnivel	35,50	m	Balsa elevada	416,00	msnm
PdC admisión	1,73	m	PdC admisión	1,73	m
PdC filtrado	2,00	m	Desnivel	38,50	m
Salto neto	31,77	m	PdC filtrado	2,00	m
			PdC impulsión:	3,36	m
Funcionamiento MAX:	23,00	h/día	Altura bombeo:	45,59	m
Caudal turbinado:	1.040,54	l/s	Caudal bombeado:	556,51	l/s
Potencia generada:	291,5	kW	Potencia demandada:	291,5	kW

Para la situación de diseño, balsa vacía en BP2 y nivel medio en balsa BP1 y tubería de aducción en turbina aprovechando el desnivel entre eje y nivel balsa BP1, y balsa media en BP3, se concluye que con una turbina con un rendimiento del 90% seremos capaces de aportar a la bomba los 291,5 kW que nos demanda para elevar el caudal de diseño.

2.1.6.7 CONCLUSIONES

Para garantizar un correcto funcionamiento del sistema turbina-bomba deberá garantizarse que, en el nivel medio de las balsas y un caudal de turbina constante, situación de diseño, el rendimiento de la turbina aporte al menos la potencia demandada por el equipo de bombeo, con cierto margen.

En los datos anteriores se observa como para la situación de niveles medios con un rendimiento del 79% se puede llegar a aportar a la bomba el caudal demandado para la situación de diseño. No obstante, se considera que adoptar este valor resulta excesivamente ajustado y escaso para otras situaciones probables que se puedan dar, como es que la balsa BP2, debido a sus dimensiones, se encuentra con frecuencia en niveles de mitad hacia arriba, lo que conllevaría que los caudales elevados fueran menores al caudal de diseño.

En este sentido, y a la vista de los datos expuestos con anterioridad, se deberá adoptar como rendimiento mínimo para la situación de diseño de al menos el 85,0%.

Por otro lado, indicar que la elección de un sistema de turbina tipo Francis, coincidente con los equipos elegidos, permiten obtener rendimientos hidráulicos en el punto nominal por encima incluso del 90% por lo que las necesidades del equipo de bombeo quedarán adecuadamente cubiertas.

Se plantearán pues dos equipos gemelos, cada uno de los cuales impulsará a cada una de las bombas seleccionadas para la elevación, tipo Francis de eje horizontal con desacoplador mediante embrague y rendimiento hidráulico en el punto nominal de al menos el 85%.

2.1.7 SISTEMA TURBINA-BOMBA. EQUIPO ELEGIDO

A continuación se detallan las características hidráulicas del equipo propuesto:

Periodo	Caudal (l/s)	Potencia (kW)	Turbina funcionando	Rendimiento (%)	Caudal bombeado (l/s)
Anual	521x2	145x2	1+1	91,7	556

CARACTERÍSTICAS DE LAS TURBINA:

Tipo de turbina:	Turbina Francis horizontal cámara espiral cerrada
Diámetro rodete.	375 mm.
Altura neta:	31,5 m.
Caudal:	520 l/s.
Potencia generada:	145kW (±2%.a eje turbina a H=cte)
Velocidad unitaria:	1.000 rpm. (Sobrevelocidad: 2.000 rpm).
Sumergencia turbina:	+5,8 m.

CRITERIOS DE TAMAÑO DE LA TURBINA:

Rated Discharge:	18.4 cfs	/	0.5 m3/s
Net Head at Rated Discharge:	103.3 feet	/	31.5 meters
Gross Head:	105.0 feet	/	32.0 meters
Site Elevation:	984 feet	/	300 meters
Water Temperature:	54 Degrees F	/	12 Degrees C
Setting to Tailwater:	4.9 feet	/	1.5 meters
Efficiency Priority:		5	
System Frequency:		50 Hz	
Minimum Net Head:	98.4 feet	/	30.0 meters
Maximum Net Head:	105.0 feet	/	32.0 meters

FRANCIS TURBINE SOLUTION DATA

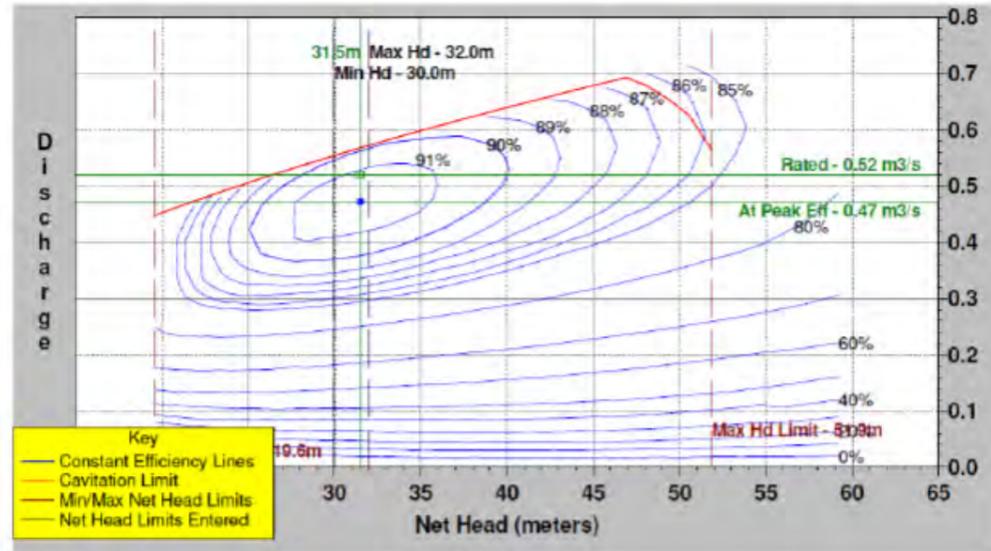
Arrangement:	VERTICAL WITH RUNNER OVERHUNG ON GENERATOR SHAFT		
Intake Type:	SPIRAL CASE		
Draft Tube Type:	STRAIGHT (CONICAL)		
Runner Diameter:	13.7 inches	/	349 mm
Unit Speed:	1000.0 rpm		
Multiplier Efficiency Modifier:	1.000		
Flow Squared Efficiency Modifier:	0.0000		
Specific Speed at Rated Net Head -	(US Cust.)		(SI Units)
At 100% Turbine Output:	42.5		162.2
At Peak Efficiency Condition:	40.7		155.1

SOLUTION PERFORMANCE DATA

At Rated Net Head of:					103.3 feet	/	31.5 meters
% of Rated Discharge	Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s			
** 100.2	158	89.8	20.0	0.6			
100	147	91.2	18.4	0.5			
+ 90.0	134	91.7	16.7	0.5			
75	109	90.4	13.8	0.4			
50	65	81.3	9.2	0.3			
25	23	57.1	4.6	0.1			
+ 54.8	74	84.0	10.1	0.3			
** - Overcapacity							
* - Peak Efficiency Condition							
+ - Peak Draft Tube Surging Condition							
At Maximum Net Head of:					105.0 feet	/	32.0 meters
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s			
0.112	160	89.8	20.0	0.6			
At Minimum Net Head of:					98.4 feet	/	30.0 meters
Sigma Allowable	Max. Output (KW)	Efficiency (%)	cfs	m3/s			
0.113	146	89.7	19.5	0.6			

CURVA DE EFICIENCIA DE LA TURBINA SELECCIONADA:

Runner Diameter: 340 mm
 Net Head at Rated Discharge: 31.50 meters
 Unit Speed: 1000.0 rpm
 Peak Efficiency: 91.7 %
 Multiplier Efficiency Modifier: 1.000
 Flow Squared Efficiency Modifier: 0.0000

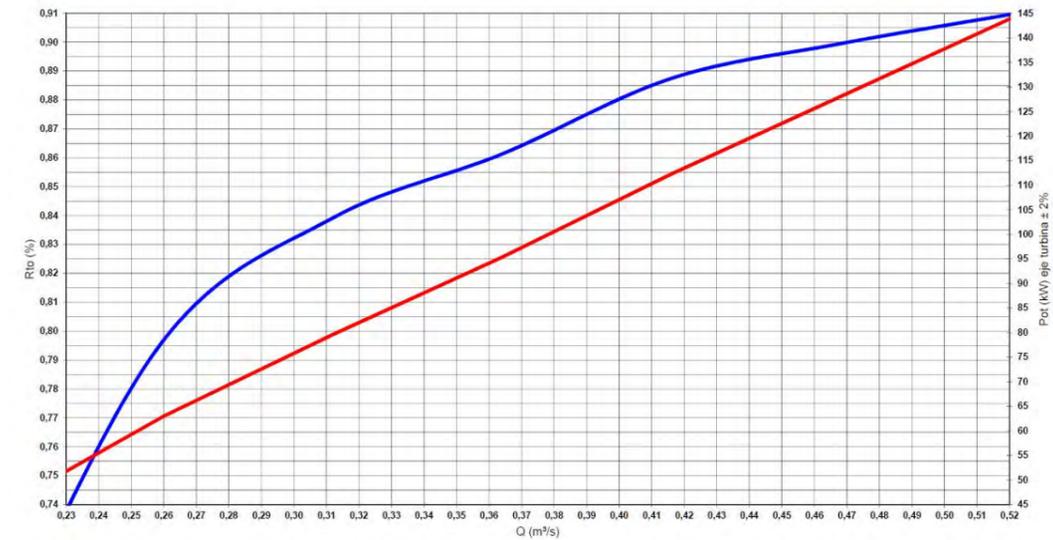


NOTE: Discharge is in cubic meters per second

Power (KW)	Efficiency (%)	Discharge (m3/s)	Notes
158	89.8	0.57	Additional Output Capability
151	90.7	0.54	Additional Output Capability
147	91.2	0.52	Rated Flow/Head Condition
144	91.3	0.51	
137	91.6	0.48	
134	91.7	0.47	Best Efficiency Condition
128	91.5	0.45	
120	91.2	0.43	
111	90.6	0.40	
102	89.7	0.37	
93	88.4	0.34	
83	86.4	0.31	
74	83.9	0.28	
64	80.7	0.26	
54	76.9	0.23	
44	72.4	0.20	
35	67.0	0.17	
26	60.4	0.14	
18	52.5	0.11	Low efficiency; not used in energy calculation
11	40.4	0.09	Low efficiency; not used in energy calculation
5	26.4	0.06	Low efficiency; not used in energy calculation
1	6.7	0.03	Low efficiency; not used in energy calculation



C.H. REGANTES HUESCA. H = 31,0 m Q = 0,52 m³/s n = 1.000 r/m Hs = + 5,8 m 7/03/2019



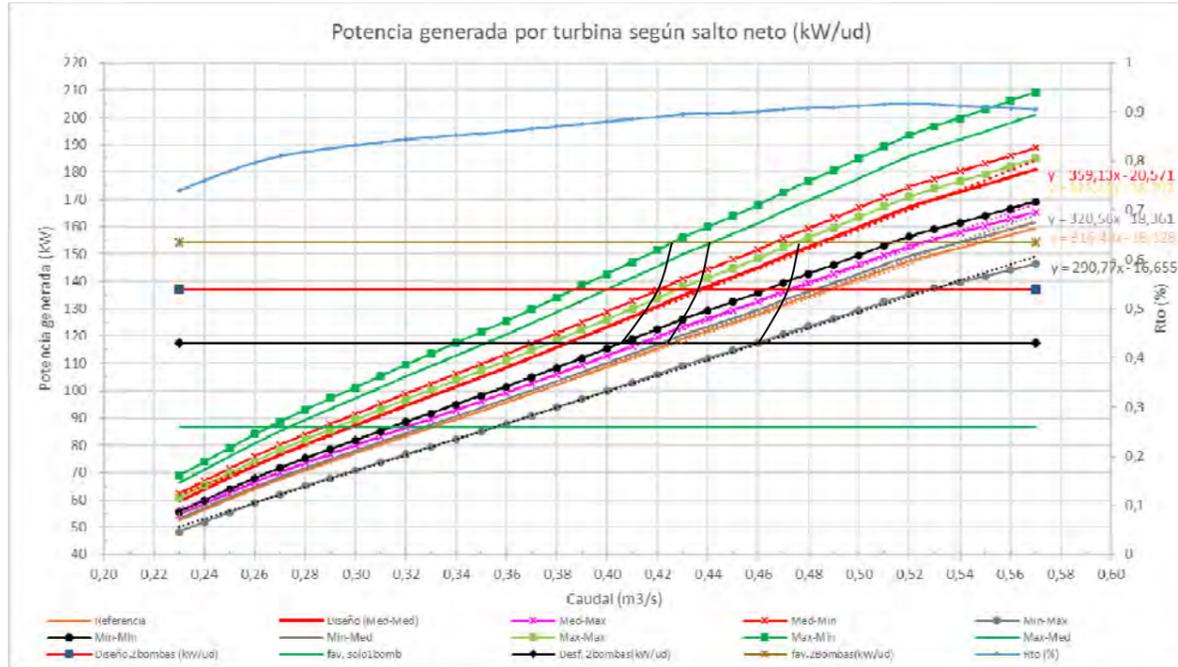
RELACIÓN CAUDALES Y POTENCIA GENERADA DE LA TURBINA SELECCIONADA:

En el gráfico se indican las curvas de generación de cada turbina en las diferentes situaciones de salto neto, es decir según el nivel de aguas en las balsas BP2 y BP1, y la potencia demandada por el equipo de bombeo para la situación de diseño, y para la situación favorable y desfavorable. Definiendo los rangos de funcionamiento según estas situaciones.

Para ello se adopta la curva de referencia seleccionada y se aplica la relación entre los parámetros de funcionamiento que interviene por semejanza en una máquina de esta tipología, determinando a partir una curva dada, determinando diferentes situaciones de trabajo de una misma máquina. En este sentido las turbinas responderán frente a los parámetros de explotación según la siguiente formulación, siendo 1 la situación de diseño, y 2 la nueva posición:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_2}} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_2}} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{H_1^{1.5}}{H_2^{1.5}}$$

En aplicación de estas expresiones obtenemos las curvas de funcionamiento de la máquina para los diferentes regímenes de explotación que se prevén, los cuales tienes que suministrar la potencia demandada por el grupo de bombeo.



Del gráfico se desprende que, en la situación de diseño, niveles medios, el caudal necesario para la elevación se situará entorno a los 439 l/s, oscilando entre los 420 l/s con la balsa BP1 en nivel mínimo, y los 470 l/s si la balsa BP1 está a nivel NAMO.

En el gráfico se incluyen además las condiciones de funcionamiento para los otros supuestos, quedando todos ellos dentro del rango de funcionamiento de la turbina.

Por último indicar que para la situación de diseño, el menor caudal necesario derivado de la selección de una máquina de alta eficiencia permite que con menor volumen de agua turbinado podamos elevar el agua prevista, es decir, que la zona dominada desde la balsa BP1 puede tener un requerimiento de agua, estimado en hasta un 16% menos, lo que equivale a un qfc en julio de 0,68 l/s y ha, con respecto a los 0,80 l/s y ha de referencia.

En el caso de precisarse una mayor diferencia entre ambas zonas deberá preverse la puesta en funcionamiento del equipo de reserva, accionado mediante grupo electrogenerador, el cual, con funcionamiento simultaneo con una de los equipos turbina-bomba, permitiría que la diferencia entre ambas zonas se sitúe entorno al 49-58% según el régimen de funcionamiento de la turbina. Esto equivale a un qfc en julio de 0,41-0,34 l/s y ha, con respecto a los 0,80 l/s y ha de referencia.

2.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO A PISO 4

En el diseño de la red de riego se ha optado por fijar un punto de nivel intermedio en la balsa elevada, balsa BP3, como situación más habitual en el funcionamiento del sistema, siendo 416,00 msnm la cota fijada en el diseño, y el punto de partida para establecer las necesidades de bombeo.

Tras los estudios realizados se ha determinado que es necesario un incremento de la presión en la red simulando una situación de depósito elevado a cota 425,0 msnm, es decir de +12,182 mca con respecto a la balsa BP3 en situación de nivel medio, cota 416,0 msnm, a la cual se le ha aplicado una corrección por pérdidas de carga en el conjunto bombeo y colectores de 2,818 mca y la pérdida de carga de la tubería existente entre la balsa BP3 y el rebombio (impulsión a balsa BP3), calculadas en gastar 3,182 mca para el caudal de diseño (red 3 + rebombio a piso 4; 758,98 l/s = 565,85 + 193,13). La presión dinámica disponible en el bombeo para la situación de balsa intermedia es de 36,318 mca.

Así pues, para garantizar el incremento de 15,00 mca en la red será necesario disponer de unos equipos que cuando la cota de la balsa se sitúa en la 414 msnm (balsa vacía), sean capaces de impulsar hasta los 17,0 mca (12,182+2,818+416,0-414,0), siendo necesario que los equipos sean capaces de compensar las variaciones de nivel en la balsa, sin que ello redunde en problemas en el funcionamiento de los equipos y las presiones de servicio previstas en la red.

Los estudios realizados sobre los equipos de bombeo dan como resultado que el peso de la variación de la lámina de agua sobre la altura de bombeo fijada es significativo, por tanto, se considera como cota de diseño el nivel de fondo de balsa.

Tal y como se ha indicado con anterioridad el punto de diseño ha sido obtenido considerando la altura de la lámina de agua en la balsa en su situación de vacía es decir la cota 414,0 siendo la cota piezométrica del cálculo de la red al piso 4 la cota 425 y la pérdida de carga de la conducción entre la balsa y la estación de bombeo y la valvulería de 4,182 m.c.a. por tanto el punto de diseño de la estación de bombeo será:

	CAUDAL (l/s)	Altura Manométrica	
Punto 1	96,58	17,0	Caudal de diseño, altura manométrica de diseño balsa BP3 con nivel de agua a cota mínima.
Punto 2	27,78	7	Caudal mínimo, altura manométrica mínima en balsa BP3 con nivel de agua a cota máxima.

Condiciones de máxima demanda y balsa 3 a nivel vacío:

$$Q = 193,13 \text{ l/s}$$

$$H_m = (425-376,5-36,318+416,0-414,0+2,0+0,818) = 17,0 \text{ m.c.a.}$$

Condiciones de mínima demanda y balsa llena:

$$Q = 27,78 \text{ l/s}$$

$$H_m = (425-376,5-36,318+418,0-416,0-3,182) = 7 \text{ m.c.a.}$$

Garantizando el cumplimiento de ambos puntos nos aseguramos de que en el resto de supuestos el bombeo responda de manera adecuada.

Para mejorar las condiciones de funcionamiento del conjunto ante las previsible variaciones en la demanda de la red se prevé un fraccionamiento del bombeo, planteándose la instalación de un total de dos bombas:

- Dos bombas de pequeño tamaño (tipo 1) de 96,58 l/s a 17,0 m.c.a., accionada mediante variador de frecuencia pudiendo impulsar hasta un mínimo de 27,78 l/s a 7 m.c.a.

2.2.1 EQUIPO DE BOMBEO

Este equipo de bombeo consta de dos bombas gemelas de pequeña potencia. Esta bomba tendrá la suficiente capacidad de regulación como para permitir un inicio del bombeo progresivo. Además, con esta bomba de pequeñas dimensiones, conseguimos bombear agua cuando la demanda es muy baja.

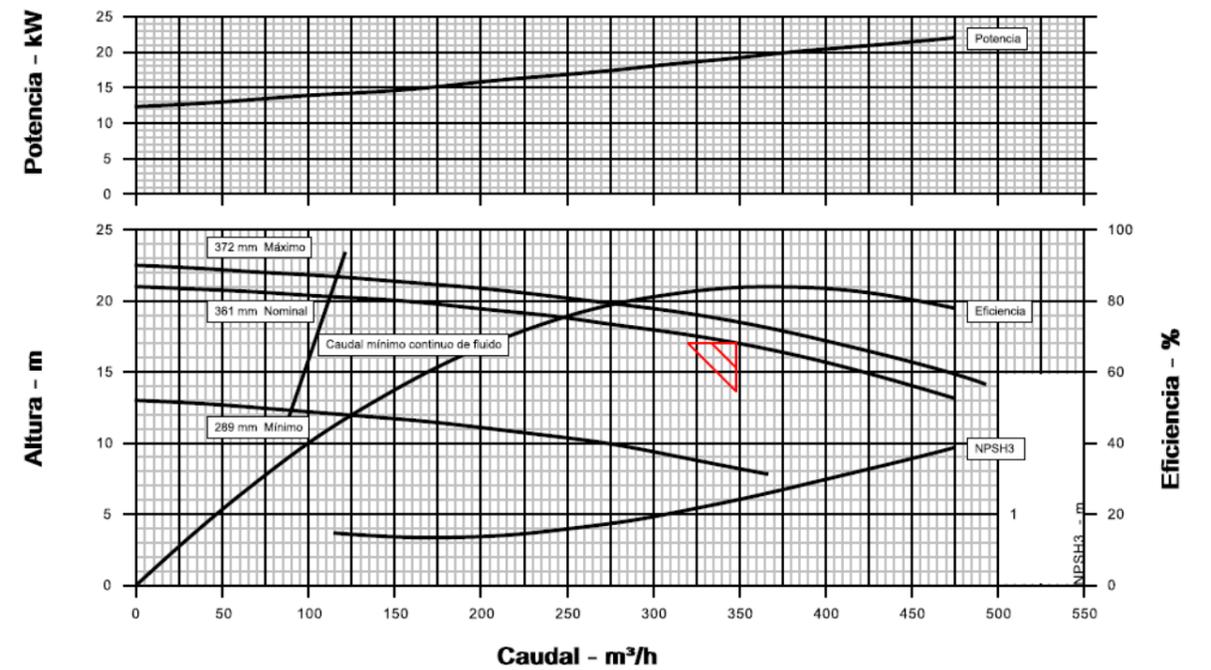
Los puntos de funcionamiento estudiados son los siguientes, los dos puntos extremos de posible funcionamiento:

Punto 1:

- Caudal a elevar..... 96,58 l/s (347,7 m³/h)
- Altura manométrica..... 17,0 m.c.a.
- Rendimiento de la bomba... 84,0 %

$$\text{Potencia} = \frac{96,58(l/s) \cdot 17,0(m.c.a.)}{75 \cdot 0,840} = 26,06 \text{ C.V.} = 19,18 \text{ kW}$$

Imagen 1. Curva bomba Rebombio Piso 4 punto 1 a 975 rpm

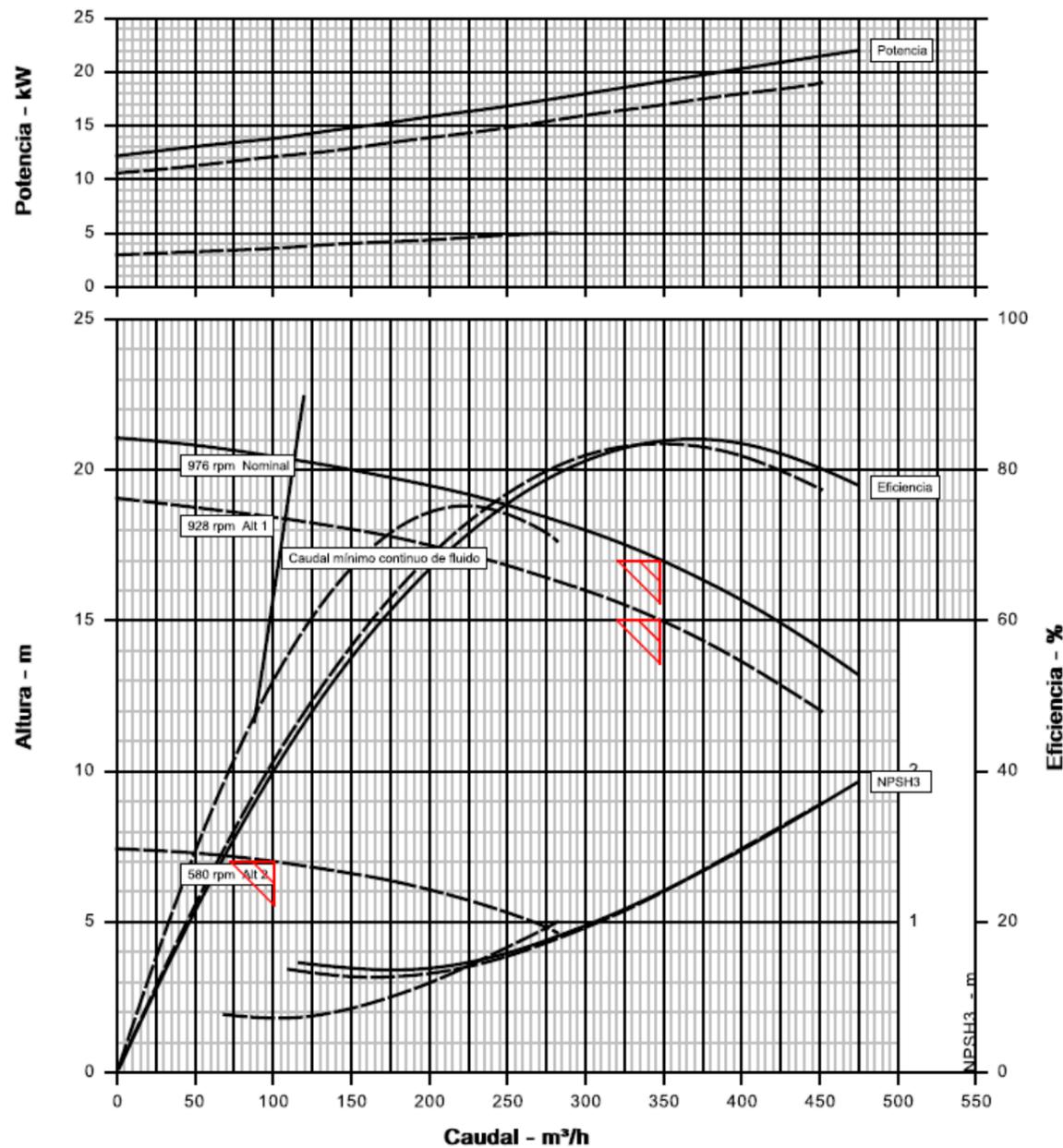


Punto 2:

- Caudal a elevar..... 27,78 l/s (100,0 m³/h)
- Altura manométrica..... 7 m.c.a.
- Rendimiento de la bomba... 52,6 %

$$\text{Potencia} = \frac{27,78(l/s) \cdot 27(m.c.a.)}{75 \cdot 0,526} = 4,93 \text{ C.V.} = 3,63 \text{ kW}$$

Imagen 2. Curva bomba Rebombio Piso 4 punto 2 a 580 rpm



Se dimensionan por tanto un equipo de bombeo de cámara partida de 96,58 l/s a una altura de 17,0 m.c.a. y a su vez mediante la actuación del variador de frecuencia, ser capaz de proporcionar 27,78 l/s a 7 m.c.a. Accionado mediante motor eléctrico y variador de frecuencia de 22 kW.

2.2.2 REBOMBEO A PISO 4. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

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

- Dos bombas de cámara partida horizontales capaces de suministrar un caudal unitario de 96,58 l/s a una altura de 17,0 m.c.a como punto de diseño y capaces de funcionar a un caudal mínimo unitario de 27,7 l/s y 7 m.c.a. mediante la instalación de dos variadores de frecuencia con un motor de 22 kW de potencia a 976 r.p.m. Los dos equipos estarán comandados mediante variador de frecuencia.

De este modo la potencia total instalada en el bombeo directo al piso 4 será de 44 kW. A esta potencia será necesario añadir la potencia prevista para los servicios auxiliares.

La secuencia de arranque prevista es la siguiente:

Tabla 1: Secuencia de arranque de las bombas

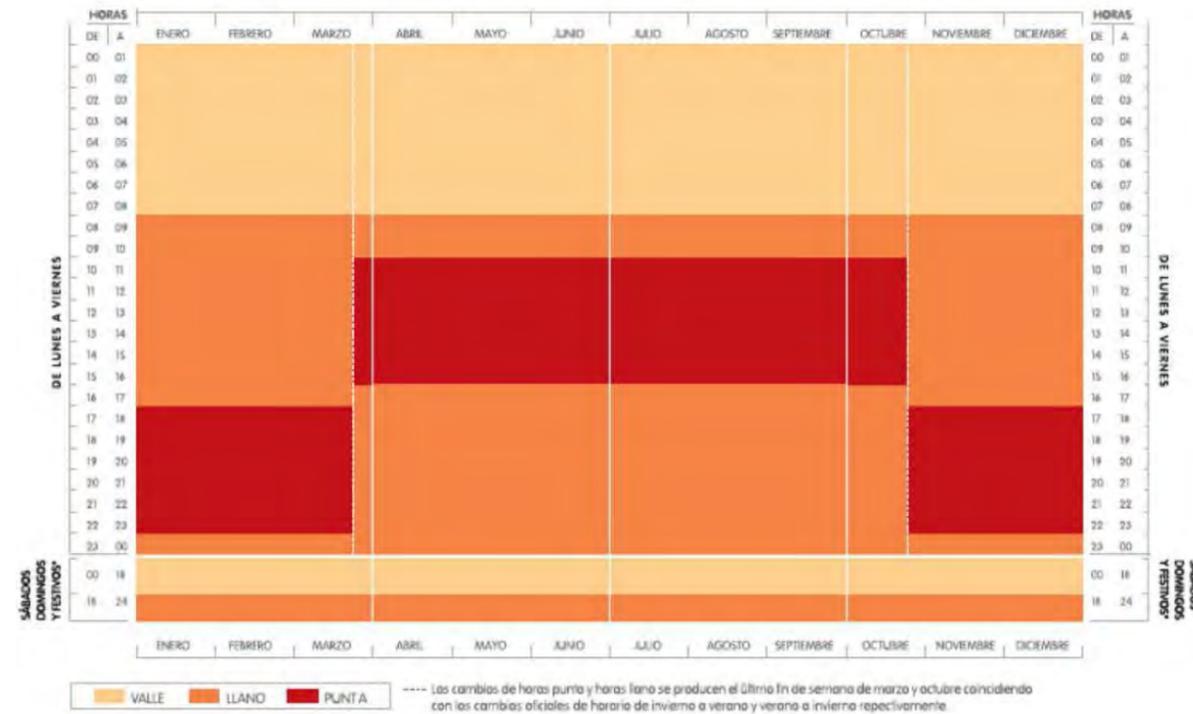
	Caudal (l/s)	Bomba 3 22 kW (VV)	Bomba 4 22 kW (VV)
Paso 1	27,78-96,58	Conexión	
Paso 2	96,58-193,13	Conectada	Conexión

NOTA. VV: Velocidad Variada (Variador). VF: Velocidad fija (Arrancador)

3 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 3 periodos horarios.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de los 3 periodos horarios a lo largo del año.



Periodos horarios. Modalidad de 3 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)	39,683031	19,8586888	14,533266	14,533266	14,53326583	6,63101583
Término de ENERGÍA (€/kWh)	0,098381	0,084717	0,0754	0,065065	0,065065	0,0514

En el Apéndice 1 se detalla el cálculo de los costes energético. A continuación, se detalla un resumen de los mismos.

BOMBEO	Coste T. POTENCIA	Coste T. ENERGÍA	COSTE TOTAL	COSTE TOTAL Con impuesto e IVA	COSTE €/m³
Bombeo Balsa 3	-	-	-	-	-
Rebombeo Piso 4	2.209,76 €	5.463,44 €	7.673,20 €	9.355,78 €	0,008874
TOTAL	2.209,76 €	5.463,44 €	7.673,20 €	9.355,78 €	

El sistema turbina bomba no consumirá energía externa, tan solo consumirá la energía que es capaz de generar mediante la turbina. Este sistema no produce electricidad, aprovecha la energía hidráulica que mueve la turbina para, mediante un eje común, mover el eje de la bomba.

De la tabla se desprende que el coste energético del conjunto del bombeo, balsa 3 y rebombeo, asciende a 9.355,78 €/año, IVA e impuestos incluidos. Es decir, el coste unitario del conjunto de la instalación se situará en los 0,00040138 €/m³, para un consumo anual de toda la modernización de 23.308.989,32 m³/año.

4 ENERGÍA GENERADA Y CONSUMIDA

En esta instalación existirán dos tipos de instalaciones con consumo de energía:

- Sistema turbina-bomba. Sistema autosuficiente, consume la energía que genera. Fuente de origen renovable ya que la energía se produce al aprovechar el desnivel existente entre dos de las 3 balsas, y el agua turbinada es al que posteriormente se consumirá por el sistema de riego.
- Sistema de rebombeo. Estación de bombeo de pequeña potencia con consumo de energía de origen fósil, en este caso el suministro se realiza a través de la red eléctrica convencional.

4.1 SISTEMA TURBINA-BOMBA

Si atendemos al caudal de turbinado la superficie que turbinamos y las necesidades de cada mes, obtenemos las horas de funcionamiento de la turbina, que en este caso son un total de 2.796,77 horas al año, tal y como puede verse en la tabla.

	m3/ha.mes		qfc (l/s y ha)	Horas de turbinado
ENERO	0	31,0	-	-
FEBRERO	119,26	28,0	0,05	39,69
MARZO	351,02	31,0	0,13	116,80
ABRIL	538,41	30,0	0,21	179,16
MAYO	959,70	31,0	0,36	319,35
JUNIO 1P	619,68	30,0	0,40	206,20
JUNIO 2P	619,68	30,0	0,40	206,20
JULIO	2142,33	31,0	0,80	712,87
AGOSTO	1859,24	31,0	0,69	618,67
SEPTIEMBRE	889,48	30,0	0,34	295,98
OCTUBRE	261,83	31,0	0,10	87,13
NOVIEMBRE	44,27	30,0	0,02	14,73
DICIEMBRE	0,00	31,0	-	-
	8404,9			2.796,77

Si tenemos en cuenta que la energía obtenida por la turbina es de 276,05 kWh, la energía de origen renovable anual es de 772.048,36 kWh al año.

4.2 SISTEMA REBOMBEO

Si atendemos al caudal bombeado y las necesidades de cada mes, obtenemos las horas de funcionamiento del rebombeo, que en este caso son un total de 1.516 horas al año, tal y como puede verse en la tabla.

	PUNTA	LLANO	VALLE	TOTAL
Horas	0	681,28	835,11	1.516,00
kWh	0	29.035	35.591	64.625,45

Si aplicamos el consumo previsto para las bombas, 42,62 kW, obtenemos un consumo anual de 64.608,94 kWh de origen fósil.

APÉNDICE 1.- COSTES ENERGÉTICOS

BOMBEO DIRECTO < 450 kW, a Piso 4, 138h/semana. Cota ref 425

NECESIDADES HIDRICAS [m³/ha]														DATOS											
Zonas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL												
Transf.	0,00	119,26	351,02	538,41	959,70	1239,35	2142,33	1859,24	889,48	261,83	44,27	0,00	8404,91	Superficie Transf [ha]	125										
HORAS DE RIEGO [horas/año]														DATOS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	Caudal [l/s]											
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	Altura bombeo m.c.a.	17										
P2L	0,00	9,67	28,45	43,64	77,79	100,46	173,65	150,70	72,10	21,22	3,59	0,00	681,28	Potencias Bombeo [kW]	Potencias Servicios Auxiliares [kW]										
P3L	0,00	11,85	34,88	53,50	95,36	123,14	212,86	184,73	88,38	26,02	4,40	0,00	835,11	Consumida	43	Consumida		0							
														Contratada	49	Contratada		0							
TERMINO DE ENERGIA														TERMINO DE POTENCIA				COSTES TOTALES							
CONSUMO [kWh]														COSTE			POTENCIA COSTES								
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AUX	TOTAL	Tarifa €/Kw h	Coste	Contrat.		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	0,00	0,0	0,105386	0,00 €	0	59,475288	0,00 €	0,00 €					
P2L	0,0	412,0	1212,6	1859,9	3315,3	4281,3	7400,6	6422,7	3072,7	904,5	152,9	0,0	0,00	29034,6	0,098599	2.862,78 €	49	36,676813	1.797,56 €	4.660,34 €					
P3L	0,0	505,0	1486,4	2279,9	4063,9	5248,1	9071,7	7873,0	3766,5	1108,7	187,5	0,0	0,00	35590,8	0,073071	2.600,66 €	49	8,410411	412,20 €	3.012,86 €					
Coste Anual Antes de Impuestos eléctricos sin IVA																5.463,44 €			2.209,76 €	7.673,20 €					
Impuesto Eléctrico (deducido 85%)																									58,85 €
Coste Anual Después de Impuestos eléctricos sin IVA																									7.732,05 €
IVA 21 %																									1.623,73 €
COSTE ENERGETICO TOTAL ANUAL CON IMPUESTOS ELECTRICO E IVA[€]																									9.355,78 €
COSTE ENERGETICO UNITARIO [€/m³]																									0,008874

TARIFA 3