



**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS SOBRE LA MEJORA Y
MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DE LA COMUNIDAD DE
REGANTES DEL CANAL ALTO DE VILLARES (LEÓN)**



JULIO DE 2009

Estudio de alternativas sobre la mejora y modernización del regadío de la Comunidad de Regantes del Canal Alto de Villares (León)

ÍNDICE

1.- Antecedentes.....	1
2.- Objeto del estudio.	1
3.- Descripción general de la zona.	2
3.1.- Localización.....	2
3.2.- Situación actual.....	2
4.- Estudio Agronómico.....	3
4.1.- Observatorios meteorológicas utilizados.....	3
4.2.- Datos climáticos.....	5
4.2.- Determinación de las necesidades hídricas.....	6
4.3.- Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia.....	7
4.3.- Coeficiente de cultivo.....	8
4.4.- Cálculo de la evapotranspiración del cultivo.....	12
4.5.- Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.....	13
5.- Alternativas consideradas.....	23
5.1.- Consideraciones previas.....	23
5.2.- Zonas excluidas.....	24
5.3.- Modalidad de riego.....	24
5.4.- Unidades de riego.....	25
5.5.- Red de distribución.....	26
5.6.- Descripción de las alternativas.....	27
5.7.- Criterios de optimización.....	45
5.8.- Datos de partida.....	47
5.8.1.- Dotación de riego y caudales por hidrante.....	47
5.8.2.- Rango de velocidades.....	48
5.8.3.- Presión en el hidrante.....	48

5.8.4.- Márgenes de seguridad en el timbraje.....	49
5.8.5.- Pérdidas de carga en elementos singulares.	49
5.8.6.- Diámetros y materiales de tubería considerados.....	49
5.8.7.- Datos financieros.....	55
5.8.8.- Horas de bombeo.....	55
5.8.8.- Costes energéticos.....	56
5.8.9.- Datos del bombeo.....	59
5.8.10.- Datos de las balsas.....	59

6.- Estudio de costes. 61

6.1.- Alternativa 1.....	61
6.1.1.- Cubicación de la balsa.....	62
6.1.2.- Tubería de abastecimiento.....	63
6.1.3.- Red de riego.	63
6.1.4.- Estación de bombeo.	65
6.1.5.- Coste energético.	66
6.2.- Alternativa 2.....	68
6.2.1.- Cubicación de la balsa.....	68
6.2.2.- Abastecimiento.....	69
6.2.3.- Red de riego.	70
6.2.4.- Estación de bombeo.	72
6.2.5.- Coste energético.	73
6.3.- Alternativa 3.....	75
6.3.1.- Cubicación de la balsa.....	75
6.3.2.- Tubería de abastecimiento.....	76
6.3.3.- Red de riego.	77
6.3.4.- Estación de bombeo.	79
6.3.5.- Coste energético.	81
6.4.- Alternativa 4.....	83
6.4.1.- Cubicación de la balsa.....	83
6.4.2.- Tubería de abastecimiento.....	83
6.4.3.- Red de riego.	84
6.4.4.- Estación de bombeo.	85
6.4.5.- Coste energético.	86

6.5.- Alternativa 5.....	89
6.5.1.- Cubicación de la balsa.....	89
6.5.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.....	91
6.5.3.- Red de riego.	92
6.5.4.- Estación de bombeo.	93
6.5.5.- Coste energético.	94
6.6.- Alternativa 6.....	96
6.6.1.- Cubicación de la balsa.....	96
6.6.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.....	96
6.6.3.- Red de riego.	97
6.6.4.- Estación de bombeo.	99
6.6.5.- Coste energético.	99
6.7.- Alternativa 7.....	99
6.7.1.- Cubicación de la balsa.....	100
6.7.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.....	101
6.7.3.- Red de riego.	103
6.7.4.- Estación de bombeo.	104
6.7.5.- Coste energético.	106
6.8.- Alternativa 8.....	108
6.8.1.- Cubicación de la balsa.....	109
6.8.2.- Tubería de abastecimiento.....	110
6.8.3.- Red de riego.	113
6.8.4.- Estaciones de bombeo.	114
6.8.5.- Coste energético.	117
6.9.- Alternativa 9.....	120
6.9.1.- Cubicación de la balsa.....	120
6.9.2.- Tubería de abastecimiento.....	121
6.9.3.- Red de riego.	122
6.9.4.- Estación de bombeo.	123
6.9.5.- Coste energético.	125
6.10.- Alternativa 10.....	127
6.10.1.- Cubicación de la balsa.....	127
6.10.2.- Tubería de abastecimiento.....	128
6.10.3.- Red de riego.	129

6.10.4.- Estación de bombeo.	130
6.10.5.- Coste energético.	131
7.- Valoración económica de las alternativas propuestas.	133
8- Justificación del sistema elegido.	139
9.- Cartografía y topografía.	141
10.- Conclusiones.	141
11.- Planos.	145
Anexo I.- Datos hidráulicos de las redes de riego.	146
Anexo II.- Datos económicos de las redes de riego.	147
Anexo III.- Flujos de caja de la inversión.	148

1.- Antecedentes.

La Comunidad de Regantes del Canal Alto de Villares (León), fue declarada de Interés General mediante la Ley 14/2000 de 29 de diciembre. Esto hace posible su futura Mejora y Modernización mediante la firma de un Convenio de Colaboración entre SEIASA del Norte y la citada Comunidad de Regantes.

En fecha abril de 2009 se solicita un estudio de alternativas a SEIASA del Norte S.A., con objeto de evaluar la viabilidad de una futura modernización de dicha Comunidad de Regantes. El presente Estudio tiene como fin dar a conocer las posibles alternativas a una Modernización de las redes de riego en esta Comunidad.

2.- Objeto del estudio.

Como se define anteriormente, el objeto de dicho estudio es el de analizar las diferentes alternativas posibles en la realización de una mejora y modernización del regadío de la Comunidad de Regantes de Villares y su posterior puesta en marcha.

Dicha mejora consistiría básicamente en el paso de la actual red de riego por gravedad a riego a presión a “la demanda”, obteniéndose con ello una disminución en el consumo de agua mediante la eliminación de las pérdidas en la red existente y también del derivado de una gestión optimizada del recurso hídrico aplicado a los cultivos.

El abastecimiento de dicha red se realizaría mediante balsas de regulación, las cuales a su vez se verían alimentadas del actual canal de Villares, el cual mediante azud de derivación capta sus aguas del río Órbigo.

3.- Descripción general de la zona.

3.1.- Localización.

La zona objeto del presente estudio se encuentra ubicada en la provincia de León, situándose al sur-oeste de la provincia leonesa. A unos 15 km al norte del Término Municipal de La Bañeza.

Dicha zona queda delimitada por el norte por el municipio de Villares de Órbigo y por el sur por el municipio de Garaballes. Lo atraviesa la autopista AP-71 en dirección este-oeste y el propio canal de Villares en dirección norte-sur.

El canal de Villares discurre aproximadamente entre las curvas de nivel 827 m.s.n.m. hasta la 784 m.s.n.m., encontrándose la zona de la CCRR comprendida entre las cotas 782, en el punto más bajo y de 843 m.s.n.m. en el punto más alto.

3.2.- Situación actual.

El actual regadío de dicha Comunidad de Regantes cuenta con una superficie de 2.260 has distribuida entre 5 Términos Municipales, estos son: Villares de Órbigo, Villarejo de Órbigo, San Cristóbal de la Polantera, Santa María de la Isla y Soto de la Vega.

En la actualidad el agua de riego que abastece a las parcelas que integran ésta Comunidad de Regantes llega formada por una red de acequias en hormigón y en tierra que se nutren de su arteria principal, el Canal de Villares, el cual a su vez se abastece mediante un azud del río Órbigo.

Tanto la red de distribución secundaria a las parcelas como la arteria principal, el Canal, presentan numerosas deficiencias por lo que es aconsejable su sustitución o

reparación, con el fin de una mejora en la gestión y distribución del agua y una reducción de las pérdidas de la misma por la red de distribución.

Otra característica de la zona es la alta parcelación de la superficie regable, con una estructura de la propiedad muy fraccionada en la que no se supera la media de 0,5 hectáreas de superficie y con parcelas nunca superiores a las 7 has.

Los cultivos propios de la zona objeto del estudio de alternativas son principalmente maíz, remolacha, patata, alfalfa, pratenses y cereal de invierno, encontrándose muy repartido los cultivos en toda la superficie.

La concesión de riego con la que cuenta la Comunidad de Regantes del Canal Alto de Villares es de 0,80 l/ s ha.

4.- Estudio Agronómico.

4.1.- Observatorios meteorológicas utilizados.

Para el estudio climatológico de la zona se han utilizado los datos proporcionado por dos estaciones meteorológicas pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología y los datos proporcionados por una estación perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

- Estación meteorológica de Virgen del Camino, observatorio completo cuyas coordenadas son 42° 35'20''N, 5° 38' 58''W y a 916 m sobre el nivel del mar.

- Estación meteorológica de Bustillo del Páramo, observatorio termopluiométrico cuyas coordenadas son 42° 26' 25''N, 5° 47' 27''W y situado a 844 m sobre el nivel del mar.

- Estación meteorológica de Hospital de Órbigo, observatorio con datos referentes a radiación neta, viento, temperaturas y Humedad relativa.

Se han elegido estos observatorios por ser los más próximos a la zona objeto del estudio y por poseer datos climáticos actuales.

Para los observatorios de Virgen del Camino y Bustillo del Páramo se han empleado los datos de los últimos 30 años, considerándose desde 1975 a 2004 para la primera y desde 1976 a 2005 para Bustillo del Páramo. Se han tenido en cuenta los datos proporcionados por el ITAcyl de los años 2002 al 2008 en su aplicación “INFORIEGO” para el caso del observatorio de Hospital de Órbigo.

Para el tratamiento de los datos climatológicos se ha seguido los criterios estipulados por el Reglamento Técnico de la Organización Meteorológica Mundial. Por ello se ha eliminado el año completo si faltaban datos de alguno de los meses, y para el caso de las medias aritméticas se ha eliminando únicamente el mes correspondiente si éste no era significativo.

En el caso de los datos proporcionados por el ITAcyl se ha eliminado el día completo si faltaba alguno de los datos referentes a éste, realizándose después la media aritmética correspondiente.

4.2.- Datos climáticos.

Observatorio de Virgen del Camino

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
T (°C)	3.36	4.91	7.43	8.72	12.23	16.84	19.64	19.50	16.55	11.51	6.92	4.31	10.99
P (mm)	56.07	46.12	34.13	46.00	54.47	34.46	22.89	25.99	41.69	58.22	57.85	73.49	551.42
HR (%)	81.9	75.8	67.3	64.6	62.5	57.7	53.6	55.3	62.6	75.1	80.4	83.5	68.36
V _m (m/s)	4.21	4.94	5.03	5.38	5.02	4.22	4.29	4.29	3.97	4.98	4.79	4.74	4.65
Ins (hr)	4.25	5.21	6.66	7.45	8.15	10.39	11.38	10.40	7.99	5.56	4.62	3.74	7.15
n/N	0.43	0.49	0.54	0.54	0.54	0.66	0.74	0.73	0.62	0.48	0.46	0.40	0.55
Rs (MJ/m ² d)	6.26	11.21	14.20	17.47	21.24	26.98	26.04	22.65	16.58	10.12	7.47	5.62	15.49

Observatorio de Bustillo del Páramo

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
T (°C)	4.06	4.95	8.72	11.68	15.94	23.59	22.62	21.42	19.04	13.02	6.44	4.34	12.98
HR (%)	82.56	65.54	57.29	57.05	52.73	39.60	45.31	52.33	52.40	69.12	74.37	76.11	60.37
V _m (m/s)	2.14	2.47	2.97	3.55	2.89	2.27	2.03	2.15	1.97	2.55	2.16	2.63	2.48
Ins (hr)	6.60	8.86	9.99	11.46	12.65	13.44	13.26	12.19	11.07	8.24	7.24	6.84	10.15
Rn (MJ/m ² d)	1.71	1.88	6.72	10.57	13.26	15.77	15.15	12.27	8.84	4.30	1.94	0.89	7.78
P (mm)	40.31	30.48	23.68	37.49	48.12	26.96	14.19	22.96	34.94	48.61	48.61	55.02	431.35

Observatorio de Hospital del Órbigo

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
T (°C)	2.91	3.90	6.98	9.58	12.92	17.86	18.50	17.75	14.65	10.49	5.59	3.18	10.36
HR (%)	85.13	78.37	71.47	68.27	65.09	62.54	62.55	67.66	68.65	83.61	83.53	83.23	73.34
V _m (m/s)	1.58	1.97	2.47	2.38	2.27	1.66	1.37	1.32	1.16	1.38	1.40	1.58	1.71
Rn (MJ/m ² d)	6.72	10.47	14.88	20.34	23.92	27.03	25.86	23.41	18.35	10.56	7.62	5.75	16.24
P (mm)	22.99	27.97	22.97	33.66	48.60	24.83	13.03	18.97	33.77	61.63	42.49	46.14	399.04

Donde: T → Temperatura media del mes

P → Precipitación media mensual

HR → Humedad relativa

V_m → Velocidad media del viento

Ins → Horas de insolación mensuales

n/N → Porcentaje de insolación mensual

Rs → Radiación global mensual

Rn → Radiación neta mensual

Como se puede observar de los datos climatológicos empleados, el área de estudio se encuentra ubicada en clima continental. Los inviernos son fríos, siendo los meses de diciembre, enero y febrero los más fríos con temperaturas medias de 3.99 °C. Los veranos cálidos, con unas temperaturas medias en los meses de junio, julio y agosto de 19.74 °C. La temperatura media de la zona se encuentra en torno de 11.44 °C.

Las precipitaciones medias de la zona se encuentran en torno de los 479.13 mm/año, con una humedad relativa en torno de 67.35 %. Durante el invierno se producen las mayores precipitaciones, siendo el verano la estación con precipitaciones más bajas.

4.2.- Determinación de las necesidades hídricas.

Según los datos proporcionados por la propia Comunidad de Regantes, en abril de 2009, los cultivos existentes en la zona son los siguientes:

Cultivo	Cereal de invierno	Maíz grano	Remolacha	Patata tardía	Alfalfa	Pradera
% superficie	20	20	24	16	10	10

Para el cálculo de la dotación de riego se ha empleado la misma alternativa de cultivos proporcionada.

4.3.- Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia.

Se ha procedido al cálculo de la ETo por el método de Penman-Monteith-FAO, aplicando la siguiente expresión:

$$ET_o = \frac{\Delta \times R_n + 0.499(e_s - e_a) \times U_2}{2.45(\Delta + 0.06734(1 + 0.332 \times U_2))}$$

Donde: Δ → Pendiente de la curva de presión de vapor en saturación

R_n → Radiación neta

e_s → Presión de vapor en saturación

e_a → Presión de vapor del aire

U_2 → Velocidad del viento

Los resultados obtenidos de evapotranspiración de referencia para las distintas estaciones meteorológicas de Virgen del Camino, Bustillo del Páramo y Hospital de Órbigo Páramo son los expuestos en la tabla siguiente:

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ETo Virgen	22.49	40.89	67.74	83.26	115.71	158.75	182.32	163.43	107.23	58.06	32.02	22.07	1053.97
ETo Bustillo P.	18.62	38.62	74.69	103.54	146.12	202.65	186.90	154.42	112.25	58.64	26.98	21.21	1144.65
ETo Hospita O.	21.39	35.38	67.63	95.13	129.56	155.11	160.00	134.18	90.34	48.79	25.60	18.81	981.93
ETo media	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70	1060.18

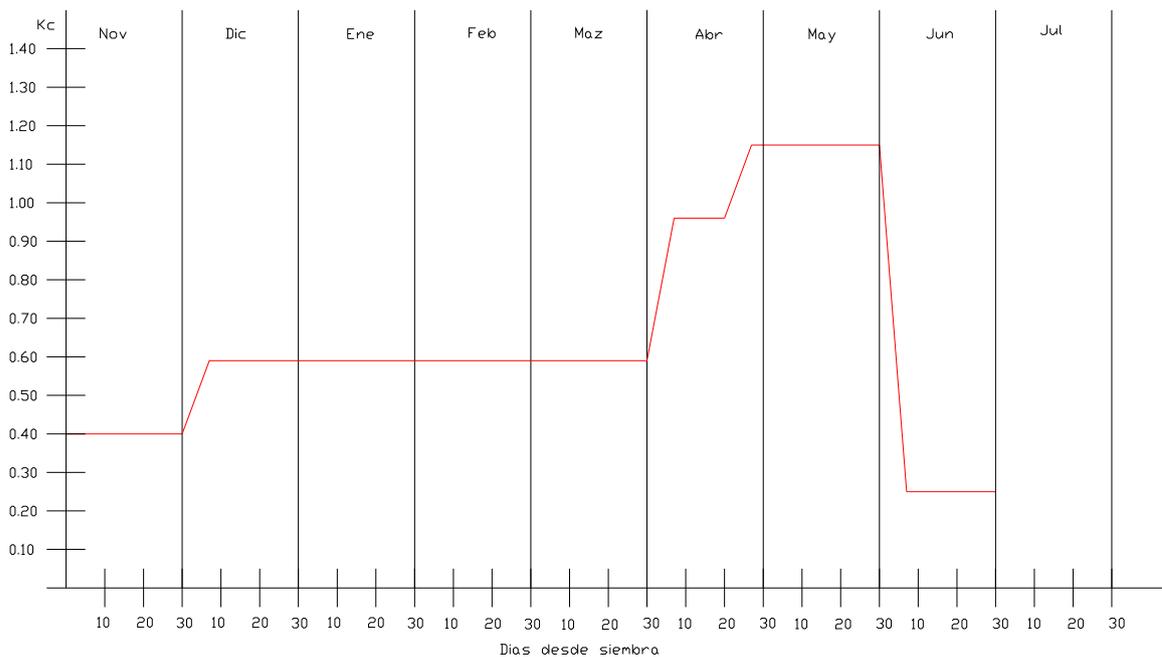
(datos en mm/mes)

4.3.- Coeficiente de cultivo.

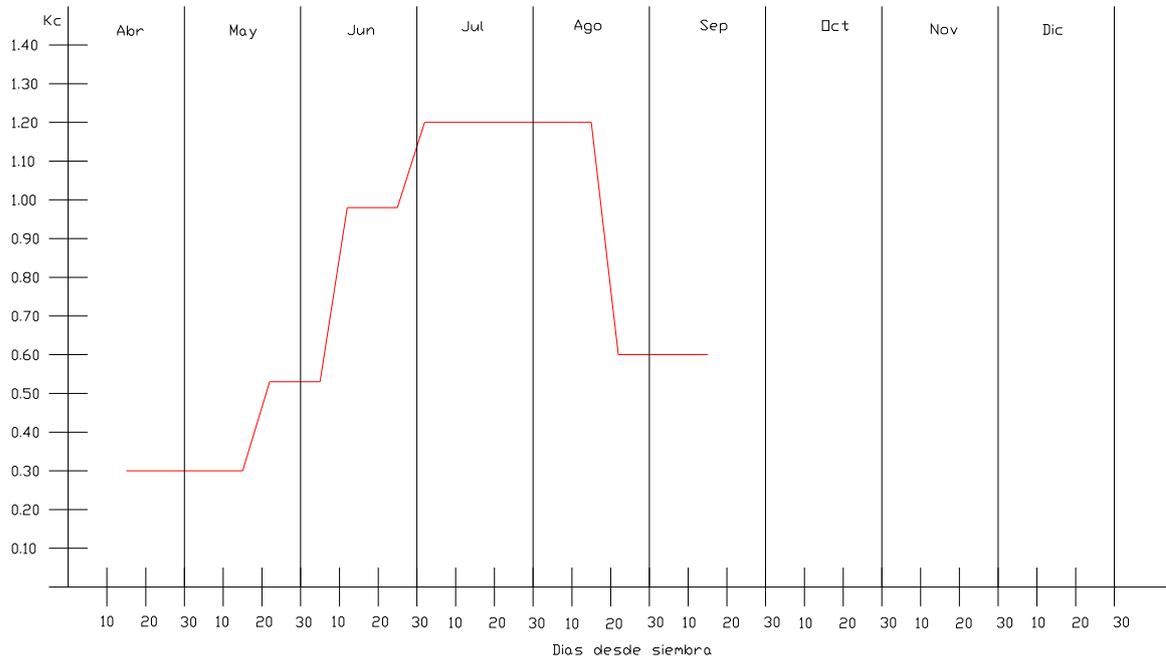
El coeficiente de cultivo (K_c) introduce los efectos propios del cultivo sobre la ET, para ello considera el área foliar, la altura de vegetación, el porcentaje de suelo cubierto, etc.

Los K_c considerados para este estudio son los publicados por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León en su web “INFORIEGO”. Con estos coeficientes y la duración de las fases de desarrollo del cultivo se trazan las curvas de crecimiento de los cultivos que a continuación se exponen:

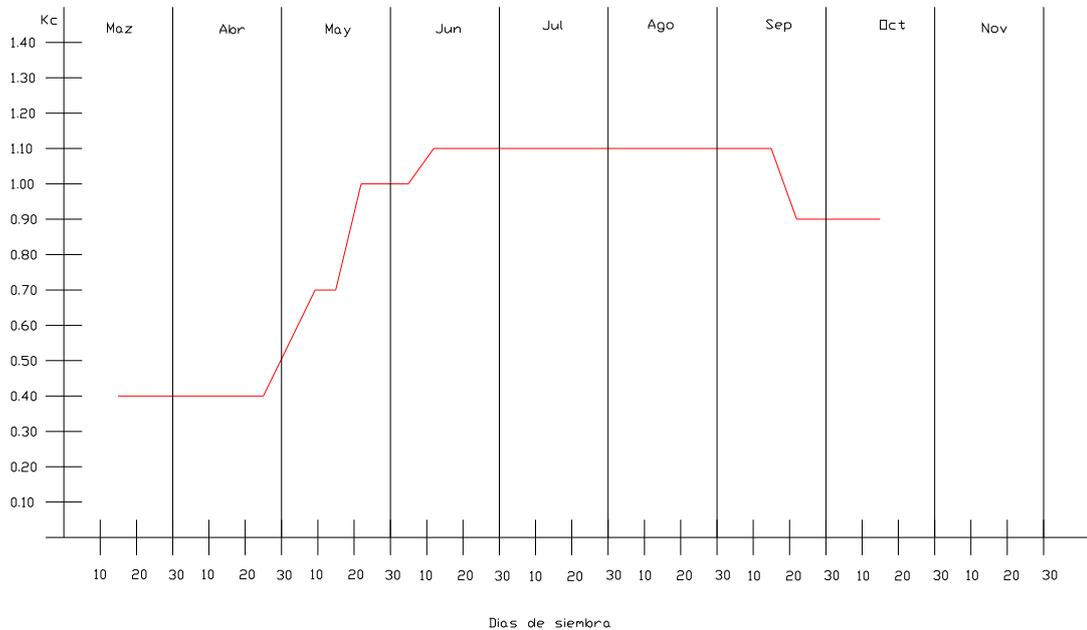
Cereal de invierno



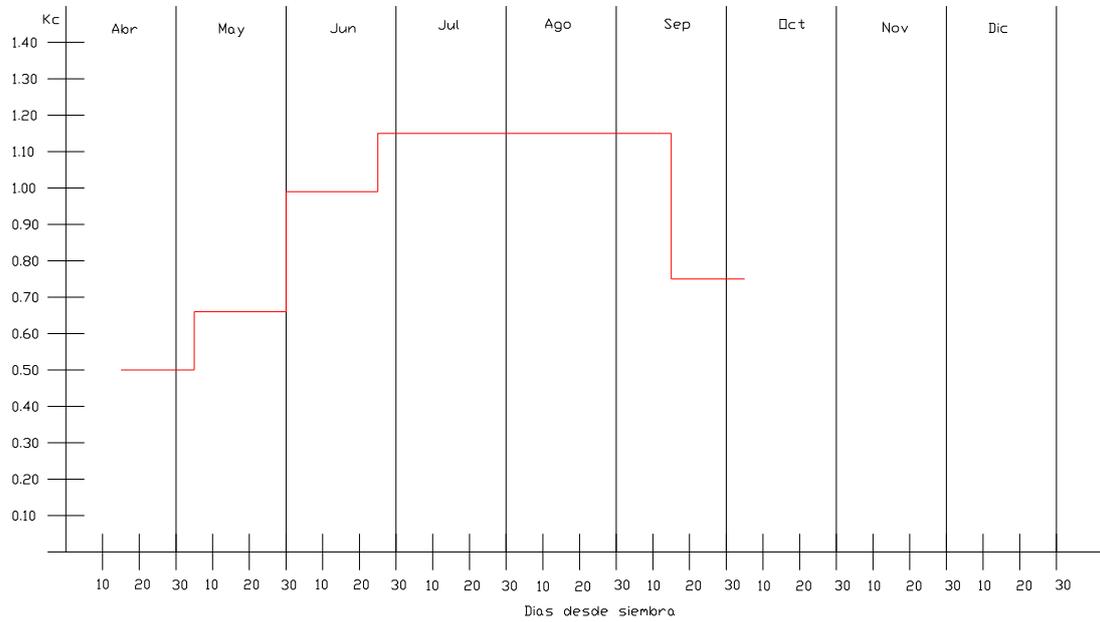
Maiz



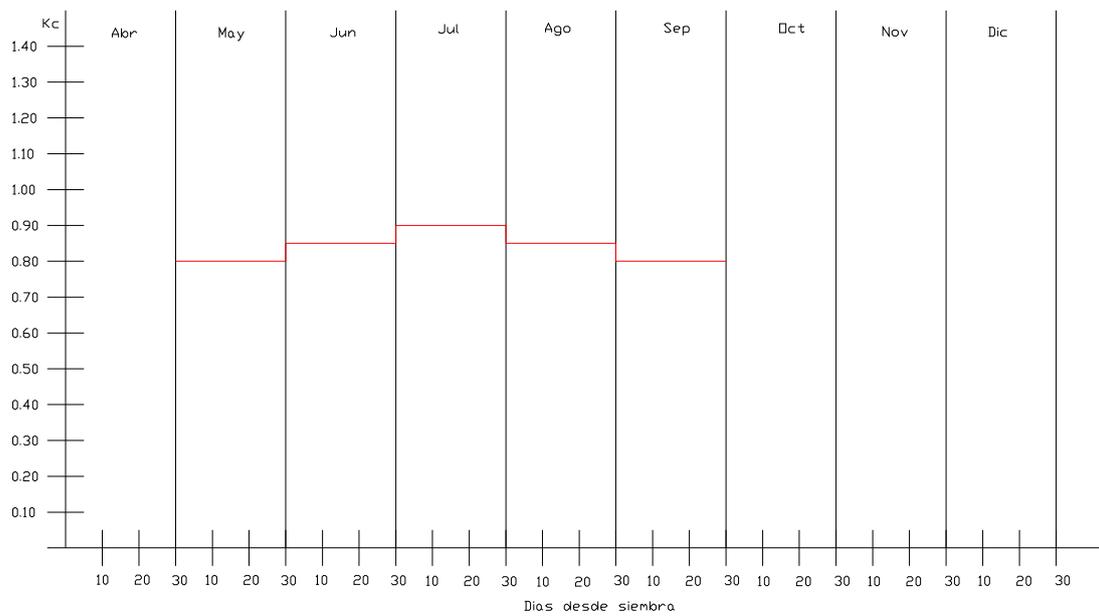
Remolacha



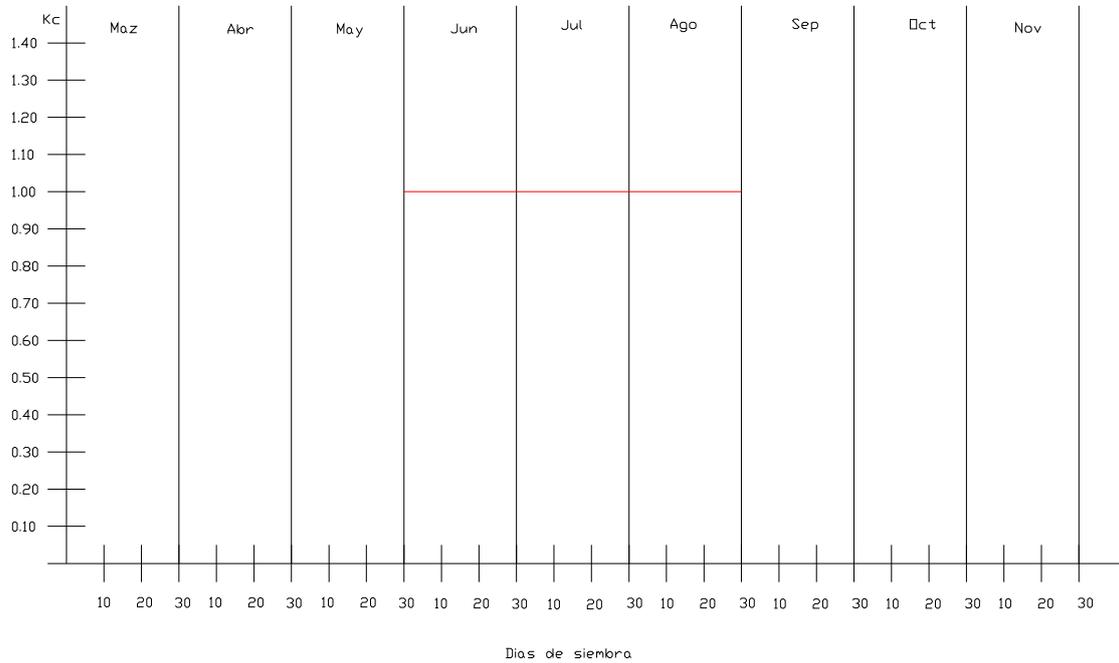
Patata tardía



Alfalfa 5 cortes



Pratenses corte



A partir de las curvas anteriores se han obtenido los K_c de los cultivos para cada mes:

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cereal Inv.	0,59	0,59	0,59	0,96	1,15	0,35					0,40	0,57
Maíz grano				0,30	0,39	0,86	1,20	0,97	0,60			
Remolacha			0,40	0,41	0,78	1,07	1,10	1,10	1,02	0,90		
Patata tardía				0,25	0,63	1,02	1,15	1,15	0,95	0,12		
Alfalfa					0,80	0,85	0,90	0,85	0,80			
Pradera						1,00	1,00	1,00				

4.4.- Cálculo de la evapotranspiración del cultivo.

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) es el resultado de modificar la ET_o en función de la K_c .

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Cultivo de Cereal de invierno

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET_o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K_c	0.59	0.59	0.59	0.96	1.15	0.35					0.40	0.57
ET_c	12.29	22.59	41.31	90.22	150.03	60.26					11.28	11.80

Cultivo de Maíz grano

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET_o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K_c				0.30	0.39	0.86	1.20	0.97	0.60			
ET_c				28.19	50.88	148.06	211.69	146.15	61.96			

Cultivo de Remolacha

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET_o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K_c			0.40	0.41	0.78	1.07	1.10	1.10	1.02	0.90		
ET_c			28.01	38.53	101.76	184.22	194.05	165.74	105.34	49.65		

Cultivo de Patata tardía

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET_o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K_c				0.25	0.63	1.02	1.15	1.15	0.95	0.12		
ET_c				23.49	82.19	175.61	202.87	173.27	98.11	6.62		

Cultivo de Alfalfa

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET _o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K _c					0.80	0.85	0.90	0.85	0.80			
ET _c					104.37	146.34	158.77	128.07	82.62			

Cultivo de Pratenses¹

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET _o	20.84	38.30	70.02	93.97	130.46	172.17	176.41	150.67	103.27	55.16	28.20	20.70
K _c						1.00	1.00	1.00				
ET _c						172.17	176.41	150.67				

¹ - Se considera que en el momento del corte la K_c es 1, aunque debiera de ser un único corte se deja abierto estimando que se produce a lo largo del verano.

4.5.- Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.

Para el balance hídrico se han utilizado los datos de ET_c anteriores y la media de las precipitaciones medias mensuales de los observatorios de Bustillo del Páramo y Hospital de Órbigo por ser los más próximos a la zona de estudio, ya que las precipitaciones son un dato con mucha variabilidad en el espacio.

Para ello se ha calculado la precipitación efectiva o útil (P_e) que es la precipitación no perdida por escorrentía o percolación, es decir, la cantidad de precipitación que queda retenida por el suelo.

Para su cálculo se ha empleado el método del Bureau of Reclamation de Estados Unidos.

Por ello se ha calculado la P_e para una P < 250 mm como:

$$P_e = \frac{125 - 0.2P}{125} \times P$$

	Ene	Feb	Maz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P _{Bustillo P.} (mm)	40.31	30.48	23.68	37.49	48.12	26.96	14.19	22.96	34.94	48.61	48.61	55.02	431.35
P _{Hospital Órb.} (mm)	22.99	27.97	22.97	33.66	48.60	24.83	13.03	18.97	33.77	61.63	42.49	46.14	399.04
P _{e B.P.} (mm)	37.71	28.99	22.79	35.24	44.41	25.80	13.87	22.18	32.98	44.83	44.83	50.17	403.73
P _{e H.O.} (mm)	23.99	26.72	22.18	31.84	44.82	23.84	12.75	18.40	31.95	55.55	39.60	42.74	374.33
P _{e media} (mm)	30.85	27.86	22.46	33.54	44.62	24.82	13.31	20.26	32.46	50.19	42.21	46.45	389.03

Las necesidades hídricas netas (NH_n) se ha obtenido por la diferencia entre la ET del cultivo considerado y el agua aportado por la lluvia (P_e) o extraída por el suelo (CAS).

$$NH_n = ET - P_e - (-\Delta CAS)$$

Se ha considerado una eficiencia de aplicación del 80%, que es la correspondiente a riego por aspersión.

Las necesidades hídricas de los cultivos, así como de la dosis de riego quedan reflejadas en las tablas siguientes:

Cereal de invierno

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc	0,59	0,59	0,59	0,96	1,15	0,35					0,40	0,57	
ETc	12,3	22,6	41,3	90,2	150,0	60,3					11,3	11,8	
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	18,55	5,26					13,31	20,26	32,46	50,19	30,93	34,65	
NEC DE RIEGO			18,86	56,67	105,42	35,44							216,38
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)			23,57	70,84	131,77	44,30							270,48

Maíz grano

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc				0,30	0,39	0,86	1,20	0,97	0,60				
ETc				28,2	50,9	148,1	211,7	146,2	62,0				
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	30,85	27,86	22,46	5,35						50,19	42,21	46,45	
NEC DE RIEGO					6,26	123,24	198,38	125,90	29,50				483,28
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)					7,83	154,05	247,98	157,37	36,87				604,11

Remolacha

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc			0,40	0,41	0,78	1,07	1,10	1,10	1,02	0,90			
ETc			28,0	38,5	101,8	184,2	194,1	165,7	105,3	49,6			
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	30,85	27,86								0,54	42,21	46,45	
NEC DE RIEGO			5,55	4,99	57,14	159,40	180,74	145,49	72,87				626,18
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)			6,94	6,23	71,43	199,25	225,92	181,86	91,09				782,73

Patata tardía

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc				0,25	0,63	1,02	1,15	1,15	0,95	0,12			
ETc				23,5	82,2	175,6	202,9	173,3	98,1	6,6			
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	30,85	27,86	22,46	10,05						43,57	42,21	46,45	
NEC DE RIEGO					37,57	150,79	189,56	153,02	65,65				596,59
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)					46,97	188,49	236,95	191,27	82,06				745,74

Alfalfa

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc					0,80	0,85	0,90	0,85	0,80				
ETc					104,4	146,3	158,8	128,1	82,6				
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	30,85	27,86	22,46	33,54						50,19	42,21	46,45	
NEC DE RIEGO					59,75	121,52	145,46	107,82	50,15				484,70
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)					74,69	151,90	181,82	134,77	62,69				605,88

Pradera

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
ET0: Virgen del C.	22,49	40,89	67,74	83,26	115,71	158,75	182,32	163,43	107,23	58,06	32,02	22,07	1.053,96
ET0: Bustillo del P.	18,62	38,62	74,69	103,54	146,12	202,65	186,90	154,42	112,25	58,64	26,98	21,21	1.144,65
ET0: Hospital de Ó.	21,39	35,38	67,63	95,13	129,56	155,11	160,00	134,18	90,34	48,79	25,60	18,81	981,93
Media ET0	20,84	38,30	70,02	93,97	130,46	172,17	176,41	150,67	103,27	55,16	28,20	20,70	1.060,18
Kc						1,00	1,00	1,00					
ETc						172,2	176,4	150,7					
Precip. Bustillo P.	40,31	30,48	23,68	37,49	48,12	26,96	14,19	22,96	34,94	48,61	48,61	55,02	431,35
Precip. Hospital Ó.	24,99	27,97	22,97	33,66	48,60	24,83	13,03	18,97	33,77	61,63	42,49	46,14	399,04
Precip efect. Bustillo P.	37,71	28,99	22,79	35,24	44,41	25,80	13,87	22,12	32,98	44,83	44,83	50,17	403,73
Precip efect. Hospital Ó.	23,99	26,72	22,13	31,84	44,82	23,84	12,76	18,40	31,95	55,55	39,60	42,74	374,33
Precip efect. Media	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62	24,82	13,31	20,26	32,46	50,19	42,21	46,45	389,03
RESERVA	30,85	27,86	22,46	33,54	44,62				32,46	50,19	42,21	46,45	
NEC DE RIEGO						147,35	163,10	130,42					440,86
DOSIS ASPERSIÓN (0,80)						184,18	203,87	163,02					551,08

Tabla resumen de consumos

CULTIVOS / MESES	%	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Cereal de invierno	20			23.57	70.84	131.77	44.30							270.48
Maíz grano	20					7.83	154.05	247.98	157.37	36.87				604.11
Remolacha	24			6.94	6.23	71.43	199.25	225.92	181.86	91.09				782.73
Patata tardía	16					46.97	188.49	236.95	191.27	82.06				745.74
Alfalfa	10					74.69	151.90	181.82	134.77	62.69				605.88
Pradera	10						184.18	203.87	163.02					551.08
Necesidades Alternativa				5.10	12.53	48.04	121.00	141.84	108.40	38.90				475.81
Dosis de riego (E=0,8)				6.38	15.66	60.05	151.25	177.30	135.50	48.63				594.76

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior se observa que el mes de máximas necesidades hídricas de los cultivos es julio. Por ello se tiene en cuenta éste mes para el cálculo del caudal ficticio continuo (q_{fc}).

El caudal ficticio continuo se expresa como:

$$q_{fc} = \frac{NAR \times 1000}{24 \times 3600 \times 31}$$

Para la alternativa propuesta: $q_{fc} = 0.673 \text{ l x seg/ha}$

Para el cálculo de la dotación de riego se ha considerado una jornada efectiva de riego de 6 días a la semana y 16 horas al día, con el fin de intentar adecuar dicha jornada a las actuales tarifas eléctricas y evitando el bombeo de agua en períodos P1.

Por lo tanto la dotación de riego, para la alternativa propuesta es la siguiente:

$$\text{Dotación} = \frac{q_{fc} \times 24 \times 7}{16 \times 6} = 1.178 \text{ l x seg/ha}$$

Para la alternativa propuesta: Dotación = 1.178 l x seg/ha

Como se puede observar la dotación de riego es superior a la concesión de agua de que dispone dicha CCRR por lo que se hace necesaria la construcción de balsas de acumulación y regulación de agua. Necesidad que se estima conveniente también para la mejor optimización y adecuación de los riegos a las tarifas eléctricas más convenientes.

5.- Alternativas consideradas.

5.1.- Consideraciones previas.

Con el fin de elegir la alternativa más adecuada se ha realizado un análisis atendiendo a criterios técnicos y económicos de las diferentes alternativas propuestas; buscándose, desde el punto de vista económico un óptimo entre el coste de la instalación y el coste de explotación por el gasto energético en su uso; eligiéndose la que da los resultados más favorables desde el punto de vista de la explotación posterior por parte de los agricultores. Desde el punto de vista técnico, se pretende la adecuación del trazado de la red de tuberías a la orografía de la zona, tratando de minimizar los tramos de elevación de agua, diseñando ramales en los que se busca un sentido descendente del flujo del agua con el fin de la definición de una red hidráulica en la que se disminuyan lo más posible las pérdidas de carga, consiguiéndose con ello una optimización de los costes energéticos de todo el sistema.

En función de los diferentes planteamientos de la red, con distintas ubicaciones de balsas y estaciones de bombeo, se consideran 10 alternativas posibles.

Para el estudio de las diferentes alternativas a considerar se ha partido de las siguientes características:

Superficie Bruta (has)	Superficie Neta (has)	Nº de Agrupaciones	Superficie media por agrupación (has)
2.567,85	2.260	368	6,14

En todas las alternativas planteadas se considera una red enterrada y ramificada de tuberías principales y secundarias hasta toma de hidrante para el abastecimiento de las agrupaciones de riego; que tienen, en todos los casos una superficie media de 6.14 has y máxima de 10 has. Por éste motivo se considera suficiente hidrantes de 4”.

Uno de los condicionantes para la obtención de superficies de riego tan bajas es la alta fragmentación de la propiedad en la zona, oscilando ésta en torno de 0,5 has de superficie y no superando en ningún caso las 7 has, como se indicó en el apartado 3.2. Esto origina un encarecimiento de la infraestructura, independientemente de la alternativa que resulte más económica. Por ello, con el fin del abaratamiento de la instalación y la simplificación de la red de riego se considera necesario y se recomienda la reconcentración parcelaria como fase previa a una modernización del regadío de la zona objeto de éste estudio con un sistema de las características consideradas.

El trazado de las distintas redes de riego responde a una configuración ramificada, realizándose fundamentalmente en base al criterio de ir paralelo a la red de caminos existentes, corrigiendo su trazado de manera excepcional para evitar cambios bruscos de dirección, y por las lindes de las agrupaciones.

5.2.- Zonas excluidas.

A la hora de la elaboración de las unidades de riego o masas dominadas por un único hidrante se han excluido las áreas abarcadas por núcleos urbanos, infraestructuras, masas de agua y terrenos con usos de suelo o condicionantes medioambientales contrarios al uso agrario.

5.3.- Modalidad de riego.

El sistema de riego previsto en la zona es el riego por aspersión “a la demanda ordenada”. Es un sistema de riego moderno y acorde con las actuales tendencias de ahorro de agua y uso racional de la misma.

En éste tipo de riego colectivo “a la demanda ordenada” la única limitación que tendrá el agricultor para el uso del agua será la impuesta por su propio hidrante (umbrales máximos de caudal y presión disponible), teniendo libertad para elegir su horario de riego.

5.4.- Unidades de riego.

La superficie regable se ha dividido en agrupaciones o unidades de riego constituidas por conjuntos de fincas de riego que se encuentran dominadas por una única toma de riego y, por tanto, con una presión y gasto controlados.

A la hora de establecer las unidades de riego se pretende conseguir superficies regulares y uniformes, adaptándolas a las características físicas del terreno y a las limitaciones impuestas en el estudio.

Por ello, una vez analizada la estructura y distribución de la propiedad en la zona de estudio se considera como solución más viable la agrupación de las fincas para crear unidades de riego con una superficie media

En cada unidad de riego se ha colocado un hidrante de riego. El criterio para la elección del punto donde se ubicará el hidrante ha sido el de colocarlo, siempre que fuera posible, en el punto más alto de la unidad de riego y al lado de un camino, carretera o servidumbre para facilitar su manejo y mantenimiento.

5.5.- Red de distribución.

En el diseño de la red se ha considerado la posibilidad de instaurar como sistema de riego en parcela los Pivotes o Alas de avance frontal, aunque el sistema de riego adoptado es el de aspersión a “la demanda” por bombeo directo.

La red de distribución de cada sector parte desde la estación de bombeo o desde la balsa, en función de la alternativa considerada y a través de la conducción principal se transporta el agua hasta los hidrantes de las unidades de riego.

El trazado de los ramales secundarios se ha realizado procurando que las alineaciones sean lo más rectas posibles y discurriendo paralelamente a los caminos de servicio existentes o servidumbre creadas para tal fin, con objeto de facilitar tanto la instalación de tuberías como su posterior mantenimiento.

El hidrante de la unidad de riego estará formado por una arqueta prefabricada de hormigón en la que se aloja:

- Derivación en T desde la red de distribución.
- Llave de compuerta.
- Filtro cazapiedras.
- Válvula hidráulica reductora de caudal y presión.
- Contador con medidor de impulsos.
- Ventosa/purgador de 1”.
- Equipo de telegestión.

5.6.- Descripción de las alternativas.

A continuación se procede a la descripción de las 10 alternativas estudiadas, éstas son:

- **Alternativa 1.** En éste caso se considera la ubicación de una balsa de regulación en el tramo anterior al salto de agua que existe en el canal, a cota 823 m snm de fondo de balsa. Se plantea la ejecución de una balsa con capacidad de almacenamiento de toda la concesión disponible del canal durante las 24 horas diarias. Se ubica una estación de bombeo cercana a la balsa, en cota 820 m snm, con una tubería de abastecimiento de 147 m lineales con doble tubería de fundición de DN 900. Mediante ésta se realiza un bombeo directo a la red de 75,414 km con un bombeo de 2987 KW a 69 mca.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa y la capacidad de la balsa serían los siguientes:

Entradas de agua

Dotación del canal: $0,8 \text{ l/s ha} \times 2.301 \text{ ha} = 1.840,80 \text{ l/s} = 6.626,88 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} = 159.045,12 \text{ m}^3$

La capacidad máxima de entrada de agua desde el canal diariamente sería de 159.045 m^3 .

Salidas de agua

Considerando el momento de máxima demanda de agua en una campaña de riego, que sería cuando se esté demandando toda la dotación calculada anteriormente durante las 16 horas consideradas el volumen necesario de agua sería de:

$1,178 \text{ l/s ha} \times 2.301 \text{ ha} = 2.710,58 \text{ l/s} = 9.758,08 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} = 156.129,29 \text{ m}^3$

La máxima demanda de salidas de agua diarias sería de 156.129,29 m³.

Considerando éste flujo de agua se dispondría de una balsa de una capacidad aproximada entorno de 164.000 m³, dejando los 7.871 m³ restantes de margen para la decantación de finos.

● **Alternativa 2.** En éste caso el planteamiento es el mismo que en la alternativa nº 1; es decir, una balsa y un bombeo directo a red en la misma ubicación y cotas que para el caso anterior. La balsa se sitúa en el punto del salto de agua a cota 823 m y con un bombeo de 2962 KW y 68 mca a una red de 75,43 km.

Sin embargo, se plantea un uso mixto de cara al abastecimiento de agua tanto del canal como de una balsa de acumulación. Puesto que se necesita mayor volumen de agua del que se obtiene del canal en 16 horas, se dispondría de una balsa de acumulación para el agua a disponer del canal en las 8 horas restantes que no se está bombeando agua a la red de riego. De esta manera se realizaría un bombeo directo a la red desde el Canal de Villares pero complementándolo con una pequeña balsa de acumulación de agua que abastecería del resto de agua necesaria. La capacidad de ésta balsa sería de:

Capacidad balsa acumulación: $0,8 \text{ l/s ha} \times 2.301 \text{ has} = 1.840,80 \text{ l/s} = 6.626,88 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h} = 53.015,04 \text{ m}^3$.

Incrementando dicha capacidad en un 5 % en concepto de margen de seguridad, se dispondría de una balsa de acumulación de 55.000 m³ para complementar el abastecimiento de agua de un bombeo directo desde el Canal. Por ello a la estación de bombeo se dispondría una tubería de abastecimiento de fundición de DN 1000 de 147 metros de longitud y un canal de la misma slongitud y de sección 1.5x2.5 m lineales.

● **Alternativa 3.** Se plantea el uso de una balsa de regulación en el punto del salto de agua con la misma capacidad y cota que para el caso de la alternativa nº 1; o sea, de 164.000 m³ a cota 823 m snm. Sin embargo, en éste caso se plantea la división de la zona regable en 2 subsectores de riego con 2 redes de riego independientes mediante bombeo directo desde la balsa de regulación. Una primera red de 28,66 km y una segunda de 46,42 km. El subsector A comprendería desde el inicio de la zona regable en Villares de Órbigo hasta la travesía de las vías del tren por la zona regable, con una superficie de riego de 760 has. El subsector B abarcaría desde la parte inferior de dicha travesía hasta el límite inferior de la zona regable situado próximo al municipio de Garaballes, con una superficie de riego d 1500 has.

La estación de bombeo del subsector A se dispondría a cota 820 m snm, próxima a la balsa de acumulación, con una potencia de bombeo de 1111 KW a una altura de 70.40 mca y con una tubería de abastecimiento de fundición de DN 1100 de 147 metros. La estación de bombeo del subsector B se ubicaría en cota 806 m snm, abasteciéndose desde la misma balsa que la anterior mediante tubería de abastecimiento de PRFV de DN 1500 y una longitud de 2817 m y con una potencia de bombeo de 1138 KW a una altura de bombeo de 36.34 mca.

● **Alternativa 4.** El planteamiento considerado en ésta alternativa es el mismo que para el caso nº 3 pero ubicando la estación de bombeo del subsector B en el tronco de la tubería principal de dicha sub-red a cota 804 m snm. En éste caso la tubería de abastecimiento de la estación de bombeo del subsector B sería de PRFV DN 1500 con una longitud de 3118 m y un bombeo de 1138 KW de potencia de y 39.03 mca de altura manométrica.

El subsector A compuesto por un bombeo directo desde balsa de regulación común para ambos subsectores de 164.000 m³ y con un bombeo de 1111 KW y 70.40 mca. Abastecido por una tubería de fundición de DN 1100.

● **Alternativa 5.** En éste caso se dispone de una balsa de regulación de agua ubicada en el mismo punto que para los casos anteriores; es decir, en el salto de agua a cota 820 m snm y con una capacidad de 164.000 m³. Ésta tiene la finalidad de almacenar el agua necesaria para un día de riego. Por la noche, dentro del periodo de tarificación eléctrica P6 que es el más económico, se bombearía agua a una balsa de acumulación ubicada en lo alto de un promontorio a cota 896 m snm de fondo de balsa. Y, desde ésta, se abastece la única red de riego de 77,06 km de longitud total, que por gravedad alcanza la presión de consigna establecida en hidrante.

La elevación del agua a la balsa 2 se realizaría mediante un bombeo de 8 horas, con el fin de agotar todo el período P6 y así bombear en el periodo más económico. De ésta forma el caudal de agua a bombear sería:

$$\frac{164000m^3}{8h} = 20500m^3/h = 5.69m^3/s$$

La altura geométrica de bombeo sería de 896 – 823 m = 73 m

La longitud de la tubería de impulsión del agua a la balsa de regulación sería de 2383 m, estando formada por 2 tuberías paralelas de PRFV de DN 1400. Desde la balsa a la red de riego habría una tubería de enlace de 1409 ml de PRFV DN 1600.

La potencia de bombeo resultante es de 6.295 KW a 79,20 mca.

Con respecto a la cubicación de las balsas; la balsa nº 1, la situada en el punto de alimentación del canal, se cubicaría considerando 16 horas de llenado, puesto que las 8 horas restantes se estarían combinando el llenado de la misma con su vaciado mediante la elevación al cerro. Por lo tanto la capacidad de la balsa sería la siguiente:

$$\text{Dotación del canal: } 0,8 \text{ l/s ha} \times 2.301 \text{ ha} = 1.840,80 \text{ l/s} = 6.626,88 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} = 106.030,08 \text{ m}^3$$

Incrementando dicha capacidad en un 5 % en concepto de margen de seguridad, se dispondría de una balsa de acumulación de 111.330 m³.

Con el fin de facilitar la operatividad del riego al personal de la CCRR, en el cerro de dispondría de una balsa con la capacidad de acumulación diaria total, es decir de 164.000 m³.

● **Alternativa 6.** Consiste en un planteamiento análogo al de la alternativa 5, con el mismo grupo de bombeo de elevación a una balsa ubicada en lo alto del cerro. La diferencia radica en la red de riego, en éste caso se dividiría la zona regable nuevamente en 2 subzonas que se abastecerían por 2 redes de riego independientes alimentadas desde la balsa nº 2 (la ubicada en el cerro).

Por ello la balsa nº2 se alimentaría por una doble tubería de abastecimiento de DN 1400 de PRFV con una longitud de 2383 m. Desde la balsa nº 2 partirían 2 tuberías de enlace con sendas redes de riego. A la red de la subzona A saldría un enlace con tubería de DN 1000 de PRFV de 1384 m para abastecer una red de riego de 30,22 km. A la red de la subzona B partiría un enlace con tubería de DN 1400 de PRFV de 1643 m para abastecer una red de riego de 49,02 km.

El bombeo para elevar el agua a la balsa nº2 sería de 6295 kW a una altura manométrica de 79,20 mca.

● **Alternativa 7.** En éste caso la red se divide en 2 sub redes independientes. Una primera, la subred A de 28,66 km de longitud y una sub red B de 49,02 km. Se dispone de 2 balsas, una primera balsa ubicada en el punto anterior al salto de agua a cota 823 msn de fondo de balsa con capacidad para 164.000 m³; y una segunda, ubicada en lo alto del cerro

estudiado en la alternativa nº 5 y 6 a cota 860 msn de fondo de balsa y con una capacidad de almacenamiento de agua calculada a continuación:

Superficie regable de la sub-red B es de 1.521 has, por lo que el caudal de agua a bombear a la balsa y la capacidad de dicha balsa sería de:

Capacidad de la balsa

$$\text{Demanda de riego: } 1,178 \text{ l/s ha} \times 1.521 \text{ ha} = 1.791,74 \text{ l/s} = 6.450,26 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \\ = 103.204,16 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona B de 108.000 m³ de capacidad, en torno de un 5 % más del volumen obtenido.

El planteamiento de ésta alternativa consiste en regar la subzona A mediante un bombeo ubicado próximo a la balsa nº 1, con potencia de bombeo de 1111 kW y altura de 70,40 mca y desde dicha estación ubicar otro bombeo para elevar el agua en 8 horas a la balsa nº 2, mediante la cual se abastece la red de la subzona B por gravedad. La potencia de éste segundo bombeo sería de 2101 kW a una altura de 40,74 mca.

Para el abastecimiento del bombeo de la subred A se ejecutaría una tubería de abastecimiento de fundición de DN 1100 con una longitud total de 147 ml. En el caso de la subred B se dispondría de un abastecimiento de 1982 ml de tubería de PRFV de DN 2000 que llegaría hasta la balsa y de 1766 ml de PRFV DN 1400 desde la balsa a la red de riego.

● **Alternativa 8.** En éste caso se vuelve a dividir la zona regable en dos subzonas con 2 redes de riego independientes. La red de riego de la subzona A compuesto por un bombeo directo desde balsa de regulación única para dicha subzona, que dominaría ahora 780,25 has y una red de riego de 28,62 km. Luego la capacidad de la balsa sería la siguiente:

Capacidad de la balsa

$$\text{Demanda de riego: } 1,178 \text{ l/s ha} \times 780,25 \text{ ha} = 919,13 \text{ l/s} = 3.308,87 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \\ = 52.941,92 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona A de 55.000 m³ de capacidad.

El bombeo tendría una potencia de 1111 KW con una altura de 70,34 mca, que bombearía a una red de riego de 28,62 km. Para ello se dispone una tubería de abastecimiento desde la balsa al bombeo de 147 ml y fundición de DN 1100.

La red de riego de la subzona B estaría compuesta por una segunda balsa situada en un pequeño promontorio cercano al Canal. Se ubicaría un bombeo próximo al canal desde el cual se bombearía agua a dicha balsa situada en lo alto del promontorio, a cota de fondo de balsa de 820 m snm. La cota de aspiración en solera de canal sería de 804 m snm, por lo que la altura manométrica de éste primer bombeo sería de 16,63 m y una potencia de bombeo de 598 KW.

La subzona B, tendría una superficie regable de 1.521 has, por lo que el caudal de agua a bombear a la balsa y la capacidad de dicha balsa sería de:

Capacidad de la balsa

$$\text{Demanda de riego: } 1,178 \text{ l/s ha} \times 1.521 \text{ ha} = 1.791,74 \text{ l/s} = 6.450,26 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \\ = 103.204,16 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona B de 108.000 m³ de capacidad, en torno de un 5 % más del volumen obtenido.

Se dispondría de una tubería de impulsión a la balsa de 1.080 m de longitud de PRFV DN 1800. Desde la balsa se procedería al riego de las 1.521 has mediante una red de riego de 46,39 km con un segundo bombeo para compensar la deficiencia de cota

necesaria. La potencia del segundo bombeo sería de 1254 KW a una altura de 42,97 mca con una tubería de enlace a la red de riego de 982 metros lineales de PRFV DN 1600.

● **Alternativa 9.** En ésta, se plantea nuevamente subzonas con 2 redes de riego independientes. La red de la subzona A sería la misma que en el caso de la alternativa nº 8 y la red de la subzona B estaría constituida por una balsa de 108.000 m³ con cota de fondo de balsa de 802 m snm. Ésta balsa se vería nutrida de agua por gravedad a través del canal sin el requerimiento de ningún aporte externo de energía. De ésta balsa partiría una red presurizada gracias a un bombeo próximo a la misma.

La subred A tendría un bombeo directo a red de 1111 kW de potencia a 70,40 mca. Se dispondría de una tubería de aspiración de 147 ml de fundición DN 1100. La red de riego tendría 28,62 km.

La subred B tendría un bombeo directo a red de 1727 kW de potencia a 59,21 mca. Se dispondría de una tubería de aspiración de 273 ml de fundición DN 1500. La red de riego tendría 46,42 km.

● **Alternativa 10.** Por último, en éste caso se plantea la misma filosofía que para el caso de la alternativa nº 1, una única red de riego con bombeo directo a red pero ubicando la balsa de acumulación en cabecera de la zona regable. Con cota de fondo de balsa de 828 m snm, cota más alta que para el caso de la alternativa nº 1. La estación de bombeo con una potencia de 2793 kW a una altura manométrica de 64,55 mca. Se dispondría de una red de 75,45 km y unadoble tubería de abastecimiento de 147 ml DN 900 de fundición

A continuación se adjunta plano esquemático de las distintas alternativas consideradas.

5.7.- Criterios de optimización.

Para el dimensionado y optimización de la red se emplea el programa informático *Gestar 2008*, desarrollado por el Área de Mecánica de Fluidos de la Universidad Zaragoza. Se utiliza la optimización directa de redes alimentadas por un bombeo directo con altura manométrica desconocida, en la que el cómputo del consumo de la energía se realiza mediante el uso de una expresión simplificada que utiliza valores medios de rendimiento de la estación de bombeo y supone curvas de consigna planas con altura de alimentación constante e igual al valor de diseño. De esta forma la expresión resultante es:

$$CES_{kwh} = \frac{\gamma x V}{1000 x 3600 x \eta_p} x H_d$$

donde, γ es el peso específico del agua

V el volumen consumido en la campaña de riego

H_d la altura de diseño

Para el cálculo de las pérdidas de carga, se emplea la formulación de Hazen Williams + régimen laminar; esto es, en términos generales se emplea la formulación de Hazen Williams, expresada de la siguiente manera:

$$V = 0,355 C_H D^{0,63} (\Delta H/L)^{0,54} \text{ que equivale a } \Delta H/L = \frac{10,376 Q^{1,85}}{C_H^{1,85} D^{4,86}}$$

En el caso en el que el $Re < 2000$, se efectúan los cálculos como Laminar, esto supone que se emplee la formulación de *Darcy-Weisbach* para el cálculo de pérdidas pero con $\lambda = 64/Re$. Empleándose para ello la siguiente expresión:

$$\Delta H = \lambda (Re, \varepsilon) \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{con} \quad \lambda^{-1/2} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right), \quad e = rug/D$$

Para el cálculo de los caudales circulantes en cada tramo se emplea la primera fórmula de Clement. Ésta considera que dentro de una población de R hidrantes, el número de hidrantes abiertos de forma simultánea sigue una distribución binómica.

El cálculo de los caudales se realiza aplicando la fórmula:

$$Q = \sum p \cdot q_D + U \cdot \sqrt{\sum p \cdot (1-p) \cdot q_D^2}$$

Siendo:

Q = caudal de Clement en cada tramo

q_D = dotación suministrada por hidrante

p = probabilidad de funcionamiento de la toma

El valor de p es:

$$p = \frac{q_f \cdot S}{q_D}$$

S = superficie servida

q_f = caudal ficticio continuo

U = coeficiente variable en función de la garantía de suministro establecida

La **probabilidad de funcionamiento de la red** (p) se define como el cociente entre el número de horas/día que se tendría que tener abierto el hidrante en el periodo de máximo consumo para suministrar la dotación diaria precisa y el número de horas/día en que está capacitada para transportar la dotación diaria.

La **garantía de suministro** es el valor, en %, de la probabilidad estadística de que los caudales circulantes por la red, durante el periodo punta de consumo, no superen a los de diseño. La garantía de suministro es variable en función del nivel de calidad que se quiera dar al dimensionado de la red, en general superior al 90%.

Para éste caso se considera una garantía global de suministro del 95 %, independientemente del número de hidrantes abiertos.

5.8.- Datos de partida.

Para el dimensionamiento de las diferentes redes que componen éste estudio, primeramente se ha definido las agrupaciones de riego, la disposición de los hidrantes y las dotaciones de riego. Posteriormente se define la tipología de la red por sus nudos y cotas, marcando las trazas de las tuberías en planta y estableciéndose posteriormente el rango de diámetros disponible así como los parámetros de cálculo definidos a continuación.

Calculada la red se optimiza los resultados de diámetros, timbraje de tuberías, velocidad del agua, pérdida de carga y presiones, así como un desglose del coste de la tubería incluido en el “*Anexo II.- Datos económicos de las redes de riego*”. También se calcula la altura manométrica de bombeo para la cual los costes de la instalación más los costes energéticos de bombeo se hacen más óptimos.

Los datos de los que se parte de cara al cálculo de las diferentes alternativas se indican a continuación.

5.8.1.- Dotación de riego y caudales por hidrante.

Para el cálculo de los caudales circulantes por las tuberías de distribución se han considerado los criterios de Clement, por lo que se considera el caudal ficticio continuo (q_{fc}). Éste, considerando que se regará 6 días a la semana, es de 1.178 l/seg ha.

Con el fin de evitar bombear agua en los momentos en los que el coste energético es más alto, es decir, en los períodos horarios altos se calcula la red para una franja de utilización de 16 horas al día.

Puesto que, como se comentó anteriormente, la zona objeto de éste estudio tiene un alta fragmentación parcelaria y una alta densidad de distribución de la propiedad se han

obtenido unidades de riego de poca superficie, por lo que se ha optado por la ubicación en todas las unidades de riego de hidrantes de 4", con un caudal nominal de 20 l/s.

Los valores de cada unidad de riego con sus superficies y caudal asignado por hidrante se reflejan en el “*Anexo I.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

5.8.2.- Rango de velocidades.

Para el cálculo de las tuberías se establece un rango de velocidades máxima y mínima de circulación del agua por la tubería. Por ello se establece una velocidad mínima del agua de 0.5 m/s puesto que velocidades inferiores pueden provocar problemas de sedimentaciones dentro de la tubería y la velocidad máxima, que no debe de superarse es de 2.5 m/s.

5.8.3.- Presión en el hidrante.

Los condicionantes más importantes a la hora de establecer la presión que se debe suministrar en las tomas de riego son la presión de servicio de los emisores de riego, uniformidad del riego, las distintas pérdidas de carga y el desnivel topográfico.

Se considera el uso de aspersores de 35 – 40 mca de presión de funcionamiento y se ha estimado en 5-10 mca la máxima pérdida de carga que puede haber en la red terciaria de tuberías, desde el hidrante de agrupación hasta la toma en parcela. De esta forma se ha llegado a la conclusión de que la presión mínima en hidrante queda establecida en 50 mca.

5.8.4.- Márgenes de seguridad en el timbraje.

En el proceso del cálculo hidráulico y teniendo en cuenta que no se va a realizar un estudio de elementos transitorios en la red, se considera de cara al timbraje de las tuberías, el valor máximo de la presión estática del tramo considerado más un incremento adicional de 10 m.c.a. que marcará el umbral superior de presiones admisibles que deberá de ser garantizado durante los transitorios hidráulicos y que definirá el timbraje de la tubería en cuestión.

Conforme a los cálculos hidráulicos realizados se observa que los timbrajes de tubería a emplear comprenden el PN 6, PN 10 y PN 16.

5.8.5.- Pérdidas de carga en elementos singulares.

Con el fin de considerar las pérdidas de carga que se producen por piezas especiales integrantes de la propia red de riego, como codos, tes, válvulas, ventosas, etc. se establece un incremento de la longitud de las tuberías de un 5 % en dicho concepto.

5.8.6.- Diámetros y materiales de tubería considerados.

Los materiales empleados en la red de tuberías son los siguientes:

- Para diámetros de tubería menor o igual a 125 mm se emplea tubería de PE
- Para diámetros de tubería comprendidos entre 140 y 500 mm se emplea tubería de PVC.
- Para diámetros mayores o iguales a 600 mm se emplea tubería de PRFV.

En las tablas adjuntas se indica la base de precios empleada con los diámetros de tubería considerados es la misma.

Los precios obtenidos son el resultado de la aplicación de tarifas comerciales de diversas casas representativas en el sector de la fabricación de tubería a los que se les ha aplicado un coste medio de instalación obtenido de una media de obras consideradas y ya ejecutadas por Seiasa del Norte.

Al precio resultante se le ha aplicado los costes de ejecución en zanja; esto es, el coste de excavación de una zanja tipo de talud 1:1, posterior nivelación con una cama de grava de 10 cms de espesor y tamaño de árido 6/12, posterior colocación de la tubería y recubrimiento de 30 cms por encima de la clave del tubo con grava del mismo tipo de árido para el caso de PRFV o de relleno seleccionado de la propia excavación para el caso del PE y el PVC y posterior tapado y extendido con material procedente de la excavación.

Tubería de Polietileno

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PE_200-6	200	6	184,6	7,7	200	12	30,56
PE_225-6	225	6	207,8	8,6	225	12	37,01
PE_250-6	250	6	230,8	9,6	250	12	39,14
PE_280-6	280	6	258,6	10,7	280	12	51,95
PE_315-6	315	6	290,8	12,1	315	12	58,01
PE_400-6	400	6	369,4	15,3	400	12	88,96
PE_450-6	450	6	415,6	17,2	450	12	113,39
PE_500-6	500	6	461,8	19,1	500	12	131,77
PE_560-6	560	6	517,2	21,4	560	12	154,79
PE_630-6	630	6	581,8	24,1	630	12	185,69
PE_32-10	32	10	28	2	32	12	14,82
PE_40-10	40	10	35,2	2,4	40	12	15,21
PE_50-10	50	10	44	3	50	12	15,81
PE_63-10	63	10	55,4	3,8	63	12	16,66
PE_75-10	75	10	66	4,5	75	12	17,94

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PE_90-10	90	10	79,2	5,4	90	12	19,39
PE_110-10	110	10	96,8	6,6	110	12	21,64
PE_125-10	125	10	110,2	7,4	125	12	23,42
PE_140-10	140	10	123,4	8,3	140	12	25,52
PE_160-10	160	10	141	9,5	160	12	28,60
PE_180-10	180	10	158,6	10,7	180	12	32,13
PE_200-10	200	10	176,2	11,9	200	12	35,90
PE_225-10	225	10	198,2	13,4	225	12	44,99
PE_250-10	250	10	220,4	14,8	250	12	47,45
PE_280-10	280	10	246,8	16,6	280	12	64,13
PE_315-10	315	10	277,6	18,7	315	12	71,24
PE_400-10	400	10	352,6	23,7	400	12	113,50
PE_450-10	450	10	396,6	26,7	450	12	144,89
PE_500-10	500	10	440,6	29,7	500	12	170,54
PE_560-10	560	10	493,6	33,2	560	12	202,72
PE_630-10	630	10	555,2	37,4	630	12	245,99
PE_32-16	32	16	26	3	32	12	15,03
PE_40-16	40	16	32,6	3,7	40	12	15,54
PE_50-16	50	16	40,8	4,6	50	12	16,33
PE_63-16	63	16	51,4	5,8	63	12	17,47
PE_75-16	75	16	61,4	6,8	75	12	19,04
PE_90-16	90	16	73,6	8,2	90	12	20,94
PE_110-16	110	16	90	10	110	12	23,82
PE_125-16	125	16	102,2	11,4	125	12	26,49
PE_140-16	140	16	114,6	12,7	140	12	29,26
PE_160-16	160	16	130,8	14,6	160	12	33,58
PE_180-16	180	16	147,2	16,4	180	12	38,42
PE_200-16	200	16	163,6	18,2	200	12	43,65
PE_225-16	225	16	184	20,5	225	12	56,26
PE_250-16	250	16	204,6	22,7	250	12	59,56
PE_280-16	280	16	229,2	25,4	280	12	81,61
PE_315-16	315	16	257,8	28,6	315	12	90,39
PE_400-16	400	16	327,4	36,3	400	12	149,56
PE_450-16	450	16	368,2	40,9	450	12	190,02

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PE_500-16	500	16	409,2	45,4	500	12	226,66
PE_560-16	560	16	458,4	50,8	560	12	273,53
PE_630-16	630	16	515,6	57,2	630	12	336,12

Tubería de PVC

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PVC_63-6	63	6	59	2	63	6	16,90
PVC_75-6	75	6	70,4	2,3	75	6	18,11
PVC_90-6	90	6	84,4	2,8	90	6	19,52
PVC_110-6	110	6	104,6	2,7	110	6	20,37
PVC_125-6	125	6	118,8	3,1	125	6	21,89
PVC_140-6	140	6	133	3,5	140	6	23,55
PVC_160-6	160	6	152	4	160	6	25,89
PVC_180-6	180	6	171,2	4,4	180	6	28,41
PVC_200-6	200	6	190,2	4,9	200	6	31,29
PVC_250-6	250	6	237,6	6,2	250	6	40,57
PVC_315-6	315	6	299,6	7,7	315	6	60,03
PVC_400-6	400	6	380,4	9,8	400	6	86,82
PVC_500-6	500	6	475,4	12,3	500	6	128,47
PVC_630-6	630	6	599,2	15,4	630	6	182,07
PVC_63-10	63	10	57	3	63	6	17,70
PVC_75-10	75	10	67,8	3,6	75	6	19,33
PVC_90-10	90	10	81,4	4,3	90	6	21,22
PVC_110-10	110	10	101,6	4,2	110	6	22,41
PVC_125-10	125	10	115,4	4,8	125	6	24,43
PVC_140-10	140	10	129,2	5,4	140	6	26,78
PVC_160-10	160	10	147,6	6,2	160	6	30,22
PVC_180-10	180	10	166,2	6,9	180	6	33,82
PVC_200-10	200	10	184,6	7,7	200	6	38,11
PVC_250-10	250	10	230,8	9,6	250	6	50,83
PVC_315-10	315	10	290,8	12,1	315	6	76,94
PVC_400-10	400	10	369,4	15,3	400	6	116,33
PVC_500-10	500	10	461,8	19,1	500	6	173,94

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PVC_630-10	630	10	581,8	24,1	630	6	255,39
PVC_63-16	63	16	53,6	4,7	63	6	19,11
PVC_75-16	75	16	63,8	5,6	75	6	21,29
PVC_90-16	90	16	76,6	6,7	90	6	24,11
PVC_110-16	110	16	96,8	6,6	110	6	25,92
PVC_125-16	125	16	110,2	7,4	125	6	28,81
PVC_140-16	140	16	123,4	8,3	140	6	32,24
PVC_160-16	160	16	141	9,5	160	6	37,30
PVC_180-16	180	16	158,6	10,7	180	6	43,01
PVC_200-16	200	16	176,2	11,9	200	6	49,36
PVC_250-16	250	16	220,4	14,8	250	6	68,28
PVC_315-16	315	16	277,6	18,7	315	6	104,81
PVC_400-16	400	16	352,6	23,7	400	6	166,02
PVC_500-16	500	16	440,6	29,7	500	6	252,21

Tubería de PRFV

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PRFV_300-6	300	6	313,4	5	323,4	12	123,09
PRFV_350-6	350	6	363,8	5,8	375,4	12	133,68
PRFV_400-6	400	6	413,3	6,5	426,3	12	153,77
PRFV_450-6	450	6	462,4	7,4	477,2	12	170,76
PRFV_500-6	500	6	512,9	8,1	529,1	12	202,87
PRFV_600-6	600	6	597,4	9,3	616	12	242,25
PRFV_700-6	700	6	696,6	10,7	718	12	288,54
PRFV_800-6	800	6	795,6	12,2	820	12	337,26
PRFV_900-6	900	6	895,8	13,6	923	12	402,98
PRFV_1000-6	1000	6	993,8	15,1	1024	12	464,28
PRFV_1200-6	1200	6	1192,2	17,9	1228	12	615,11
PRFV_1400-6	1400	6	1390,4	20,8	1432	12	753,68
PRFV_1600-6	1600	6	1588,6	23,7	1636	12	945,46
PRFV_1800-6	1800	6	1787	26,5	1840	12	1163,06
PRFV_2000-6	2000	6	1985,2	29,4	2044	12	1367,30
PRFV_2200-6	2200	6	2182,8	32,6	2248	12	1516,33

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PRFV_2400-6	2400	6	2378,2	36,9	2452	12	1748,80
PRFV_300-10	300	10	313,6	4,9	323,4	12	124,47
PRFV_350-10	350	10	364,2	5,6	375,4	12	134,81
PRFV_400-10	400	10	413,9	6,2	426,3	12	159,63
PRFV_450-10	450	10	463,4	6,9	477,2	12	180,59
PRFV_500-10	500	10	513,9	7,6	529,1	12	213,35
PRFV_600-10	600	10	598,6	8,7	616	12	248,33
PRFV_700-10	700	10	698	10	718	12	305,51
PRFV_800-10	800	10	797,2	11,4	820	12	359,87
PRFV_900-10	900	10	897,6	12,7	923	12	422,26
PRFV_1000-10	1000	10	995,8	14,1	1024	12	492,74
PRFV_1200-10	1200	10	1194,6	16,7	1228	12	650,08
PRFV_1400-10	1400	10	1393,2	19,4	1432	12	805,05
PRFV_1600-10	1600	10	1591,8	22,1	1636	12	1043,76
PRFV_1800-10	1800	10	1790,4	24,8	1840	12	1258,54
PRFV_2000-10	2000	10	1989,2	27,4	2044	12	1527,56
PRFV_2200-10	2200	10	2186,4	30,8	2248	12	1577,52
PRFV_2400-10	2400	10	2386,2	32,9	2452	12	1757,34
PRFV_300-16	300	16	314,2	4,6	323,4	12	127,29
PRFV_350-16	350	16	364,8	5,3	375,4	12	139,41
PRFV_400-16	400	16	414,5	5,9	426,3	12	149,89
PRFV_450-16	450	16	464,2	6,5	477,2	12	185,19
PRFV_500-16	500	16	514,9	7,1	529,1	12	201,97
PRFV_600-16	600	16	599,8	8,1	616	12	236,44
PRFV_700-16	700	16	699,2	9,4	718	12	293,27
PRFV_800-16	800	16	798,8	10,6	820	12	356,13
PRFV_900-16	900	16	899,4	11,8	923	12	419,79
PRFV_1000-16	1000	16	998	13	1024	12	481,35
PRFV_1200-16	1200	16	1197,2	15,4	1228	12	628,64
PRFV_1400-16	1400	16	1396,2	17,9	1432	12	771,11
PRFV_1600-16	1600	16	1595,4	20,3	1636	12	1096,71
PRFV_1800-16	1800	16	1794,6	22,7	1840	12	1205,89
PRFV_2000-16	2000	16	1993,8	25,1	2044	12	1464,82
PRFV_2200-16	2200	16	2197,8	25,1	2248	12	1684,41

Tubería	DN	Timbraje (mca)	D int (mm)	Espesor (mm)	D ext (mm)	Long (ml)	Precio (€/ml)
PRFV_2400-16	2400	16	2394,6	28,7	2452	12	1868,93

5.8.7.- Datos financieros.

Para el dimensionado de la red de riego se establece un plazo de amortización del capital de 25 años y un interés de los financieros del 4 %.

5.8.8.- Horas de bombeo.

Con el fin de la estimación de los costes energéticos de las distintas alternativas, es necesario estimar previamente el nº de horas totales que va ha estar funcionando los grupos de bombeo.

Para éste fin, puesto que el bombeo directo a balsa tiene una regulación horaria más sencilla y flexible se desecha en el análisis, considerándose únicamente una red de riego mediante bombeo directo.

De ésta forma y teniendo en cuenta los datos de partida reflejados en la tabla siguiente se obtienen el nº de horas de bombeo totales y fraccionadas en períodos mensuales.

Dotación anual	5947.7 m ³ /ha
Nº de has	2301 ha
Q punta bombeo	3 m ³ /s

$$\text{Consumo anual} = 5947.7 \times 2301 = 13685657.7 \text{ m}^3$$

$$\text{Horas de bombeo} = 13685657.7 \text{ m}^3 \times \frac{1}{3} \text{ m}^3 / \text{s} \times \frac{1}{3600} \text{ s/h} = 1267.19 \text{ h}$$

Dicho número de horas de bombeo se realiza desde marzo a septiembre, que es la duración total de la campaña de riego. El reparto por meses del total de las horas de bombeo queda reflejado en la tabla siguiente:

Mes	Mar	Abr	May	1ª Jun	2ª Jun	Jul	Ago	Sept	Total
m ³ /ha	63.8	156.6	600.5	756.25	756.25	1773	1355	486.3	7460.2
%	1.07	2.63	10.10	12.71	12.71	29.81	22.78	8.18	100
h	13.59	33.36	127.94	161.12	161.12	377.75	288.69	103.61	1267.19

5.8.8.- Costes energéticos.

Para la estimación de los costes energéticos del bombeo se ha calculado las fracciones del bombeo que se van a utilizar durante la campaña de riego por el coste energético en cada periodo de cada franja horaria.

La evaluación de los costes energéticos de la energía consumida se realiza considerando las franjas horarias en las que se produce el consumo y ponderándolo con la duración de dicha franja por un precio del KWh obtenido previamente.

Para la obtención de ese precio ponderado del KWh se ha partido de las últimas ofertas disponibles por las compañías comercializadoras de energía eléctrica en los regadíos de la Comunidad Autónoma.

Puesto que se estima la necesidad de construcción de una línea eléctrica, puesto que a priori, es poco probable la existencia de la misma en los puntos en los que se hace más conveniente la localización de una estación de bombeo se parte para el estudio de los

distintos períodos de tarificación de la tarifa general de alta tensión 6.2, es decir, aquella igual o superior a 45 Kv y que es la más económica para éste caso.

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho en la siguiente tabla se indica el reparto horario del bombeo según los distintos períodos eléctricos, así como el coste unitario de cada uno de los períodos; con el fin de sacar un coste ponderado medio del término de energía.

	Mar	Abr	May	1ª Jun	2ª Jun	Jul	Ago	Sept	Total	%
h _{totales} (h)	13.59	33.36	127.94	161.12	161.12	377.75	288.69	103.61	1267.19	100
P2 (h)						33.12	121.75		154.87	12.22
P4 (h)					33.12				33.12	2.61
P6 (h)	13.59	33.36	127.94	128	128	256	288.69	103.61	1079.19	85.16

Como se comentó anteriormente se ha tomado de base una serie de ofertas económicas de diversas compañías suministradoras del término de energía. Los precios considerados son los siguientes:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742

De ésta manera el precio ponderado medio del término de energía es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{precioKwhponderado} &= \frac{(154.87 \times 0.110148) + (33.12 \times 0.08612) + (1079.19 \times 0.063742)}{1267.18} = \\
 &= 0.069998 \text{ € / KWh}
 \end{aligned}$$

A éste precio hay que aplicarle el incremento correspondiente al impuesto sobre la electricidad, según la Ley 66/1997; que actualmente el tipo de éste impuesto es de un 4.864% que se aplica sobre el término de energía con un incremento del 5.221 %. Por lo

que el precio ponderado medio del término de energía resultante sería de 0.077234 €/KWh.

Para la obtención de un precio medio ponderado del término de potencia se parte del supuesto de un bombeo directo en cabecera (alternativa nº 1). De ésta forma se obtiene una potencia de 2747.73 KW que para la obtención del dato buscado se redondea a 2800 KW, con una altura manométrica de 70 m y un caudal de 3 m³/s.

Para el cálculo del precio medio ponderado del término de potencia se ha de tener en cuenta que según la última normativa vigente sobre tarifas eléctricas al tener que contratar consumo energético en período P2, se está obligado a contratar también una potencia equivalente a la contratada en P2 de P5 y P3. Por lo tanto, los precios de dicha energía en tarifa 6.2 y publicados en el ITC/3801/2008 de 26 de diciembre así como las potencias a contratar en cada período se reflejan en la tabla siguiente:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396
KW contratar	0	2800	2800	2800	2800	2800

$$precioKwponderado = \frac{(2800 \times 4.349664) + (2800 \times 3.183232) + (2800 \times 3.183232)}{2800}$$

$$\frac{(2800 \times 3.183232) + (2800 \times 1.452396)}{2800} = 15.351756 \text{ €/KW/año} = 1.279373 \text{ €/KW/mes}$$

A éste precio hay que aplicarle el incremento correspondiente al impuesto sobre la electricidad, según la Ley 66/1997; que actualmente el tipo de éste impuesto es de un 4.864 % que se aplica sobre el término de potencia con un incremento del 5.221 %. Por lo que el precio ponderado medio del término de potencia resultante sería de 1.344850 €/ KW.

Además, teniendo en cuenta la evolución del precio de la energía, se considera un incremento del mismo del 3.85 % anual.

5.8.9.- Datos del bombeo.

Con el fin de una correcta optimización de la red debe de establecerse un equilibrio entre el coste de la propia red de distribución y el coste del bombeo, con el fin de no incrementar los costes energéticos de bombeo por un ahorro excesivo en tubería y viceversa.

Siguiendo éste criterio se establece los siguientes datos del bombeo:

Rendimiento de la bomba	75 %
Cos Φ	0.9
Δ anual de coste energético	3.85 %
Δ altura del bombeo por pérd. carga	5 mca

Tiempo anual de bombeo	1267.19 h
Horas bombeo P2	154.87 h
Horas bombeo P3	33.12 h
Horas bombeo P6	1079.19 h
Caudal a bombear	13713023.30 m ³ /año
Precio de la energía	0.077 €/kW h
Precio de la potencia	1.345 €/kW

5.8.10.- Datos de las balsas.

En todas las alternativas evaluadas se contempla la construcción de una o varias balsas, esto es así porque como se indicó anteriormente el flujo de entradas y salidas de agua no está en equilibrio si se contemplase la realización de toma directa en canal.

Teniendo esto en cuenta y partiendo del supuesto cierto de que es necesaria la realización de balsas de regulación y/o de acumulación de agua se establece la necesidad de un estudio más detallado de ésta.

Independientemente de la necesidad de una balsa de acumulación con el fin de aprovechar las entradas de agua del Canal de Villares durante las 24 horas diarias y, así mantener en equilibrio las aportaciones de agua con la demanda por parte de los usuarios finales; es también recomendable con el fin de regular el uso del bombeo a franjas horarias en las que los costes energéticos sea mínimos.

Esto se hace especialmente interesante si se consigue adicionalmente que la presurización de la red de riego sea sin coste energético, algo que únicamente se hace posible si la topografía de la zona nos permite una ubicación de la balsa a una cota por encima de los 55-60 m respecto de la zona regable.

De lo dicho anteriormente se puede deducir que una variable muy importante en éste estudio de alternativas es la ubicación de la misma. De dicho emplazamiento dependerá y condicionará drásticamente el planteamiento y la concepción del sistema de riego.

De ésta manera se plantean alternativas en las que se llena la balsa sin coste energético pero en las que hay que hacer importantes gastos energéticos para conseguir presión en la red o, por contra, alternativas en las que ese gasto energético se realiza para el llenado de la balsa pero que posteriormente en la gestión de los riegos no es necesario aportes adicionales de energía para conseguir la presión necesaria en la red. De estos dos extremos también se han estudiado situaciones intermedias.

Los volúmenes y tipologías de las mismas se resumen en la siguiente tabla:

Balsa tipo	Nº de alternativa	Capacidad (m³)	Cota fondo balsa (m)	Sup. Regable dominada (has)
A	1, 3, 4, 6 y 7	164.000	823	2.301
B	2	55.000	823	2.301
C	5 y 6	164.000	896	2.301
D	7	108.000	896	1521
E	8 y 9	55.000	820	780,25
F	8	108.000	820	1521
G	9	108.000	802	1521
H	5	111.330	823	2.301

En las distintas alternativas consideradas en las que se contempla la construcción de una balsa, se considera recubierta de lámina de P.E.A.D. de espesor de 2 mm, con bordillo de hormigón en cota de coronación alrededor de todo el perímetro de la misma y con vallado perimetral.

6.- Estudio de costes.

En los próximos apartados se va a proceder a un estudio pormenorizados de los costes de cada una de las alternativas planteadas en el anterior apartado, tomando como base de cálculo los datos expuestos en el mismo.

Primeramente se va a comprobar la viabilidad técnica de cada solución propuesta y una vez validada y dimensionada se procederá a la estimación de su coste económico.

6.1.- Alternativa 1.

Como se expuso en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, la alternativa 1 consiste en la ejecución de una balsa de regulación en el tramo anterior al salto de agua que existe en el canal, a cota 823 m snm de fondo de balsa. En éste caso se

plantea la ejecución de una balsa con capacidad de almacenamiento de toda la concesión disponible del canal durante las 24 horas diarias. Se ubica una estación de bombeo cercana a la balsa, en cota 820 m snm. Mediante ésta se realiza un bombeo directo a una única red de riego presurizado de toda la zona regable.

6.1.1.- Cubicación de la balsa.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	9758.08
Volumen entradas (m ³)	159045.12	Volumen salidas (m ³)	156129.29
	Volumen acumulado (m ³)		2915.83
	Volumen de la balsa (m ³)		164000
	Volumen acum. real (m ³)		3870.71
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

El acumulo de agua diariamente es de 7870.71 m³, por lo que existe un margen de 1 hora en el llenado de la misma.

Puesto que no es necesario bombeo para el llenado de la balsa, el coste energético a contemplar es 0.

El coste de inversión para la ejecución de una balsa de 164000 m³ ronda los 2.624.000 €.

6.1.2.- Tubería de abastecimiento.

Para el dimensionado de la tubería de abastecimiento se parte del caudal punta máximo a bombear, el cual es de 3.0064 m³/s.

Dado que dicha tubería es un enlace entre la balsa y la estación de bombeo y la distancia entre ambas no es muy elevada se opta por el dimensionado y colocación de tubería de fundición, dado que las probabilidades de rotura de la misma son menores que en el caso de otros materiales. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.0064}{1.2 \times \pi}} = 1.7860m$$

Se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 1786 mm, puesto que éste diámetro, en fundición, es poco manejable, se opta por la disposición de 2 tuberías en paralelo de fundición de diámetro nominal 900 mm.

La longitud de la tubería de enlace es de 147 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 900 de fundición ronda los 554.40 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 162.993,60 €.

6.1.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*Anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)		
PVC	160	PVC 125-16	28,81	3.996	115.124,76		
		PVC 160-16	37,30	1.169	43.603,70		
		PVC 140-16	32,24	682	21.987,68		
		PVC 180-16	43,01	3.254	139.954,54		
		PVC 200-16	49,36	5.335	263.335,60		
		PVC 250-16	68,28	6.655	454.403,40		
		PVC 315-16	104,81	6.097	639.026,57		
	100	PVC 140-10	26,78	1.213	32.484,14		
		PVC 160-10	30,22	2.613	78.964,86		
		PVC 180-10	33,82	3.058	103.421,56		
		PVC 315-10	76,94	5.142	395.625,48		
		PVC 110-10	22,41	4.046	90.670,86		
		PVC 500-10	173,94	2.247	390.843,18		
		PVC 90-10	21,22	71	1.506,62		
		PVC 200-10	38,11	3.123	119.017,53		
		PVC 125-10	24,43	1.210	29.560,30		
		PVC 400-10	116,33	5.284	614.687,72		
		PVC 250-10	50,83	1.915	97.339,45		
		PRFV	160	PRFV 350-16	139,41	3.187	444.299,67
				PRFV 400-16	149,89	1.581	236.976,09
PRFV 450-16	185,19			2.236	414.084,84		
PRFV 500-16	201,97			876	176.925,72		
PRFV 600-16	236,44			317	74.951,48		
PRFV 700-16	293,27			2.143	628.477,61		
100	PRFV 1200-10		650,08	2.874	1.868.329,92		
	PRFV 800-10		359,87	630	226.718,10		
	PRFV 900-10		422,26	360	152.013,60		
	PRFV 600-10		248,33	3.237	803.844,21		
	PRFV 1400-10		805,05	339	272.911,95		
	PRFV 700-10		305,51	524	160.087,24		
Total				75.414	9.091.178,38		

6.1.4.- Estación de bombeo.

Debido a la proximidad existente entre la balsa y el bombeo, y con el fin de evitar una obra civil excesiva para la ejecución de la estación de bombeo se opta por la disposición de bombas verticales.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{147 \times 1.104^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.9198^{4.87}} = 0.3459 mca$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Puesto que se dispone de 2 tuberías de la misma sección y longitud, la pérdida de carga total por rozamiento de la tubería de enlace es de 0.6918 mca.

Considerando un incremento del 5 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.726 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 68.30 mca + 0.726 mca = 69.026 mca$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{3006.4 \times 69.026}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 2715.28 Kw$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 2987 KW.

Para un bombeo de 2987 KW se considera un coste de ejecución de 1.164.930 €.

6.1.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 1, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

Consumo anual	13.441.576 m ³
Caudal punta bombeo	3 m ³ /s
Potencia bombeo	2.987 KW
Tiempo de bombeo	1.244,59 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo
P2	152,13
P4	32,53
P6	1.059,93
Total	1.244,59

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP = (2987 \times 4.349664) + 3 \times (2987 \times 3.183232) + (2987 \times 1.452396) = 45.855,69 \text{ €}$$

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4, y P6 es de:

$$TE = (152.13 \times 2987 \times 0.110148) + (32.53 \times 2987 \times 0.08612) + (1059.93 \times 2987 \times 0.063742) = 260.228,51 \text{ €}$$

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (45.855,69 + 260.228,51) \times 1,04868 \times 1,05113 = 337.396,31 \text{ €}$$

6.2.- Alternativa 2.

Como se expuso en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, la alternativa 2 consiste en la ejecución de una balsa de regulación en el tramo anterior al salto de agua que existe en el canal, a cota 823 m snm de fondo de balsa. En éste caso, se plantea la ejecución de una balsa con capacidad de almacenamiento de las 8 horas en las que no se está bombeando agua. Por lo que durante el tiempo de bombeo habrá un consumo conjunto del agua del canal y de la balsa de acumulación. Y, fuera del período de bombeo se acumulará agua desde el canal a la balsa.

Se ubica una estación de bombeo cercana a la balsa, en cota 820 m snm. Mediante ésta se realiza un bombeo directo a una única red de riego presurizado de toda la zona regable.

6.2.1.- Cubicación de la balsa.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	8	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	3131.20
Volumen entradas (m ³)	53015.04	Volumen salidas (m ³)	50099.21
	Volumen acumulado (m ³)		2915.83
	Volumen de la balsa (m ³)		55000
	Volumen acum. real (m ³)		4900.79
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

El acumulo de agua diariamente es de 4900.79 m^3 , por lo que existe un margen de 1.5 horas en el llenado de la misma.

Puesto que no es necesario bombeo para el llenado de la balsa, el coste energético a contemplar es 0.

El coste de inversión para la ejecución de una balsa de 55000 m^3 ronda los 880.000 €.

6.2.2.- Abastecimiento.

En éste caso el abastecimiento a la estación de bombeo está formado por un canal que une el actual Canal de Villares mediante un partidor y una tubería que parte de la balsa a ejecutar. Para el dimensionado de la tubería de abastecimiento se parte del caudal punta máximo a bombear, el cual es de $0.8697 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dado que dicha tubería es un enlace entre la balsa y la estación de bombeo y la distancia entre ambas no es muy elevada se opta por el dimensionado y colocación de tubería de fundición, dado que las probabilidades de rotura de la misma son menores que en el caso de otros materiales. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.8697}{1.2 \times \pi}} = 0.9606m$$

Se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 961 mm, por ello se opta por la disposición de 1 tubería de fundición de diámetro nominal 1000 mm.

La longitud de la tubería de enlace es de 147 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1000 de fundición ronda los 634.53 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 93.275,91 €.

Para el caso del canal a construir, éste ha de transportar un caudal de 1.84 m³/s. Para su dimensionado se emplea la formulación de Manning.

$$V = \left(\frac{1}{n} \right) \times R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Considerando un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.013, una pendiente en dicho canal de un 0.02% y una sección de 1.5 m de solera y 2 metros de altura con un resguardo de 0.5 m. Se dispone un canal para la circulación de un caudal de agua de 2.18 m³/s a una velocidad de 0.73 m/s, valores aceptables para el fin buscado.

El coste de un canal de hormigón armado de sección rectangular de 1.5 x 2.5 m y 147 ml oscila en torno de 36.162 €.

6.2.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)		
PVC	160	PVC 125-16	28,81	3996	115.124,76		
		PVC 160-16	37,30	1169	43.603,70		
		PVC 140-16	32,24	682	21.987,68		
		PVC 180-16	43,01	3254	139.954,54		
		PVC 200-16	49,36	5335	263.335,60		
		PVC 250-16	68,28	6655	454.403,40		
		PVC 315-16	104,81	6097	639.026,57		
	100	PVC 140-10	26,78	1213	32.484,14		
		PVC 160-10	30,22	2613	78.964,86		
		PVC 180-10	33,82	3058	103.421,56		
		PVC 315-10	76,94	5142	395.625,48		
		PVC 110-10	22,41	4046	90.670,86		
		PVC 500-10	173,94	2247	390.843,18		
		PVC 90-10	21,22	71	1.506,62		
		PVC 200-10	38,11	3123	119.017,53		
		PVC 125-10	24,43	1210	29.560,30		
		PVC 400-10	116,33	5284	614.687,72		
		PVC 250-10	50,83	1915	97.339,45		
		PRFV	160	PRFV 350-16	139,41	3187	444.299,67
				PRFV 400-16	149,89	1581	236.976,09
PRFV 450-16	185,19			2236	414.084,84		
PRFV 500-16	201,97			876	176.925,72		
PRFV 600-16	236,44			317	74.951,48		
PRFV 700-16	293,27			2143	628.477,61		
100	PRFV 1200-10		650,08	2874	1.868.329,92		
	PRFV 800-10		359,87	630	226.718,10		
	PRFV 900-10		422,26	360	152.013,60		
	PRFV 600-10		248,33	3237	803.844,21		
	PRFV 1400-10		805,05	355	285.792,75		
	PRFV 700-10		305,51	524	160.087,24		
Total				75.430	9.104.059,18		

6.2.4.- Estación de bombeo.

Debido a la proximidad existente entre la balsa y el bombeo, y con el fin de evitar una obra civil excesiva para la ejecución de la estación de bombeo se opta por la disposición de bombas verticales.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{147 \times 0.8697^{1.85}}{130^{1.85} \times 1.021^{4.87}} = 0.1338 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, puesto que hay que ejecutar una “Y” para el enlace entre el canal y la tubería, las pérdidas de carga totales son de 0.147 mca.

Para el caso del canal rectangular, dado el área mojada de 3 m², el radio hidráulico de 0.545 m y la escasa pendiente, las pérdida de carga son despreciables.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 68.30 \text{ mca} + 0.147 \text{ mca} = 68.447 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{3006.4 \times 68.447}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 2692.50 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 2962 KW.

Para un bombeo de 2962 KW se considera un coste de ejecución de 1.155.180 €.

6.2.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 2, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

Consumo anual	13.441.576 m ³
Caudal punta bombeo	3 m ³ /s
Potencia bombeo	2.962 KW
Tiempo de bombeo	1.244,59 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo
P2	152,13
P4	32,53
P6	1.059,93
Total	1.244,59

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP = (2962 \times 4.349664) + 3 \times (2962 \times 3.183232) + (2962 \times 1.452396) = 45.471,90 \text{ €}$$

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4, y P6 es de:

$$TE = (152.13 \times 2962 \times 0.110148) + (32.53 \times 2962 \times 0.08612) + (1059.93 \times 2962 \times 0.063742) = 258.050,50 \text{ €}$$

A dicho coste hay que incrementarle el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (45.471,90 + 258.050,50) \times 1,04868 \times 1,05113 = 334.572,44 \text{ €}$$

6.3.- Alternativa 3.

Ésta alternativa, como se comentó en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, consiste en la división de la zona regable en 2 subzonas, con 2 redes de riego independientes. Ambas redes se alimentarían de una única balsa de acumulación alimentada desde el canal. Ambas redes dispondrían de sendas estaciones de bombeo independientes.

6.3.1.- Cubicación de la balsa.

La balsa a ejecutar sería de las mismas características que para el caso de la alternativa nº 1 y que se resumen en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	9758.08
Volumen entradas (m ³)	159045.12	Volumen salidas (m ³)	156129.29
	Volumen acumulado (m ³)		2915.83
	Volumen de la balsa (m ³)		164000
	Volumen acum. real (m ³)		3870.71
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

El acumulo de agua diariamente es de 7870.71 m³, por lo que existe un margen de 1 hora en el llenado de la misma.

Puesto que no es necesario bombeo para el llenado de la balsa, el coste energético a contemplar es 0.

El coste de inversión para la ejecución de una balsa de 164000 m³ ronda los 2.624.000 €.

6.3.2.- Tubería de abastecimiento.

Puesto que se dispone de 2 estaciones de bombeo alimentadas desde una única balsa, se consideran 2 tuberías de abastecimiento.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona superior, el caudal punta máximo a bombear es de 1.097 m³/s.

Dado que dicha tubería es un enlace entre la balsa y la estación de bombeo y la distancia entre ambas no es muy elevada se opta por el dimensionado y colocación de tubería de fundición, dado que las probabilidades de rotura de la misma son menores que en el caso de otros materiales. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.097}{1.2 \times \pi}} = 1.0788m$$

Se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 1078 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1100.

La longitud de la tubería de enlace es de 147 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1100 de fundición ronda los 632.32 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 92.951,04 €.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona inferior, el caudal punta máximo a bombear es de 2.027 m³/s.

En éste caso la longitud de dicha tubería es bastante elevado, del orden de 2.817 m de longitud. Por ello se plantea un material alternativo con es el PRFV. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.027}{1.2 \times \pi}} = 1.4665m$$

Por tanto, se requiere una tubería de PRFV con un diámetro interior de 1466 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1500.

La longitud de la tubería de enlace es de 2.817 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1500 de PRFV ronda los 814.31 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 2.293.911,27 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento para ambas estaciones de bombeo sería de 2.386.862,31 €.

6.3.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	160	PVC 125-16	28,81	26	749,06
	100	PVC 140-10	26,78	1.111	29.752,58
		PVC 160-10	30,22	1.906	57.599,32
		PVC 180-10	33,82	2.199	74.370,18
		PVC 315-10	76,94	5.461	420.169,34
		PVC 110-10	22,41	2.675	59.946,75
		PVC 500-10	173,94	2.432	423.022,08
		PVC 200-10	38,11	3.516	133.994,76
		PVC 125-10	24,43	1.492	36.449,56
		PVC 400-10	116,33	3.848	447.637,84
		PVC 250-10	50,83	1.834	93.222,22
		PRFV	100	PRFV 900-10	422,26
PRFV 600-10	248,33			1.880	466.860,40
PRFV 700-10	305,51			204	62.324,04
Total				28.660	2.338.189,89

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 140-10	26,78	369	9.881,82
		PVC 160-10	30,22	1.115	33.695,30
		PVC 180-10	33,82	2.471	83.569,22
		PVC 315-10	76,94	8.570	659.375,80
		PVC 110-10	22,41	644	14.432,04
		PVC 500-10	173,94	5.090	885.354,60
		PVC 200-10	38,11	3.392	129.269,12
		PVC 125-10	24,43	467	11.408,81
		PVC 400-10	116,33	8.296	965.073,68
		PVC 250-10	50,83	6.135	311.842,05
PRFV	100	PRFV 1000-10	492,74	1.479	728.762,46
		PRFV 1400-10	805,05	63	50.718,15

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PRFV	100	PRFV 1200-10	650,08	361	234.678,88
		PRFV 900-10	422,26	1.923	812.005,98
		PRFV 800-10	359,87	407	146.467,09
		PRFV 700-10	305,51	764	233.409,64
		PRFV 600-10	248,33	4.871	1.209.615,43
Total				46.417	6.519.560,07

6.3.4.- Estación de bombeo.

Para el caso del bombeo de la subzona A y debido a la proximidad existente entre la balsa y el bombeo, con el fin de evitar una obra civil excesiva para la ejecución de la estación de bombeo se opta por la disposición de bombas verticales, con una altura de bombeo de 70.26 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{147 \times 1.097^{1.85}}{130^{1.85} \times 1.122^{4.87}} = 0.1298 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.143mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 70.26 \text{ mca} + 0.143 \text{ mca} = 70.403 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{1097 \times 70.403}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1010.54 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1111 KW.

Para un bombeo de 1111 KW se considera un coste de ejecución de 433.290 €.

Para el caso de la subzona B se opta por la realización de un bombeo con bombas horizontales de cámara partida, con una altura de bombeo de 34.71 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace son las indicadas a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{2817 \times 2.027^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.492^{4.87}} = 1.4844 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para el PRFV es de 150.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 1.633mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 34.71 \text{ mca} + 1.63 \text{ mca} = 36.34 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{2027 \times 36.34}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 963.81 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1060 KW.

Para un bombeo de 1060 KW se considera un coste de ejecución de 413.400 €.

6.3.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 3, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

	Red superior	Red inferior
Consumo anual	4.638.688 m ³	8.802.888 m ³
Caudal punta bombeo	1,097 m ³ /s	2,027 m ³ /s
Potencia bombeo	1.111 KW	1.060 KW
Tiempo de bombeo	1.174,59 h	1.206,34 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo red superior	Nº horas bombeo red inferior
P2	143,57	147,46
P4	30,70	31,52
P6	1.000,32	1.027,36
Total	1.174,59	1.206,34

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP_A = (1111 \times 4.349664) + 3 \times (1111 \times 3.183232) + (1111 \times 1.452396) = 17.055,80 \text{ €}$$

$$TP_B = (1060 \times 4.349664) + 3 \times (1060 \times 3.183232) + (1060 \times 1.452396) = 16.272,86 \text{ €}$$

El coste total del término de potencia para las 2 estaciones de bombeo es de 33.328,66 €.

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4, y P6 para las 2 estaciones de bombeo es de:

$$TE_A = (143.57 \times 1111 \times 0.110148) + (30.70 \times 1111 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1111 \times 0.063742) = 91.346,67 \text{ €}$$

$$TE_B = (143.57 \times 1060 \times 0.110148) + (30.70 \times 1060 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1060 \times 0.063742) = 87.153,44 \text{ €}$$

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (17.055,80 + 16.272,86 + 91.346,67 + 87.153,44) \times 1,04868 \times 1,05113 = 233.498,64 \text{ €}$$

6.4.- Alternativa 4.

Esta alternativa tiene el mismo planteamiento que la anterior pero ubicando la estación de bombeo del subsector B en un punto distinto a cota inferior a la anterior.

6.4.1.- Cubicación de la balsa.

Igual que para el caso anterior, por lo que el coste de inversión sería de 2.624.000 €.

6.4.2.- Tubería de abastecimiento.

Puesto que se dispone de 2 estaciones de bombeo alimentadas desde una única balsa, se consideran 2 tuberías de abastecimiento.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona superior sería igual que para el caso anterior, por lo que el coste de inversión sería de 92.951,04 €.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona inferior, el caudal punta máximo a bombear es de 2.027 m³/s. Puesto que el caudal a bombear es el mismo que para el caso anterior, los valores resultantes de los anteriores cálculos para el diámetro son los

mismos. Como consecuencia se establece que el diámetro de la tubería de abastecimiento para éste caso sería de DN 1500 PN 10.

La longitud de la tubería de enlace es de 3.117 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1500 de PRFV ronda los 814.31 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 2.538.204,27 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento para ambas estaciones de bombeo sería de 2.631.155,31 €.

6.4.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	160	PVC 125-16	28,81	26	749,06
	100	PVC 140-10	26,78	1.111	29.752,58
		PVC 160-10	30,22	1.906	57.599,32
		PVC 180-10	33,82	2.199	74.370,18
		PVC 315-10	76,94	5.461	420.169,34
		PVC 110-10	22,41	2.675	59.946,75
		PVC 500-10	173,94	2.432	423.022,08
		PVC 200-10	38,11	3.516	133.994,76
		PVC 125-10	24,43	1.492	36.449,56
		PVC 400-10	116,33	3.848	447.637,84
		PVC 250-10	50,83	1.834	93.222,22

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PRFV	100	PRFV 900-10	422,26	76	32.091,76
		PRFV 600-10	248,33	1.880	466.860,40
		PRFV 700-10	305,51	204	62.324,04
Total				28.660	2.338.189,89

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100,0	PVC 160-10	30,22	1.778	53.731,16
		PVC 200-10	38,11	2.373	90.435,03
		PVC 180-10	33,82	2.678	90.569,96
		PVC 400-10	116,33	7.729	899.114,57
		PVC 250-10	50,83	7.370	374.617,10
		PVC 315-10	76,94	8.450	650.143,00
		PVC 500-10	173,94	4.877	848.305,38
		PVC 125-10	24,43	527	12.874,61
		PVC 110-10	22,41	951	21.311,91
		PVC 140-10	26,78	660	17.674,80
PRFV	100,0	PRFV 600-10	248,33	4.677	1.161.439,41
		PRFV 700-10	305,51	1.317	402.356,67
		PRFV 800-10	359,87	2.611	939.620,57
		PRFV 900-10	422,26	360	152.013,60
		PRFV 1200-10	650,08	138	89.711,04
Total				46.496	5.803.918,81

6.4.4.- Estación de bombeo.

Para el caso del bombeo de la subzona A, éste es el mismo que para la anterior alternativa. Por lo que el coste de ejecución sería de 433.290 €.

Para el caso de la subzona B se opta también por la realización de un bombeo con bombas horizontales de cámara partida, con una altura de bombeo de 37.23 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace son las indicadas a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{3117 \times 2.027^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.492^{4.87}} = 1.6425 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para el PRFV es de 150.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 1.806 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 37.23 \text{ mca} + 1.80 \text{ mca} = 39.03 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{2027 \times 39.03}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1035.16 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1138 KW.

Para un bombeo de 1138 KW se considera un coste de ejecución de 443.820 €.

6.4.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 4, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el

fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

	Red superior	Red inferior
Consumo anual	4.638.688 m ³	8.802.888 m ³
Caudal punta bombeo	1,097 m ³ /s	2,027 m ³ /s
Potencia bombeo	1.111 KW	1.060 KW
Tiempo de bombeo	1.174,59 h	1.206,34 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo red superior	Nº horas bombeo red inferior
P2	143,57	147,46
P4	30,70	31,52
P6	1.000,32	1.027,36
Total	1.174,59	1.206,34

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP_A = (1111 \times 4.349664) + 3 \times (1111 \times 3.183232) + (1111 \times 1.452396) = 17.055,80 \text{ €}$$

$$TP_B = (1138 \times 4.349664) + 3 \times (1138 \times 3.183232) + (1138 \times 1.452396) = 17.470,30 \text{ €}$$

El coste total del término de potencia para las 2 estaciones de bombeo es de 34.526,10 €.

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4, y P6 para las 2 estaciones de bombeo es de:

$$TE_A = (143.57 \times 1111 \times 0.110148) + (30.70 \times 1111 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1111 \times 0.063742) = 91.346,67 \text{ €}$$

$$TE_B = (143.57 \times 1138 \times 0.110148) + (30.70 \times 1138 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1138 \times 0.063742) = 93.566,62 \text{ €}$$

El coste total del término de energía para las 2 estaciones de bombeo es de 184.913,29 €.

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (34.526,10 + 184.913,29) \times 1,04868 \times 1,05113 = 241.887,82 \text{ €}$$

6.5.- Alternativa 5.

Ésta alternativa, tal y como se expuso en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, consiste en la ejecución de una balsa de acumulación en el tramo anterior al salto de agua que existe en el canal, a cota 823 m snm de fondo de balsa, y una balsa de regulación en lo alto de un cerro a cota 896 m snm.

La alimentación de la segunda balsa se realiza mediante un bombeo de enlace entre ambas balsas, procediendo posteriormente al riego mediante la presurización de la red por gravedad.

6.5.1.- Cubicación de la balsa.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa nº 1 y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	16	Nº horas vaciado (h)	8
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	13253.76
Volumen entradas (m ³)	106030.08	Volumen salidas (m ³)	106030.08
	Volumen acumulado (m ³)		0
	Volumen de la balsa (m ³)		111330
	Volumen acum. real (m ³)		0
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

Los 53000 m³ restantes que entrarían por el canal de otras 8 horas se bombearían a la vez que se bombea el volumen acumulado en la balsa, por lo tanto el caudal a bombear en 8 horas es 19879 m³/h.

En éste caso existe un importante gasto energético para el llenado de la balsa de regulación que se calcula en el apartado “6.5.5.- Costes energéticos”.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa nº 2 y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	8	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	19879	Q vaciado (m ³ /h)	9758.08
Volumen entradas (m ³)	159032	Volumen salidas (m ³)	156129.29
	Volumen acumulado (m ³)		2903
	Volumen de la balsa (m ³)		164000
	Volumen acum. real (m ³)		7871
	Bombeo a balsa		Si

El coste de inversión de la balsa nº 1, para 111330 m³ puede rondar los 1.781.280 €. En cambio para la segunda balsa, habría que realizar una serie de actividades complementarias como son desarbolado, una pista de acceso, estabilización de la loma del cerro y un desmante con rendimientos más bajos por lo que se estima un coste de inversión entorno a 2.952.000 €

Por tanto, el coste de inversión para la ejecución de las balsas rondaría los 4.733.280 €.

6.5.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.

En éste caso existe 2 tramos de tubería, por un lado el de abastecimiento a la balsa nº 2 y por otro lado el de enlace desde la balsa nº2 a la red de riego.

Para el dimensionado de la tubería de abastecimiento se parte del caudal punta máximo a bombear, el cual es de 5.522 m³/s.

En éste caso la longitud de dicha tubería es bastante elevada, del orden de 2.383 m de longitud. Por ello se plantea como material de la tubería el PRFV. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 5.522}{1.2 \times \pi}} = 2.4205m$$

Debido a que el diámetro interior necesario es muy elevado y, por tanto, la instalación de dicha tubería a lo largo de un cerro se encarecería notablemente por su dificultad; se decide disponer de 2 tuberías paralelas de DN 1400.

La longitud de la tubería de abastecimiento es de 2383 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1400 de PRFV ronda los 805.05 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de abastecimiento a la balsa nº 2 sería de 3.836.868,30 €.

Para el caso de la tubería de enlace entre la balsa de regulación y la red de riego se opta por tubería de PRFV, pero en éste caso con una velocidad máxima de 1.5 m/s sale de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.0064}{1.5 \times \pi}} = 1.5975m$$

Por tanto, se requiere una tubería de PRFV con un diámetro interior de 1598 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1600.

La longitud de la tubería de enlace es de 1.409 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1600 de PRFV ronda los 1043.76 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la red de riego sería de 1.470.657,84 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento y de enlace sería de 5.307.526,14 €.

6.5.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	16	PVC 315-16	104,81	6.678	699.933,20
		PVC 250-16	68,28	6.753	461.067,15
		PVC 200-16	49,36	4.138	204.269,89
		PVC 180-16	43,01	3.527	151.687,45
		PVC 160-16	37,30	2.643	98.588,66
		PVC 140-16	32,24	1.865	60.118,65
		PVC 125-16	28,81	5.523	159.124,26
		PVC 90-16	24,11	298	7.183,47
	10	PVC 500-10	173,94	1.757	305.606,43
		PVC 400-10	116,33	4.561	530.580,22
		PVC 315-10	76,94	3.654	281.145,34
		PVC 250-10	50,83	2.654	134.891,94

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)	
PVC	10	PVC 200-10	38,11	2.429	92.579,88	
		PVC 180-10	33,82	2.477	83.765,95	
		PVC 160-10	30,22	2.346	70.900,34	
		PVC 140-10	26,78	981	26.266,47	
		PVC 125-10	24,43	770	18.812,02	
		PVC 110-10	22,41	3.376	75.646,71	
PRFV	16	PRFV 1200-16	628,64	452	284.146,86	
		PRFV 900-16	419,79	360	151.123,18	
		PRFV 800-16	356,13	1.923	684.837,99	
		PRFV 700-16	293,27	581	170.387,26	
		PRFV 600-16	236,44	1.436	339.531,14	
		PRFV 500-16	201,97	876	176.927,38	
		PRFV 450-16	185,19	2.028	375.567,75	
		PRFV 400-16	149,89	2.336	350.133,23	
		PRFV 350-16	139,41	4.773	665.403,93	
		PRFV 300-16	127,29	118	15.020,08	
	10	PRFV 1800-10	1258,54	1.651	2.077.853,50	
		PRFV 1400-10	805,05	17	13.685,90	
		PRFV 1000-10	492,74	1.342	661.251,85	
		PRFV 900-10	422,26	1.080	456.037,13	
		PRFV 700-10	305,51	589	179.942,74	
		PRFV 600-10	248,33	1.071	265.963,89	
	Total				77.063	10.329.981,83

6.5.4.- Estación de bombeo.

Debido a la posibilidad de ubicar la estación de bombeo más distante de la balsa y, por tanto, acomodar la cota de ésta para un óptimo funcionamiento de bombas horizontales de cámara partida, se opta por la colocación de éstas que dan mejores rendimientos.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{2382.71 \times 2.761^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.3932^{4.87}} = 3.10 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la el PRFV es de 150.

Puesto que se dispone de 2 tuberías de la misma sección y longitud, la pérdida de carga total por rozamiento de la tubería de abastecimiento es de 6.20 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 73 \text{ mca} + 6.20 \text{ mca} = 79.20 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{5522 \times 79.20}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 5722.38 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 6295 KW.

Para un bombeo de 6295 KW se considera un coste de ejecución de 2.455.050 €.

6.5.5.- Coste energético.

En éste caso el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 5, se simplifica de forma notable.

Esto es debido a que todo el agua se bombea durante el período tarifario P6 a una balsa situada en lo alto de un cerro y la presurización de la red se consigue por presión natural.

De ésta forma no es necesario considerar un fraccionamiento del bombeo, así el nº total de horas de funcionamiento del bombeo en período P6 es el siguiente:

Consumo anual	13.441.576 m ³
Caudal punta bombeo	5,522 m ³ /s
Potencia bombeo	6.295 KW
Tiempo de bombeo	676,16 h

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P6 es de:

$$TP = (6295 \times 1.452396) = 9.142,83 \text{ €}$$

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en período tarifario P6 es de:

$$TE = (676.16 \times 6295 \times 0.063742) = 271.313,18 \text{ €}$$

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (9.142,83 + 271.313,18) \times 1,04868 \times 1,05113 = 309.146,38 \text{ €}$$

6.6.- Alternativa 6.

Ésta alternativa, es igual que la anterior con la salvedad que la red de riego está dividida en 2 subredes y por lo tanto existen 2 tuberías de enlace entre la balsa nº 2 y dichas subredes de menor diámetro.

6.6.1.- Cubicación de la balsa.

Como se comentó el sistema de balsas es el mismo que para el caso de la alternativa 5, por lo que el coste de inversión para la ejecución de las balsas rondaría los 4.733.280 €.

6.6.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.

Para el caso de la tubería de abastecimiento el dimensionado y su coste son iguales que en la anterior alternativa, siendo dos tuberías paralelas de PRFV de DN 1400. El coste de ejecución de la tubería de abastecimiento a la balsa nº 2 sería de 3.836.868,30 €.

Para el caso de la tubería de enlace entre la balsa de regulación y las respectivas redes de riego se opta por tubería de PRFV, con una velocidad máxima de 1.5 m/s.

Pero en éste caso, con dos caudales de salida distintos. La subred A tiene necesita un caudal punta de salida de 1.0971 m³/s, mientras que la subred B es de 2.0276 m³/s, por lo que los diámetros de ambas tuberías de enlace son los siguientes:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.0971}{1.5 \times \pi}} = 0.965m$$

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.0276}{1.5 \times \pi}} = 1.311m$$

Por tanto, se requieren sendas tuberías de PRFV con un diámetro interior de 965 mm y de 1331 mm. El diámetro comercial superior más próximo es, para el caso de la tubería de enlace de la subred A un DN 1000 y para el caso de la subred B un DN 1400.

La longitud de la tubería de enlace de la subred A es de 1.384 ml y de la subred B de 1.643 ml. Con precios unitarios de ejecución e instalación de 492.74 €/ml y de 805.05 €/ml respectivamente. Por tanto, el coste de ejecución de la tubería de enlace de ambas subredes es de 2.004.649,31 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento y de enlace sería de 5.841.517,61 €.

6.6.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 125-10	24,43	769	18.786,67
		PVC 140-10	26,78	980	26.244,40
		PVC 160-10	30,22	1.905	57.569,10
		PVC 180-10	33,82	2.815	95.203,30
		PVC 110-10	22,41	3.371	75.544,11
		PVC 250-10	50,83	2.745	139.528,35
		PVC 315-10	76,94	5.393	414.937,42

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 200-10	38,11	2.431	92.645,41
		PVC 400-10	116,33	3.257	378.886,81
		PVC 500-10	173,94	1.571	273.259,74
	160	PVC 140-16	32,24	130	4.191,20
		PVC 125-16	28,81	46	1.325,26
		PVC 180-16	43,01	101	4.344,01
		PVC 200-16	49,36	385	19.003,60
		PVC 250-16	68,28	199,00	13.587,72
PRFV	100	PRFV 900-10	422,26	274	115.699,24
		PRFV 800-10	359,87	855	307.688,85
		PRFV 700-10	305,51	319,00	97.457,69
		PRFV 600-10	248,33	1.036,00	257.269,88
		PRFV 1200-10	650,08	1.635,00	1.062.880,80
Total				30.217	3.456.053,56

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	160	PVC 125-16	28,81	5.345	153.978,00
		PVC 160-16	37,3	2.645	98.674,22
		PVC 140-16	32,24	1.865	60.132,28
		PVC 200-16	49,36	3.566	175.993,30
		PVC 250-16	68,28	6.259	427.343,50
		PVC 315-16	104,81	6.811	713.820,90
		PVC 90-16	24,11	297	7.170,74
		PVC 180-16	43,01	3.424	147.268,10
	100	PVC 160-10	30,22	197	5.947,78
		PVC 180-10	33,82	176	5.947,40
		PVC 400-10	116,33	688	80.038,48
PRFV	160	PRFV 350-16	139,41	4.617	643.593,40
		PRFV 400-16	149,89	2.526	378.677,50
		PRFV 450-16	185,19	2.461	455.785,30
		PRFV 500-16	201,97	877	177.043,10
		PRFV 600-16	236,44	1.436	339.420,00
		PRFV 700-16	293,27	581	170.429,70

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PRFV	160	PRFV 800-16	356,13	1.924	685.109,10
		PRFV 900-16	419,79	360	151.121,80
		PRFV 1200-16	628,64	2.658	1.671.127,00
	100	PRFV 600-10	248,33	304	75.546,78
Total				49.017	6.624.168,38

6.6.4.- Estación de bombeo.

El coste y dimensionado de la estación de bombeo es el mismo que para el caso de la alternativa 5, por lo que para un bombeo de 6295 KW se considera un coste de ejecución de 2.455.050 €.

6.6.5.- Coste energético.

En el caso de ésta alternativa los costes energéticos son los mismos que para la alternativa nº 5, puesto que el planteamiento de la elevación es común en ambos casos. Por ello, el coste anual del término de potencia, contratando P6 es de 9.142,83 €. El coste del término de energía asciende a 271.313,18 €, siendo el total del coste energético contemplando el impuesto sobre la electricidad de 309.146,38 €.

6.7.- Alternativa 7.

En éste caso la alternativa consiste en la subdivisión de la red en 2 sub redes. Se dispone de 2 balsas, una primera balsa ubicada en el punto anterior al salto de agua a cota 823 msn de fondo de balsa con capacidad para 164.000 m³; y una segunda, ubicada en lo alto del cerro estudiado en la alternativa nº 5 pero a cota 860 msn de fondo de balsa y con

una capacidad de almacenamiento de agua de 108.000 m³, puesto que únicamente alimenta a la subred B de 1.500 has.

La primera balsa sirve para alimentar a la subred A y a la segunda balsa, desde la que se domina la subred B.

6.7.1.- Cubicación de la balsa.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa nº 1 y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16+8
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	3307.87+6450.26
Volumen entradas (m ³)	159045.12	Volumen salidas (m ³)	52925.18+103204.11
	Volumen acumulado (m ³)		2915.83
	Volumen de la balsa (m ³)		164000
	Volumen acum. real (m ³)		3870.71
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

De todo el agua que entra por el canal y se acumula en la balsa se bombearía en 8 horas de tarifa económica (P6) 103204 m³, que son los necesarios para abastecer la subred B. El resto del agua, 52925 m³ se emplearían en la subred A para el riego de la misma.

En éste caso existe gasto energético para el llenado de la balsa de la subzona B que se calcula en el apartado “6.7.5.- Costes energéticos”.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa nº 2 y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	8	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	12900.51	Q vaciado (m ³ /h)	6450.26
Volumen entradas (m ³)	103204.11	Volumen salidas (m ³)	103204.11
	Volumen acumulado (m ³)		0
	Volumen de la balsa (m ³)		108000
	Volumen acum. real (m ³)		4795.89
	Bombeo a balsa		Si

El coste de inversión de la balsa nº 1, para 164000 m³ puede rondar los 2.624.000 €. En cambio para la segunda balsa, habría que realizar una serie de actividades complementarias como son desarbolado, una pista de acceso, estabilización de la loma del cerro y un desmonte con rendimientos más bajos por lo que se estima un coste de inversión entorno al 1.944.000 €

Por tanto, el coste de inversión para la ejecución de las balsas rondaría los 4.568.000 €.

6.7.2.- Tubería de abastecimiento y de enlace.

En éste caso existe 3 tramos de tubería, por un lado el abastecimiento al bombeo del subsector A y por otro el abastecimiento a la balsa nº 2 y al de enlace desde la balsa nº 2 a la red de riego del subsector B.

La tubería de abastecimiento del subsector A es la misma que la calculada en la alternativa nº 3, por lo que se emplearía tubería de fundición de DN 1100 para los 147 ml con un coste de inversión de 92.951,04 €.

Para el caso del subsector B, el caudal punta a bombear es de 3.583 m³/s y la longitud de dicha tubería de abastecimiento es de 1.982 ml. Al igual que en otras alternativas estudiadas con dicho planteamiento se emplearía como material de la conducción tubería de PRFV con una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s. El diámetro de la tubería de abastecimiento resultante es de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.583}{1.2 \times \pi}} = 1.9497m$$

Del diámetro interior resultante se considera el empleo de tubería de PRFV DN 2000. Teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 2000 de PRFV ronda los 1527.56 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de abastecimiento a la balsa nº 2 sería de 3.027.623,92 €.

Para el caso de la tubería de enlace entre la balsa de regulación y la red de riego se opta por tubería de PRFV, pero en éste caso con una velocidad máxima de 1.7 m/s y siendo el caudal punta de 2.027 m³/s. El diámetro resultante es de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.027}{1.7 \times \pi}} = 1.2321m$$

Por tanto, se requiere una tubería de PRFV con un diámetro interior de 1232 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1400.

La longitud de la tubería de enlace es de 1.766 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1400 de PRFV ronda los 805.05 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la red de riego sería de 1.421.718,30 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento y de enlace sería de 4.542.293,26 €.

6.7.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 125-10	24,43	1492	36.449,56
		PVC 140-10	26,78	1111	29.752,58
		PVC 160-10	30,22	1906	57.599,32
		PVC 180-10	33,82	2199	74.370,18
		PVC 110-10	22,41	2675	59.946,75
		PVC 200-10	38,11	3516	133.994,76
		PVC 250-10	50,83	1834	93.222,22
		PVC 315-10	76,94	5461	420.169,34
		PVC 400-10	116,33	3848	447.637,84
		PVC 500-10	173,94	2432	423.022,08
	160	PVC 125-16	28,81	26	749,06
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	1880	466.860,40
		PRFV 700-10	305,51	204	62.324,04
		PRFV 900-10	422,26	76	32.091,76
Total				28.660	2.338.189,89

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 110-10	22,41	725	16.237,12
		PVC 315-10	76,94	8.344	641.949,80
		PVC 200-10	38,11	2.916	111.121,40
		PVC 400-10	116,33	9.403	1.093.859,00
		PVC 180-10	33,82	2.925	98.913,03
		PVC 250-10	50,83	5.317	270.269,00
		PVC 500-10	173,94	5.299	921.667,30
		PVC 140-10	26,78	1.008	26.986,12
		PVC 125-10	24,43	474	11.574,36
		PVC 160-10	30,22	395	11.922,86
		PVC 90-10	21,22	32	677,03
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	4.397	1.091.933,00
		PRFV 700-10	305,51	1.011	308.967,50
		PRFV 800-10	359,87	2.254	811.013,70
		PRFV 900-10	422,26	1.735	732.761,10
		PRFV 1000-10	492,74	125	61.432,36
		PRFV 1400-10	805,05	2.658	2.140.081,00
Total				49.018	8.351.365,68

6.7.4.- Estación de bombeo.

En éste caso se construiría una única estación de bombeo pero con 2 bombeos diferenciados. Un primer bombeo que sería el que diese presión a la red superior (subred A) y un segundo bombeo que sería el de elevación a la balsa nº 2 para dar riego a la red inferior (subred B).

En éste caso el bombeo estaría muy próximo a la balsa por lo que en principio sería recomendable la elección de bombas verticales, aunque se podría realizar una sala de

bombas más profunda con el fin de la colocación de bombas horizontales, con un encarecimiento de la obra civil de la estación de bombeo.

Para el caso del bombeo a la subred A, las pérdidas de carga de la tubería de abastecimiento y la potencia de bombeo necesaria son las mismas que las calculadas en la alternativa nº 3, por lo que el coste de inversión de ésta unidad sería de 433.290 € para una potencia de bombeo de 1111 KW.

Para el caso del bombeo de elevación a la balsa nº 2 se emplearía tubería de PRFV en el total de la longitud de dicha tubería que es de 1981,64 ml. Las pérdidas de carga de la tubería de abastecimiento mediante la formulación de Hazen-Williams, son:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{1982 \times 3.583^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.9892^{4.87}} = 0.738 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la el PRFV es de 150.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 40 \text{ mca} + 0.738 \text{ mca} = 40.74 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{3583 \times 40.74}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1909.95 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 2101 KW.

Para un bombeo de 2101 KW se considera un coste de ejecución de 819.390 €.

Teniendo en cuenta los 2 bombeos el coste total de la estación de bombeo sería de 1.252.680 €.

6.7.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 7, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Éste fraccionamiento del bombeo es aplicable únicamente al bombeo de la subred A o red superior, puesto que para el caso de la red inferior se bombea durante periodo P6.

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

	Red superior	Red inferior
Consumo anual	4.638.688 m ³	8.802.888 m ³
Caudal punta bombeo	1,097 m ³ /s	3,583 m ³ /s
Potencia bombeo	1.111 KW	2.101 KW
Tiempo de bombeo	1.174,59 h	682,46 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo red superior	Nº horas bombeo red inferior
P2	143,57	-----
P4	30,70	-----
P6	1.000,32	682,46
Total	1.174,59	682,46

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 para el bombeo superior y P6 para el bombeo inferior, es de:

$$TP_A = (1111 \times 4.349664) + 3 \times (1111 \times 3.183232) + (1111 \times 1.452396) = 17.055,80 \text{ €}$$

$$TP_B = (2101 \times 1.452396) = 3.051,48 \text{ €}$$

El coste total del término de potencia para las 2 estaciones de bombeo es de 20.107,28 €.

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4, y P6 para las 2 estaciones de bombeo es de:

$$TE_A = (143.57 \times 1111 \times 0.110148) + (30.70 \times 1111 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1111 \times 0.063742) = 91.346,67 \text{ €}$$

$$TE_B = (682.46 \times 2101 \times 0.063742) = 91.396,37 \text{ €}$$

El coste total del término de energía para las 2 estaciones de bombeo es de 182.743,04 €.

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (20.107,28 + 182.743,04) \times 1,04868 \times 1,05113 = 223.601,71 \text{ €}$$

6.8.- Alternativa 8.

Esta alternativa, como se comentó en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, consiste en la división de la zona regable en 2 subzonas, con 2 redes de riego independientes. La red de riego superior es la misma que la estudiada en la alternativa 3, pero con una balsa de regulación más pequeña.

La red de riego inferior está dominada por otra balsa de regulación totalmente independiente de la anterior y ubicada en un pequeño promontorio con cota de fondo de balsa de 820 m snm. Dicha balsa se abastece desde el canal de Villares mediante un bombeo próximo al canal. La cota de aspiración en solera de canal sería de 804 m snm, por lo que la altura manométrica de éste primer bombeo sería de 16 m.

En el punto de abastecimiento al segundo bombeo habría que construir una pequeña retención en el canal. Pero, en cualquier caso, según conversaciones mantenidas con el presidente de la CCRR las capacidades de transporte de agua del Canal en el punto de captación son actualmente de 1500 l/s, pudiendo llegar si fuese necesario a 2700 l/s; por lo que dicha alternativa es posible hidráulicamente.

De un estudio previo se observa que desde el promontorio en el que se ubica la segunda balsa no hay cota suficiente para el riego por gravedad presurizado, por lo que es necesaria la ejecución de 3 estaciones de bombeo pequeñas. Una para el riego de la subzona A, otra para el bombeo de agua a la balsa de la subzona B y una 3 estación para la complementar la presurización de la segunda red de riego.

6.8.1.- Cubicación de la balsa.

Para el caso de la subzona A o red superior, ésta tiene una superficie regable de 750 has, por lo que la balsa a ejecutar tiene las siguientes características:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	2291.66	Q vaciado (m ³ /h)	3308.87
Volumen entradas (m ³)	54999.84	Volumen salidas (m ³)	52941.92
	Volumen acumulado (m ³)		2057.92
	Volumen de la balsa (m ³)		55.000
	Volumen acum. real (m ³)		2058.08
	Bombeo a balsa		No

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona A de 55.000 m³ de capacidad, disponiendo de un margen de seguridad de $\frac{3}{4}$ de hora en el llenado de la misma.

En el caso del llenado de ésta balsa el coste energético es 0.

Para el caso de la segunda balsa, la superficie de la zona regable a dominar es de 1500 has, por lo que los flujos de entradas y salidas y el volumen necesario de la balsa, considerando un caudal de llenado de 2.5 m³/s es de:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	11.47	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	9000	Q vaciado (m ³ /h)	6.450,26
Volumen entradas (m ³)	103205	Volumen salidas (m ³)	103.204,16
	Volumen acumulado (m ³)		0.84
	Volumen de la balsa (m ³)		108.000
	Volumen acum. real (m ³)		4795.84
	Bombeo a balsa		Si

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona B de 108.000 m³ de capacidad, en torno de un 5 % más del volumen obtenido a modo de coeficiente de seguridad con el fin de posibilitar una decantación de finos.

En éste caso se dispone también de un margen de seguridad de $\frac{3}{4}$ de hora en el llenado de la misma, considerándose un período para el llenado de la misma de 12 horas.

Con estos preceptos considerados se estima un coste de inversión de la balsa de la subzona superior de 880.000 € y de 1.836.000 € para la subzona inferior.

6.8.2.- Tubería de abastecimiento.

Puesto que se dispone de 3 estaciones de bombeo alimentadas por 2 balsas independientes, se consideran 2 tuberías de abastecimiento y una tubería de enlace entre la balsa 2 y la subred B.

Para el caso de la tubería de abastecimiento de la subzona superior, el caudal punta máximo a bombear es de 1.097 m³/s.

Dado que dicha tubería es un enlace entre la balsa y la estación de bombeo y la distancia entre ambas no es muy elevada se opta por el dimensionado y colocación de

tubería de fundición, dado que las probabilidades de rotura de la misma son menores que en el caso de otros materiales. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.097}{1.2 \times \pi}} = 1.0788m$$

Se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 1078 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1100.

La longitud de la tubería de enlace es de 147 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1100 de fundición ronda los 632.32 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 92.951,04 €.

Para el caso del abastecimiento de la subzona inferior, el caudal punta máximo a bombear para el llenado de la balsa es de 2.5 m³/s, durante 12 horas.

En éste caso la longitud de dicha tubería es de 1.080,64 m de longitud. Por ello se plantea el PRFV como material de empleo de la tubería. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.500}{1.2 \times \pi}} = 1.6286m$$

Por tanto, se requiere una tubería de PRFV con un diámetro interior de 1628 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1800.

Teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1800 de PRFV ronda los 1258,54 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de abastecimiento a la balsa es de 1.360.028,67 €.

Finalmente, para el enlace entre la balsa nº 2 y la red de riego de la subzona B, el caudal punta máximo circundante es de 2.027 m³/s.

En éste caso la longitud de dicha tubería es de 981,91 m de longitud. Se considera también el empleo de PRFV como material de la tubería. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.027}{1.2 \times \pi}} = 1.4665m$$

Por tanto, se requiere una tubería de PRFV con un diámetro interior de 1466 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1600.

Teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1600 de PRFV ronda los 1043,76 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de abastecimiento al bombeo es de 1.024.878,38 €.

Por tanto, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento es de 2.477.858,09 €.

6.8.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo n° 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 125-10	24,43	1.490	36.400,70
		PVC 140-10	26,78	1.110	29.725,80
		PVC 160-10	30,22	1.905	57.569,10
		PVC 180-10	33,82	2.197	74.302,54
		PVC 110-10	22,41	2.671	59.857,11
		PVC 200-10	38,11	3.517	134.032,87
		PVC 250-10	50,83	1.835	93.273,05
		PVC 315-10	76,94	5.459	420.015,46
		PVC 400-10	116,33	3.847	447.521,51
		PVC 500-10	173,94	2.433	423.196,02
	160	PVC 125-16	28,81	26	749,06
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	1.879	466.612,07
		PRFV 700-10	305,51	204	62.324,04
		PRFV 900-10	422,26	44	18.579,44
Total				28.617	2.324.158,77

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 160-10	30,22	2.112	63.824,64
		PVC 200-10	38,11	3.297	125.648,67
		PVC 140-10	26,78	812	21.745,36
		PVC 400-10	116,33	8.023	933.315,59

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 250-10	50,83	7.558	384.173,14
		PVC 315-10	76,94	7.425	571.279,50
		PVC 500-10	173,94	3.429	596.440,26
		PVC 125-10	24,43	445	10.871,35
		PVC 180-10	33,82	2.408	81.438,56
		PVC 110-10	22,41	1.470	32.942,70
PRFV	100	PRFV 700-10	305,51	1.127	344.309,77
		PRFV 800-10	359,87	3.345	1.203.765,15
		PRFV 1200-10	650,08	98	63.707,84
		PRFV 1000-10	492,74	821	404.539,54
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	3942	978.916,86
		PRFV 900-10	422,26	77	32.514,02
Total				46.389	5.849.432,95

6.8.4.- Estaciones de bombeo.

Como se comentó anteriormente para el correcto funcionamiento de esta alternativa son necesarias 3 estaciones de bombeo.

Para el caso del bombeo de la subzona A y debido a la proximidad existente entre la balsa y el bombeo, con el fin de evitar una obra civil excesiva para la ejecución de la estación de bombeo se opta por la disposición de bombas verticales, con una altura de bombeo de 70.20 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{147 \times 1.097^{1.85}}{130^{1.85} \times 1.122^{4.87}} = 0.1298 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.143mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 70.20 \text{ mca} + 0.143 \text{ mca} = 70.343 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{1097 \times 70.343}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1009.67 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1111 KW.

Para un bombeo de 1111 KW se considera un coste de ejecución de 433.290 €.

Para el caso de la subzona B, para el bombeo desde el canal hasta la balsa de regulación se dispondrá de un bombeo con bombas verticales, con una altura de bombeo de 16 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace son las indicadas a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{1081 \times 2.500^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.790^{4.87}} = 0.5748 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para el PRFV es de 150.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.6323mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 16 \text{ mca} + 0.63 \text{ mca} = 16.63 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{2500 \times 16.63}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 543.98 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 598 KW.

Para un bombeo de 598 KW se considera un coste de ejecución de 233.220 €.

Para el caso del re-bombeo desde la balsa de regulación a la red de riego de la subzona B se dispondrá de un bombeo con bombas horizontales de cámara partida y una altura de bombeo de 42.55 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace son las indicadas a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{982 \times 2.027^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.591^{4.87}} = 0.3784 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para el PRFV es de 150.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.4162 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 42.55 \text{ mca} + 0.4162 \text{ mca} = 42.97 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{2027 \times 42.97}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1139.66 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1253.62 KW.

Para un bombeo de 1254 KW se considera un coste de ejecución de 489.060 €.

De la suma de todos los bombeos y re-bombeos necesarios se obtiene un coste de inversión en estaciones de bombeo para ésta alternativa de 1.155.570 €.

6.8.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 8, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Éste fraccionamiento del bombeo es aplicable al bombeo de la subred A o red superior y al re-bombeo de la subred B o red inferior. Para el caso del bombeo de elevación a la segunda balsa se bombea todo el caudal durante periodo P6, salvo 3,47 horas diarias que se bombea en período tarifario de P5 a P2, según el mes del que se trate.

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

	Red superior	Bombeo a balsa Red inferior	Re-bombeo Red inferior
Consumo anual	4.638.688 m ³	8.802.888 m ³	8.802.888 m ³
Caudal punta bombeo	1,097 m ³ /s	2,5 m ³ /s	2,027 m ³ /s
Potencia bombeo	1.111 KW	598 KW	1.254 KW
Tiempo de bombeo	1.174,59 h	978,10 h	1.206,34 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo red superior	Nº horas bombeo red inferior	Nº horas re-bombeo red inferior
P2	143,57	129	147,46
P4	30,70	65	31,52
P5	-----	3	-----
P6	1.000,32	781,10	1027,36
Total	1.174,59	978,10	1.206,34

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6, es de:

$$TP_A = (1111 \times 4.349664) + 3 \times (1111 \times 3.183232) + (1111 \times 1.452396) = 17.055,80 \text{ €}$$

$$TP_B = (598 \times 4.349664) + 3 \times (598 \times 3.183232) + (598 \times 1.452396) = 9.180,35$$

$$TP_{re-B} = (1254 \times 4.349664) + 3 \times (1254 \times 3.183232) + (1254 \times 1.452396) = 19.251,10$$

El coste total del término de potencia para las 3 estaciones de bombeo es de 45.487,25 €.

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en periodos tarifarios P2, P4, P5 y P6 para las 3 estaciones de bombeo es de:

$$TE_A = (143.57 \times 1111 \times 0.110148) + (30.70 \times 1111 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1111 \times 0.063742) = 91.346,67 \text{ €}$$

$$TE_B = (129 \times 598 \times 0.110148) + (65 \times 598 \times 0.08612) + (3 \times 598 \times 0.083024) + (781.10 \times 598 \times 0.063742) = 41.767,21 \text{ €}$$

$$TE_{re-B} = (147.46 \times 1254 \times 0.110148) + (31.52 \times 1254 \times 0.08612) + (1027.36 \times 1254 \times 0.063742) = 105.891,41 \text{ €}$$

El coste total del término de energía para las 3 estaciones de bombeo es de 239.005,29 €.

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (45.487,25 + 239.005,29) \times 1,04868 \times 1,05113 = 313.595,84 \text{ €}$$

6.9.- Alternativa 9.

Ésta alternativa tiene el mismo planteamiento que la anterior pero ubicando la balsa del subsector B en un punto distinto. En éste caso se ubica a cota inferior y procediendo a su llenado por gravedad, sin coste energético.

6.9.1.- Cubicación de la balsa.

Para el caso de la balsa de la subred A es la misma que para la alternativa anterior, por lo que el coste de inversión de ésta es de 880.000 €.

Para el caso de la balsa de la subred B, la superficie de la zona regable a dominar es de 1500 has. Para éste caso se procede al llenado de la balsa desde el propio canal, por lo que el coste energético de llenado es nulo. Teniendo esto en cuenta se considera el caudal normal del canal en ese punto, por lo tanto los flujos de entradas y salidas y el volumen necesario de la balsa es de:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	5400	Q vaciado (m ³ /h)	6.450,26
Volumen entradas (m ³)	129600	Volumen salidas (m ³)	103.204,16
		Volumen acumulado (m ³)	26395.84

Volumen de la balsa (m ³)	108.000
Volumen acum. real (m ³)	4795.84
Bombeo a balsa	No

Con los datos obtenidos se considera una balsa para la subzona B de 108.000 m³ de capacidad, en torno de un 5 % más del volumen obtenido a modo de coeficiente de seguridad con el fin de posibilitar una decantación de finos.

En éste caso se dispone de un margen de seguridad de una hora en el llenado de la misma.

Con estos preceptos considerados se estima un coste de inversión de la balsa de la subzona superior de 880.000 € y de 1.728.000 € para la subzona inferior.

6.9.2.- Tubería de abastecimiento.

Puesto que se dispone de 2 estaciones de bombeo alimentadas desde dos balsas, se consideran 2 tuberías de abastecimiento.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona superior sería igual que para el caso anterior, por lo que el coste de inversión sería de 92.951,04 €.

Para el caso de la tubería que abastece a la subzona inferior, el caudal punta máximo a bombear es de 2.027 m³/s. El caudal a bombear es el mismo que para el caso anterior, sin embargo debido a la proximidad de la estación de bombeo a la balsa nº 2, se opta por el empleo de tubería de fundición. Como consecuencia estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.027}{1.2 \times \pi}} = 1.4665m$$

Por tanto, se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 1466 mm. El diámetro comercial superior más próximo es un DN 1500.

La longitud de la tubería de abastecimiento es de 273 m, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 1500 de fundición ronda los 1339,34 €/m; el coste de ejecución de la tubería de abastecimiento al bombeo es de 365.639,82 €.

De ésta manera, para el caso de ésta alternativa, el coste total de la tubería de abastecimiento para ambas estaciones de bombeo sería de 458.590,86 €.

6.9.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo nº 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Red superior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 125-10	24,43	1.490	36.400,70
		PVC 140-10	26,78	1.110	29.725,80
		PVC 160-10	30,22	1.905	57.569,10
		PVC 180-10	33,82	2.197	74.302,54
		PVC 110-10	22,41	2.671	59.857,11
		PVC 200-10	38,11	3.517	134.032,87
		PVC 250-10	50,83	1.835	93.273,05

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 315-10	76,94	5.459	420.015,46
		PVC 400-10	116,33	3.847	447.521,51
		PVC 500-10	173,94	2.433	423.196,02
	160	PVC 125-16	28,81	26	749,06
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	1.879	466.612,07
		PRFV 700-10	305,51	204	62.324,04
		PRFV 900-10	422,26	44	18.579,44
Total				28.617	2.324.158,77

Red inferior

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PVC	100	PVC 160-10	30,22	1.589	48.019,58
		PVC 180-10	33,82	2.088	70.616,16
		PVC 125-10	24,43	316	7.719,88
		PVC 400-10	116,33	7.657	890.738,81
		PVC 200-10	38,11	3.638	138.644,18
		PVC 250-10	50,83	7.303	371.211,49
		PVC 315-10	76,94	8.920	686.304,80
		PVC 500-10	173,94	4.654	809.516,76
		PVC 140-10	26,78	1.224	32.778,72
		PVC 110-10	22,41	1.153	25.838,73
PRFV	100	PRFV 600-10	248,33	3.528	876.108,24
		PRFV 700-10	305,51	865	264.266,15
		PRFV 800-10	359,87	3.423	1.231.835,01
		PRFV 1200-10	650,08	67	43.555,36
Total				46.425	5.497.153,87

6.9.4.- Estación de bombeo.

Para el caso del bombeo de la subzona A, éste es el mismo que para la anterior alternativa. Por lo que el coste de ejecución sería de 433.290 €.

Para el caso de la subzona B se opta también por la realización de un bombeo con bombas horizontales de cámara partida, con una altura de bombeo de 59.00 mca.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace son las indicadas a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{273 \times 2.027^{1.85}}{130^{1.85} \times 1.492^{4.87}} = 0.1874 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Considerando un incremento del 10 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.206 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 59.00 \text{ mca} + 0.21 \text{ mca} = 59.21 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{2027 \times 59.21}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 1570.38 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 1727.42 KW.

Para un bombeo de 1727 KW se considera un coste de ejecución de 673.530 €.

Por lo que el coste total de las estaciones de bombeo ronda el 1.106.820 €.

6.9.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 9, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

	Red superior	Red inferior
Consumo anual	4.638.688 m ³	8.802.888 m ³
Caudal punta bombeo	1,097 m ³ /s	2,027 m ³ /s
Potencia bombeo	1.111 KW	1.727 KW
Tiempo de bombeo	1.174,59 h	1.206,34 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo red superior	Nº horas bombeo red inferior
P2	143,57	147,46
P4	30,70	31,52
P6	1.000,32	1.027,36
Total	1.174,59	1.206,34

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP_A = (1111 \times 4.349664) + 3 \times (1111 \times 3.183232) + (1111 \times 1.452396) = 17.055,80 \text{ €}$$

$$TP_B = (1727 \times 4.349664) + 3 \times (1727 \times 3.183232) + (1727 \times 1.452396) = 15.517,60 \text{ €}$$

El coste total del término de potencia para las 2 estaciones de bombeo es de 32.573,40 €.

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en periodos tarifarios P2, P4,y P6 para las 2 estaciones de bombeo es de:

$$TE_A = (143.57 \times 1111 \times 0.110148) + (30.70 \times 1111 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1111 \times 0.063742) = 91.346,67 \text{ €}$$

$$TE_B = (143.57 \times 1727 \times 0.110148) + (30.70 \times 1727 \times 0.08612) + (1000.32 \times 1727 \times 0.063742) = 141.994,34 \text{ €}$$

El coste total del término de energía para las 2 estaciones de bombeo es de 233.341,01 €.

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (32.573,40 + 233.341,01) \times 1,04868 \times 1,05113 = 293.117,19 \text{ €}$$

6.10.- Alternativa 10.

Como se expuso en el apartado “5.6.- Descripción de las alternativas”, la décima y última alternativa consiste en la ejecución de una balsa de regulación en cabecera de la zona regable, a cota 828 m snm de fondo de balsa. En éste caso se plantea la ejecución de una balsa con capacidad de almacenamiento de toda la concesión disponible del canal durante las 24 horas diarias. Se ubica una estación de bombeo cercana a la balsa, en cota 827.5 m snm. Mediante ésta se realiza un bombeo directo a una única red de riego presurizado de toda la zona regable.

6.10.1.- Cubicación de la balsa.

Los flujos de entradas y salidas de agua a la balsa y la capacidad de la misma, para un sistema de regulación diarios son los indicados en la tabla siguiente:

Entradas:		Salidas:	
Nº horas llenado (h)	24	Nº horas vaciado (h)	16
Q llenado (m ³ /h)	6626.88	Q vaciado (m ³ /h)	9758.08
Volumen entradas (m ³)	159045.12	Volumen salidas (m ³)	156129.29
	Volumen acumulado (m ³)		2915.83
	Volumen de la balsa (m ³)		164000
	Volumen acum. real (m ³)		3870.71
	Bombeo a balsa		No

Se sobredimensiona la balsa en un 5 % de sus necesidades reales por una doble finalidad, primeramente como coeficiente de seguridad y segundo con el fin de posibilitar una decantación de finos.

El acumulo de agua diariamente es de 7870.71 m³, por lo que existe un margen de 1 hora en el llenado de la misma.

Puesto que no es necesario bombeo para el llenado de la balsa, el coste energético a contemplar es 0.

El coste de inversión para la ejecución de una balsa de 164000 m³ ronda los 2.624.000 €.

6.10.2.- Tubería de abastecimiento.

Para el dimensionado de la tubería de abastecimiento se parte del caudal punta máximo a bombear, el cual es de 3.0064 m³/s.

Dado que dicha tubería es un enlace entre la balsa y la estación de bombeo y la distancia entre ambas no es muy elevada se opta por el dimensionado y colocación de tubería de fundición, dado que las probabilidades de rotura de la misma son menores que en el caso de otros materiales. Por ello, y estableciendo una velocidad de circulación del agua en la misma no superior a 1.2 m/s con el fin de proteger a las bombas de sobrevelocidades excesivas, el diámetro de la tubería de enlace resulta ser de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.0064}{1.2 \times \pi}} = 1.7860m$$

Se requiere una tubería de fundición con un diámetro interior de 1786 mm, puesto que éste diámetro, en fundición, es poco manejable, se opta por la disposición de 2 tuberías en paralelo de fundición de diámetro nominal 900 mm.

La longitud de la tubería de enlace es de 100.93 ml, por tanto, teniendo en cuenta que el coste de ejecución e instalación de la tubería de DN 900 de fundición ronda los 554.40 €/ml; el coste de ejecución de la tubería de enlace entre la balsa y la estación de bombeo sería de 55.994,40 €.

6.10.3.- Red de riego.

Los datos de la red de riego tras su dimensionado se adjuntan en el “*anexo n° 1.- Datos hidráulicos de las redes de riego*”.

No obstante en la tabla adjunta se indica el coste de la tubería por tipo y diámetro.

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)		
PVC	160	PVC 125-16	28,81	4.347	125.237,07		
		PVC 160-16	37,3	2.483	92.615,90		
		PVC 140-16	32,24	800	25.792,00		
		PVC 180-16	43,01	3.263	140.341,63		
		PVC 200-16	49,36	3.940	194.478,40		
		PVC 250-16	68,28	6.239	425.998,92		
		PVC 315-16	104,81	6.573	688.916,13		
	100	PVC 125-10	24,43	1.250	30.537,50		
		PVC 140-10	26,78	1.309	35.055,02		
		PVC 180-10	33,82	2.921	98.788,22		
		PVC 110-10	22,41	3.941	88.317,81		
		PVC 500-10	173,94	2.579	448.591,26		
		PVC 160-10	30,22	2.163	65.365,86		
		PVC 90-10	21,22	71	1.506,62		
		PVC 200-10	38,11	3.845	146.532,95		
		PVC 400-10	116,33	3.571	415.414,43		
		PVC 250-10	50,83	1.425	72.432,75		
		PVC 315-10	76,94	4.608	354.539,52		
		PRFV	160	PRFV 350-16	139,41	4.185	583.430,85
				PRFV 400-16	149,89	1.621	242.971,69
				PRFV 450-16	185,19	2.235	413.899,65
				PRFV 500-16	201,97	877	177.127,69
PRFV 600-16	236,44			317	74.951,48		
PRFV 700-16	293,27			581	170.389,87		
PRFV 800-16	356,13			1.924	685.194,12		
100	PRFV 1200-10		650,08	2.873	1.867.679,84		
	PRFV 900-10		422,26	360	152.013,60		
	PRFV 600-10		248,33	2.699	670.242,67		
	PRFV 800-10		359,87	362	130.272,94		

Material	Timbraje (mca)	Referencia	Coste unit (€/ml)	Long (m)	Total Coste (€)
PRFV	100	PRFV 1400-10	805,05	1.838	1.479.681,90
		PRFV 1600-10	1043,76	246	256.764,96
Total				75.446	10.355.083,25

6.10.4.- Estación de bombeo.

Debido a la proximidad existente entre la balsa y el bombeo, y con el fin de evitar una obra civil excesiva para la ejecución de la estación de bombeo se opta por la disposición de bombas verticales.

Las pérdidas de carga de la tubería de enlace se calculan mediante la formulación de Hazen-Williams, indicada a continuación:

$$h_r = 10.62 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} = 10.62 \times \frac{101 \times 1.104^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.9198^{4.87}} = 0.2376 \text{ mca}$$

El coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams para la fundición es de 130.

Puesto que se dispone de 2 tuberías de la misma sección y longitud, la pérdida de carga total por rozamiento de la tubería de enlace es de 0.4753 mca.

Considerando un incremento del 5 % en concepto de piezas especiales, las pérdidas de carga totales son de 0.523 mca.

Teniendo en cuenta las anteriores pérdidas de carga y la altura manométrica de bombeo calculada anteriormente para la red de riego, se ha de considerar una altura manométrica total de:

$$H_m = 64.03 \text{ mca} + 0.523 \text{ mca} = 64.55 \text{ mca}$$

Por ello la potencia del bombeo será, teniendo en cuenta la siguiente expresión, de:

$$P = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta} \times 0.736 = \frac{3006.4 \times 64.55}{75 \times 0.75} \times 0.736 = 2539.21 \text{ Kw}$$

Con el fin de que la bomba no se sobrecaliente se considera un incremento del 10 % de la potencia absorbida, por lo que la potencia del bombeo a considerar será de 2793.13 KW.

Para un bombeo de 2793 KW se considera un coste de ejecución de 1.089.270 €.

6.10.5.- Coste energético.

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica, para la alternativa nº 10, se toma de partida los datos obtenidos en el apartado “5.8.8.- *costes energéticos*”, donde se obtiene el fraccionamiento de las horas de bombeo en función de la demanda de agua durante la campaña de riego.

Del estudio realizado en dicho apartado se obtenía un fraccionamiento del bombeo, según período tarifario, de:

Período tarifario	P2	P4	P6
% de horas	12.22	2.61	85.16

Las tarifas aplicadas para el término de energía y de potencia a dichos períodos son:

Período	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/KWh	0.121665	0.110148	0.094829	0.08612	0.083024	0.063742
€/KW	8.691805	4.349664	3.183232	3.183232	3.183232	1.452396

El nº de horas necesarias de funcionamiento del bombeo y su fraccionamiento en períodos tarifarios se indica en la siguiente tabla.

Consumo anual	13.441.576 m ³
Caudal punta bombeo	3 m ³ /s
Potencia bombeo	2.793 KW
Tiempo de bombeo	1.244,59 h

Teniendo en cuenta el fraccionamiento del bombeo según franjas tarifarias se obtiene un total de horas de bombeo en los distintos períodos tarifarios como sigue:

Período tarifario	Nº horas bombeo
P2	152,13
P4	32,53
P6	1.059,93
Total	1.244,59

Término de potencia

El coste anual del término de potencia, contratando P2, P3, P4, P5 y P6 es de:

$$TP = (2793 \times 4.349664) + 3 \times (2793 \times 3.183232) + (2793 \times 1.452396) = 42.877,45 \text{ €}$$

Término de energía

El coste anual del término de energía, bombeando en períodos tarifarios P2, P4,y P6 es de:

$$TE = (152.13 \times 2793 \times 0.110148) + (32.53 \times 2793 \times 0.08612) + (1059.93 \times 2793 \times 0.063742) = 243.327,16 \text{ €}$$

A dicho coste hay que incrementar el impuesto sobre la electricidad, siendo el total de:

$$CE = (42.877,45 + 243.327,16) \times 1,04868 \times 1,05113 = 315.483,06 \text{ €}$$

7.- Valoración económica de las alternativas propuestas.

A continuación se adjunta una tabla resumen con el coste económico de las distintas alternativas estudiadas y los flujos de caja de cada alternativa para distintos niveles de inflación y Tasa Anual Equivalente.

Alternativa	Potencia Instalada (KW)	diseño de bombeo mca		Caudal m³/h	Longitud red m		Cubicación Balsa m³		Superficie Ha		COSTES ESTIMADOS DE INVERSIÓN											
											Est. Bombeo (Eur)	Balsa (Eur)	Red Tuberías (Eur)	Abast (Eur)	Complem. Tuberías (Valvul. Piecería) (Eur)	Hidrantes (Eur)	Red parcelaria (Eur)	Instalaciones (Elect. Telecontrol) (Eur)	TOTAL (Ej. Mat) (Eur)			
Alt 1	2.987	69		10.823	75.414		164.000		2.260		1.164.930	2.624.000	9.091.178	162.994	1.401.200	791.000	1.623.946	2.209.430	19.068.678			
Alt 2	2.962	68		10.823	75.430		55.000		2.260		1.155.180	880.000	9.104.059	129.438	1.401.200	791.000	1.623.946	2.197.180	17.282.003			
Alt 3	1.111	1.138	70,40	36,34	10.823	28.660	46.417	164.000	760	1.500	846.690	2.624.000	8.857.750	2.386.862	1.401.200	791.000	1.623.946	2.208.200	20.739.648			
Alt 4	1.111	1.138	70,40	39,03	10.823	28.660	46.496	164.000	760	1.500	877.110	2.624.000	8.142.109	2.631.155	1.401.200	791.000	1.623.946	2.208.200	20.298.720			
Alt 5	7.580		95		10.823	77.063		164.000	111.330	2.260		2.455.050	4.733.280	10.329.982	5.307.526	1.401.200	791.000	1.623.946	4.460.000	31.101.984		
Alt 6	7.580		95		10.823	30.217	49.017	164.000	111.330	760	1.500	2.455.050	4.733.280	10.080.222	5.841.518	1.401.200	791.000	1.623.946	4.460.000	31.386.215		
Alt 7	1.111	2.101	70,40	40,74	10.823	28.660	45.537	164.000	108.000	760	1.500	1.252.680	4.568.000	10.689.556	4.542.293	1.401.200	791.000	1.623.946	2.673.000	27.541.674		
Alt 8	1.111	598	1.254	70,34	16,63	42,97	10.823	28.617	46.389	55.000	108.000	760	1.500	1.155.570	2.716.000	8.173.592	2.477.858	1.401.200	791.000	1.623.946	2.882.180	21.221.345
Alt 9	1.111	1.727	70,34	59,21	10.823	28.617	46.425	55.000	108.000	760	1.500	1.106.820	2.608.000	7.821.313	458.591	1.401.200	791.000	1.623.946	2.561.600	18.372.469		
Alt 10	2.793		65		10.823	75.446		164.000		2.260		1.089.270	2.624.000	10.355.083	55.994	1.401.200	791.000	1.623.946	2.114.370	20.054.863		

Sector	FINANCIACIÓN (Ej. Mat)				COSTES ANUALES (Ej. Mat)				COSTE ANUAL/ha A PAGAR POR REGANTES (IVA y Costes Ejecución incluidos)				Coste total/ha (CI, BI e imp.incl. €/ha)
	JUNTA CyL 26 % (Eur.)	SEIASA 29,28 % (Eur.)	FEADER 20,72 % (Eur.)	CCRR 24 % (Eur.)	ANUALIDAD Obra (Eur)	ENERGÍA (Eur)	MANTENIM (Eur)	TOTAL (Eur)	Ejecución	Bombeo (Energía)	Mantenimiento	Costes Anuales	
Alt 1	4.957.856	5.583.309	3.951.030	4.576.483	183.059	337.396	67.800	588.256	114,63	173,18	34,80	322,61	11.941
Alt 2	4.493.321	5.060.170	3.580.831	4.147.681	165.907	334.572	67.800	568.280	103,89	171,73	34,80	310,42	10.822
Alt 3	5.392.308	6.072.569	4.297.255	4.977.515	199.101	233.499	90.400	522.999	124,68	119,85	46,40	290,92	12.987
Alt 4	5.277.667	5.943.465	4.205.895	4.871.693	194.868	241.888	90.400	527.156	122,03	124,15	46,40	292,58	12.711
Alt 5	8.086.516	9.106.661	6.444.331	7.464.476	298.579	309.146	67.800	675.525	186,97	158,68	34,80	380,45	19.476
Alt 6	8.160.416	9.189.884	6.503.224	7.532.692	301.308	309.146	67.800	678.254	188,68	158,68	34,80	382,15	19.654
Alt 7	7.160.835	8.064.202	5.706.635	6.610.002	264.400	223.602	90.400	555.802	165,57	114,77	46,40	326,73	17.246
Alt 8	5.517.550	6.213.610	4.397.063	5.093.123	203.725	313.596	101.700	619.021	127,57	160,96	52,20	340,73	13.289
Alt 9	4.776.842	5.379.459	3.806.776	4.409.393	176.376	293.117	90.400	559.893	110,45	150,45	46,40	307,30	11.505
Alt 10	5.214.264	5.872.064	4.155.368	4.813.167	192.527	315.483	67.800	575.810	120,56	161,93	34,80	317,29	12.558

Inversión con subvención N= 25 años

Est. Bombeo = Se toma como costes de la estación de bombeo la suma de la estación y equipos de bombeo

Red de tuberías = Coste de la ejecución y material de red de tuberías

Instalaciones = Instalaciones de alta y baja tensión, telecontrol y la línea eléctrica

Red parcelaria = Coste de la ejecución y material de las tomas en parcela

Costes indirectos, beneficio industrial e IVA incluidos

Costes económicos para un TAE del 3 % y una inflación del 2.5 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	17.880.805 €	29.348.731 €	47.229.536 €	163 €	173 €	35 €	371 €	7.912 €	12.986 €	20.898 €
Alternativa 2	16.205.430 €	28.359.627 €	44.565.058 €	148 €	172 €	35 €	354 €	7.171 €	12.549 €	19.719 €
Alternativa 3	19.447.683 €	26.068.034 €	45.515.718 €	177 €	120 €	46 €	344 €	8.605 €	11.535 €	20.140 €
Alternativa 4	19.034.223 €	26.279.190 €	45.313.412 €	174 €	124 €	46 €	344 €	8.422 €	11.628 €	20.050 €
Alternativa 5	29.164.503 €	33.641.906 €	62.806.409 €	266 €	159 €	35 €	459 €	12.905 €	14.886 €	27.790 €
Alternativa 6	29.431.028 €	33.776.746 €	63.207.774 €	268 €	159 €	35 €	462 €	13.023 €	14.945 €	27.968 €
Alternativa 7	25.825.981 €	28.799.051 €	54.625.032 €	236 €	115 €	46 €	397 €	11.427 €	12.743 €	24.170 €
Alternativa 8	19.899.373 €	30.876.029 €	50.775.402 €	181 €	161 €	52 €	395 €	8.805 €	13.662 €	22.467 €
Alternativa 9	17.227.966 €	34.358.505 €	51.586.471 €	157 €	150 €	112 €	420 €	7.623 €	15.203 €	22.826 €
Alternativa 10	18.805.557 €	64.645.722 €	83.451.278 €	172 €	323 €	241 €	736 €	8.321 €	28.604 €	36.925 €

Costes económicos para un TAE del 5.25 % y una inflación del 2.5 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	19.300.318 €	20.154.988 €	39.455.305 €	206 €	173 €	35 €	414 €	8.540 €	8.918 €	17.458 €
Alternativa 2	17.491.939 €	19.354.376 €	36.846.315 €	187 €	172 €	35 €	393 €	7.740 €	8.564 €	16.304 €
Alternativa 3	20.991.586 €	18.305.353 €	39.296.939 €	224 €	120 €	46 €	390 €	9.288 €	8.100 €	17.388 €
Alternativa 4	20.545.302 €	18.389.038 €	38.934.340 €	219 €	124 €	46 €	390 €	9.091 €	8.137 €	17.228 €
Alternativa 5	31.479.800 €	24.083.842 €	55.563.642 €	336 €	159 €	35 €	530 €	13.929 €	10.657 €	24.586 €
Alternativa 6	31.767.484 €	24.197.299 €	55.964.783 €	339 €	159 €	35 €	533 €	14.056 €	10.707 €	24.763 €
Alternativa 7	27.876.241 €	20.714.162 €	48.590.403 €	298 €	115 €	46 €	459 €	12.335 €	9.166 €	21.500 €
Alternativa 8	21.479.134 €	21.326.930 €	42.806.064 €	229 €	161 €	52 €	443 €	9.504 €	9.437 €	18.941 €
Alternativa 9	18.595.651 €	23.176.281 €	41.771.932 €	199 €	150 €	112 €	461 €	8.228 €	10.255 €	18.483 €
Alternativa 10	20.298.482 €	42.066.825 €	62.365.308 €	217 €	323 €	241 €	781 €	8.982 €	18.614 €	27.595 €

Costes económicos para un TAE del 8 % y una inflación del 2.5 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	20.016.709 €	14.815.617 €	34.832.326 €	265 €	173 €	35 €	473 €	8.857 €	6.556 €	15.413 €
Alternativa 2	18.141.207 €	14.114.293 €	32.255.500 €	241 €	172 €	35 €	447 €	8.027 €	6.245 €	14.272 €
Alternativa 3	21.770.755 €	13.830.928 €	35.601.682 €	289 €	120 €	46 €	455 €	9.633 €	6.120 €	15.753 €
Alternativa 4	21.307.905 €	13.835.437 €	35.143.342 €	283 €	124 €	46 €	453 €	9.428 €	6.122 €	15.550 €
Alternativa 5	32.648.272 €	18.615.152 €	51.263.424 €	433 €	159 €	35 €	626 €	14.446 €	8.237 €	22.683 €
Alternativa 6	32.946.634 €	18.717.941 €	51.664.574 €	437 €	159 €	35 €	630 €	14.578 €	8.282 €	22.860 €
Alternativa 7	28.910.955 €	16.097.353 €	45.008.308 €	383 €	115 €	46 €	545 €	12.792 €	7.123 €	19.915 €
Alternativa 8	22.276.400 €	15.791.509 €	38.067.909 €	295 €	161 €	52 €	509 €	9.857 €	6.987 €	16.844 €
Alternativa 9	19.285.887 €	16.646.915 €	35.932.802 €	256 €	150 €	112 €	518 €	8.534 €	7.366 €	15.899 €
Alternativa 10	21.051.924 €	28.758.560 €	49.810.484 €	279 €	323 €	241 €	844 €	9.315 €	12.725 €	22.040 €

Costes económicos para un TAE del 5.25 % y una inflación del 1.5 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	19.300.318 €	18.102.659 €	37.402.976 €	206 €	173 €	35 €	414 €	8.540 €	8.010 €	16.550 €
Alternativa 2	17.491.939 €	17.316.351 €	34.808.289 €	187 €	172 €	35 €	393 €	7.740 €	7.662 €	15.402 €
Alternativa 3	20.991.586 €	16.664.796 €	37.656.382 €	224 €	120 €	46 €	390 €	9.288 €	7.374 €	16.662 €
Alternativa 4	20.545.302 €	16.705.990 €	37.251.291 €	219 €	124 €	46 €	390 €	9.091 €	7.392 €	16.483 €
Alternativa 5	31.479.800 €	22.174.600 €	53.654.400 €	336 €	159 €	35 €	530 €	13.929 €	9.812 €	23.741 €
Alternativa 6	31.767.484 €	22.288.057 €	54.055.541 €	339 €	159 €	35 €	533 €	14.056 €	9.862 €	23.918 €
Alternativa 7	27.876.241 €	19.123.733 €	46.999.974 €	298 €	115 €	46 €	459 €	12.335 €	8.462 €	20.796 €
Alternativa 8	21.479.134 €	19.223.444 €	40.702.578 €	229 €	161 €	52 €	443 €	9.504 €	8.506 €	18.010 €
Alternativa 9	18.595.651 €	19.100.424 €	37.696.076 €	199 €	150 €	83 €	432 €	8.228 €	8.452 €	16.680 €
Alternativa 10	20.298.482 €	26.673.435 €	46.971.918 €	217 €	239 €	131 €	587 €	8.982 €	11.802 €	20.784 €

Costes económicos para un TAE del 5.25 % y una inflación del 3 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	19.300.318 €	21.410.974 €	40.711.291 €	206 €	173 €	35 €	414 €	8.540 €	9.474 €	18.014 €
Alternativa 2	17.491.939 €	20.601.609 €	38.093.547 €	187 €	172 €	35 €	393 €	7.740 €	9.116 €	16.856 €
Alternativa 3	20.991.586 €	19.309.343 €	40.300.929 €	224 €	120 €	46 €	390 €	9.288 €	8.544 €	17.832 €
Alternativa 4	20.545.302 €	19.419.031 €	39.964.333 €	219 €	124 €	46 €	390 €	9.091 €	8.592 €	17.683 €
Alternativa 5	31.479.800 €	25.252.261 €	56.732.061 €	336 €	159 €	35 €	530 €	13.929 €	11.174 €	25.103 €
Alternativa 6	31.767.484 €	25.365.719 €	57.133.202 €	339 €	159 €	35 €	533 €	14.056 €	11.224 €	25.280 €
Alternativa 7	27.876.241 €	21.687.474 €	49.563.715 €	298 €	115 €	46 €	459 €	12.335 €	9.596 €	21.931 €
Alternativa 8	21.479.134 €	22.614.223 €	44.093.357 €	229 €	161 €	52 €	443 €	9.504 €	10.006 €	19.510 €
Alternativa 9	18.595.651 €	25.975.094 €	44.570.746 €	199 €	150 €	131 €	480 €	8.228 €	11.493 €	19.722 €
Alternativa 10	20.298.482 €	54.610.123 €	74.908.606 €	217 €	376 €	326 €	919 €	8.982 €	24.164 €	33.145 €

Costes económicos para un TAE del 5.25 % y una inflación del 4.5 %

	Resumen de costes totales actualizados			Resumen costes totales regantes por ha Año 1				Resumen de costes totales actualizados por ha		
	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (INVERSIÓN)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (ENERGÍA)</i>	<i>COSTES REGANTES AÑO 1 (MANTENIMIENTO)</i>	<i>TOTAL REGANTES AÑO 1</i>	<i>COSTES INVERSIÓN ADMINISTRACIÓN</i>	<i>COSTES REGANTES ACTUALIZADOS</i>	<i>TOTAL INVERSIÓN</i>
Alternativa 1	19.300.318 €	26.452.036 €	45.752.354 €	206 €	173 €	35 €	414 €	8.540 €	11.704 €	20.244 €
Alternativa 2	17.491.939 €	25.607.538 €	43.099.476 €	187 €	172 €	35 €	393 €	7.740 €	11.331 €	19.071 €
Alternativa 3	20.991.586 €	23.338.986 €	44.330.572 €	224 €	120 €	46 €	390 €	9.288 €	10.327 €	19.615 €
Alternativa 4	20.545.302 €	23.553.042 €	44.098.343 €	219 €	124 €	46 €	390 €	9.091 €	10.422 €	19.513 €
Alternativa 5	31.479.800 €	29.941.864 €	61.421.664 €	336 €	159 €	35 €	530 €	13.929 €	13.249 €	27.178 €
Alternativa 6	31.767.484 €	30.055.322 €	61.822.805 €	339 €	159 €	35 €	533 €	14.056 €	13.299 €	27.355 €
Alternativa 7	27.876.241 €	25.593.988 €	53.470.228 €	298 €	115 €	46 €	459 €	12.335 €	11.325 €	23.659 €
Alternativa 8	21.479.134 €	27.780.940 €	49.260.075 €	229 €	161 €	52 €	443 €	9.504 €	12.292 €	21.796 €
Alternativa 9	18.595.651 €	39.470.387 €	58.066.039 €	199 €	150 €	204 €	553 €	8.228 €	17.465 €	25.693 €
Alternativa 10	20.298.482 €	133.783.433 €	154.081.915 €	217 €	589 €	800 €	1.605 €	8.982 €	59.196 €	68.178 €

Cuadro resumen alternativas en función de parámetros financieros

	Inflación 2,5%						TAE 5,25 %					
	TAE 3 %		TAE 5,25 %		TAE 8 %		Inflación 1,5 %		Inflación 3 %		Inflación 4,5 %	
	Regantes	Total Inversión	Regantes	Total Inversión	Regantes	Total Inversión	Regantes	Total Inversión	Regantes	Total Inversión	Regantes	Total Inversión
Alternativa 1	12.986,16 €	20.898,02 €	8.918,14 €	17.458,10 €	6.555,58 €	15.412,53 €	8.010,03 €	16.549,99 €	9.473,88 €	18.013,85 €	11.704,44 €	20.244,40 €
Alternativa 2	12.548,51 €	19.719,05 €	8.563,88 €	16.303,68 €	6.245,26 €	14.272,35 €	7.662,10 €	15.401,90 €	9.115,76 €	16.855,55 €	11.330,77 €	19.070,56 €
Alternativa 3	11.534,53 €	20.139,70 €	8.099,71 €	17.388,03 €	6.119,88 €	15.752,96 €	7.373,80 €	16.662,12 €	8.543,96 €	17.832,27 €	10.326,98 €	19.615,30 €
Alternativa 4	11.627,96 €	20.050,18 €	8.136,74 €	17.227,58 €	6.121,87 €	15.550,15 €	7.392,03 €	16.482,87 €	8.592,49 €	17.683,33 €	10.421,70 €	19.512,54 €
Alternativa 5	14.885,80 €	27.790,45 €	10.656,57 €	24.585,68 €	8.236,79 €	22.682,93 €	9.811,77 €	23.740,88 €	11.173,57 €	25.102,68 €	13.248,61 €	27.177,73 €
Alternativa 6	14.945,46 €	27.968,04 €	10.706,77 €	24.763,18 €	8.282,27 €	22.860,43 €	9.861,97 €	23.918,38 €	11.223,77 €	25.280,18 €	13.298,81 €	27.355,22 €
Alternativa 7	12.742,94 €	24.170,37 €	9.165,56 €	21.500,18 €	7.122,72 €	19.915,18 €	8.461,83 €	20.796,45 €	9.596,23 €	21.930,85 €	11.324,77 €	23.659,39 €
Alternativa 8	13.661,96 €	22.466,99 €	9.436,69 €	18.940,74 €	6.987,39 €	16.844,21 €	8.505,95 €	18.009,99 €	10.006,29 €	19.510,34 €	12.292,45 €	21.796,49 €
Alternativa 9	15.202,88 €	22.825,87 €	10.254,99 €	18.483,16 €	7.365,89 €	15.899,47 €	8.451,52 €	16.679,68 €	11.493,40 €	19.721,57 €	17.464,77 €	25.692,94 €
Alternativa 10	28.604,30 €	36.925,34 €	18.613,64 €	27.595,27 €	12.725,03 €	22.040,04 €	11.802,40 €	20.784,03 €	24.163,77 €	33.145,40 €	59.196,21 €	68.177,84 €

8- Justificación del sistema elegido.

Primeramente hay que decir que la tendencia actual de Confederación Hidrográfica del Duero es a exigir a todas las zonas regables dependientes del embalse de Barrios de Luna, debido a la sobre explotación de dicho embalse, a la construcción de la mayor cantidad posible de balsas de acumulación de agua para la acumulación de agua procedente del río Omaña, con el fin de descargar el peso de suministro de agua de riego del embalse del Luna.

Teniendo esto presente y de cara a la elección de una de las alternativas estudiadas como la más interesante, hay que discernir entre la que puede ser más económica desde un punto de vista de inversión inicial en infraestructuras pero que a posteriori pueda condicionar la viabilidad de la obra por unos altos costes de mantenimiento y explotación y la que por el contrario, tenga un coste de inversión inicial más elevado pero con menores costes de explotación.

Por ello, exclusivamente desde un punto de vista de inversión inicial se puede afirmar que la alternativa 2 es la más viable. Sin embargo, éste ahorro económico viene determinado por una menor capacidad de almacenamiento de agua de la balsa. Ello condiciona que deba de existir períodos de tiempo en los que el suministro de agua a la red deba de tomarse directamente del Canal principal. Esta condición técnicamente no es recomendable puesto que reduce la capacidad de maniobra de la explotación del sistema de riego al estar totalmente condicionados al aporte de agua del canal sin margen de recuperación por imprevistos. Además de lo anterior es una de las alternativas que tiene los costes energéticos de explotación más elevados.

Como opción antepuesta a ésta están las alternativas 5 y 6 que son las que tiene los costes de inversión más elevados. Éste incremento de inversión viene determinado por la necesidad de ejecutar 2 balsas de gran capacidad, una red de riego de mayor

dimensión, un bombeo de mayor potencia y una tubería de abastecimiento de sección considerable.

Como característica de éstas alternativas está la duplicidad de un acúmulo de agua y un manejo del horario de riego más flexible. Sin embargo, el alto coste de inversión y los altos costes de explotación por la necesidad de un bombeo de elevación muy potente no hacen aconsejable dichas opciones; teniendo en cuenta la actual tendencia del sistema tarifario de la energía.

Buscando un equilibrio entre el coste de inversión y el coste de explotación las alternativas más aconsejables son la alternativa 3 y la 9. Ambas, con 2 redes de riego donde se busca una distribución de las presiones por zonas topográficamente homogéneas.

Permiten ajustar los costes y consumos energéticos para cada uno de los 2 sectores de riego, adecuándolos e independizándolos a las demandas específicas de cada una de las 2 zonas de riego, teniendo en cuenta además la heterogeneidad topográfica del conjunto de la zona regable.

Sin embargo, a pesar de que dentro del balance coste de inversión coste de explotación ambas alternativas están prácticamente equilibradas, se opta por la alternativa 9 puesto que ésta permite disponer de 2 balsas de regulación de agua acordes a los sectores a desarrollar, mientras que con la alternativa 3 se tiene una única balsa que nutriría a ambos sectores. Esto supone una desventaja ante una eventual avería en el abastecimiento de agua a cualquiera de los sectores y también el echo de la necesidad de realizar un sistema de hincado de tuberías para atravesar la actual vía férrea, lo que supone un riesgo añadido.

Además, realizando un análisis de los costes de inversión y energéticos de ambas alternativas y teniendo en cuenta que el coste de inversión de la alternativa 3 es superior al de la 9, se puede observar que incrementando el dimensionado de la red de

riego de la alternativa 9, se puede afinar algo más en el consumo energético y por tanto reducir la diferencia energética entre ambas.

Por ello, considerando la alternativa 9 como la más aconsejable tanto desde el punto de vista de la inversión inicial como en el uso y explotación de la misma, se tiene un coste de ejecución de 26.000.718 € (CI, BI e IVA incluidos), de los cuales financia la CCR en 25 años 6.240.172 €, saliendo un coste anual de 110,45 €/ha más intereses financieros.

9.- Cartografía y topografía.

Para el desarrollo del presente Estudio de alternativas se ha dispuesto de la cartografía procedente de varias fuentes y que se describen a continuación:

- Modelo digital del terreno en rejilla de 5 m.
- Ortofotografías aéreas, en formato ecw, correspondientes al vuelo del Plan Nacional de Ortofotografía aérea, bloque noroeste de 25 cms del año 2008 y proyectados en ETRS89.
- Curvas de nivel obtenidas a partir de malla de puntos de vuelo fotogramétrico del PNOA con equidistancia cada 1 metro.
- Cartografía vectorial catastral con los planos parcelarios de los Términos Municipales afectados.

10.- Conclusiones.

A) Costes de reparación de las actuales infraestructuras.

A la vista de las visitas realizadas a la zona regable se observó un importante deterioro del Canal principal. Según valoraciones aportadas por la propia CCR

actualmente se han realizado inversiones para el mantenimiento del mismo de 80.000 € en el año 2007 y de 100.000 € presupuestados para el año 2008 que en el momento presente todavía no se han ejecutado.

La realización de dichas operaciones de mantenimiento no exime de una reparación general y exhaustiva del Canal. Reparación, que se estima alrededor de unos 250 €/ml de Canal, por otras obras de carácter similar realizadas por ésta Sociedad.

Considerando una longitud aproximada de 12 km de Canal dentro de la zona regable, el coste de reparación general del mismo rondaría los 3.000.000 € de ejecución material, a lo que sumando los costes generales, beneficio industrial de una empresa constructora e IVA rondaría los 4.245.600 €.

Al coste de reparación del Canal de Villares habría que sumar una reparación de la actual infraestructura de acequias de hormigón. Anualmente la CCRR tiene unos costes de mantenimiento de las acequias de 15.000 €/año, considerando personal y brea para el sellado de fugas y fisuras. Sin embargo, al igual que sucede con el Canal principal estas labores de mantenimiento resultan escasas; por lo que sería necesario una reparación general de las mismas. Actualmente el coste de reparación y reposición de acequias de distribución secundaria ronda los 3.400 €/ha de ejecución material. Estimando necesaria la sustitución de 2/3 de las acequias de la zona regable, el coste de reposición de acequias oscilaría entorno de 7.246.390 € costes generales, beneficio industrial e IVA incluidos.

A los costes anteriormente indicados habría que contemplar el de sustitución de la actual turbina de elevación por una nueva, puesto que el deterioro de la misma es notable y es necesario complementarla con la ayuda de un generador de gasoil, el cual a día de hoy tiene un coste de explotación de 14.000 € entre gasoli y personal al cuidado del mismo.

B) Costes de la modernización.

Teniendo en cuenta lo dicho en el apartado 8.- Justificación del sistema elegido se considera los costes de la alternativa 9 como coste aproximado de la modernización.

Por ello, se tiene un coste de ejecución de 26.000.718 € (CI, BI e IVA incluidos), de los cuales financia la CCR en 25 años 6.240.172 €, saliendo un coste anual de 110,45 €/ha más intereses financieros.

C) Compensaciones económicas.

Con el actual sistema de riego en acequias por gravedad y para posibilitar el riego por aspersión a cultivos como la remolacha y la patata, que junto con el maíz son predominantes en la zona; es necesario el empleo de grupos motobomba a gasoil.

Éstos grupos motobomba tienen un consumo aproximado de unos 23 l gasoil/ha, incluyendo el gasto de combustible para el transporte de los mismos de las parcelas a las naves. Considerando una media de 12 riegos para la remolacha y la patata por campaña se obtiene un gasto de combustible de 276 l gasoil/ha.

Debido a las tensiones en los mercados del crudo existen importantes oscilaciones del precio del gasoil, con una media en el año 2007 de 0,75 €/l y de 0,83 €/l en el año 2008. A pesar de que el precio del mismo a lo largo del año 2009 ha tenido una tendencia a la baja, situándose el precio del mismo a día de hoy en 0,671 €/l, la evolución del precio del mismo sigue siendo alzista.

Por ello, y haciendo una media del precio del gasoil de los 3 últimos años, se tiene que el precio del combustible de los grupos motobomba ronda los 0,75 €/l. Por ello, el coste del bombeo para el riego por aspersión en parcela, tal y como se hace actualmente en la zona objeto de éste análisis, ronda los 207 €/ha de gasoil.

Éste coste es superior al coste de la energía eléctrica de un bombeo a una red de riego presurizada.

Al coste anterior hay que considerar el de amortización de los equipos motobomba, para ello considerando un equipo motobomba con un precio que ronda actualmente los 12.000 € y una vida útil de 7 años para un uso de 12 has/campaña de riego. Tras los 7 años se le podría realizar una rectificación con un coste de 3.000 € y una vida útil de 5,5 años. Por lo que para 25 años de vida útil el coste sería de 30.000 €, de éste análisis se obtiene una amortización anual de 100 €/ ha y año.

Además de lo anterior, para el caso del cultivo del maíz, está totalmente demostrado que el riego del mismo genera un incremento de las producciones del orden del 30 %. Considerando una producción media de 9.000 kg/ha y al precio actual del maíz de 13,82 céntimos de € se obtiene un incremento económico por incremento de producción de 373,22 €/ha.

D) Tabla resumen.

		Coste total (IVA y Costes Ejecución incluidos)	Coste/ha (IVA y Costes Ejecución incluidos)	Coste/ha/año (IVA y Costes Ejecución incluidos)	€/ha
Coste reparación red secundaria de acequias		7.246.390 €	3206.37 €	128.25 € (25 años)	
Coste Modernización	Alt. 3	7.044.179	3116.89	124.68 € (25 años)	
	Alt. 9	6.240.173	2761.14	110.45 € (25 años)	
Coste energético	Sin modernización		207 (+100 amortz)		
	Alt. 3		119.85		
	Alt. 9		150.45		
Incremento producciones (30% de maíz)	Sin modernización				0
	Con modernización				373.22

Ahorro en amortización de obra	10,69 €
Ahorro energético en el riego	171,85 €
Incremento de producción en maíz	373,22 €

E) Conclusiones finales.

Como conclusión y a la vista de los resultados obtenidos del presente estudio se puede afirmar que la realización de una obra de mejora y modernización de la presente

red de suministro de agua de la Comunidad de Regantes del Canal Alto de Villares, con los parámetros considerados resulta totalmente viable desde el punto de vista Técnico y Económico. Produciendo un importante ahorro de agua y una reducción de los costes de explotación de los agricultores por unidad de superficie.

11.- Planos.

Se adjunta en la presente documentación los planos correspondientes a la propuesta presentada a la red de riego de los sectores de dicha actuación, estos son:

- Plano Nº 1.- Situación y Emplazamiento
- Plano Nº 2.- Planta general red de riego alternativa 1
- Plano Nº 3.- Planta general red de riego alternativa 2
- Plano Nº 4.- Planta general red de riego alternativa 3
- Plano Nº 5.- Planta general red de riego alternativa 4
- Plano Nº 6.- Planta general red de riego alternativa 5
- Plano Nº 7.- Planta general red de riego alternativa 6
- Plano Nº 8.- Planta general red de riego alternativa 7
- Plano Nº 9.- Planta general red de riego alternativa 8
- Plano Nº 10.- Planta general red de riego alternativa 9
- Plano Nº 11.- Planta general red de riego alternativa 10

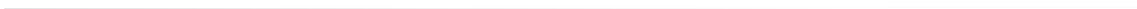
Autor del estudio

VºBº del Director Técnico

Fdo.: Ricardo Redondo Rodríguez

Fdo.:Alberto Pulgar Zayas

Anexo I.- Datos hidráulicos de las redes de riego.



Anexo II.- Datos económicos de las redes de riego.

Anexo III.- Flujos de caja de la inversión.

Planos.

