

PROPUESTA DE LA MODERNIZACIÓN DE LOS REGADÍO DEL PANTANO DE LAS NAVAS E AYERBE



Escuela Politécnica Superior de Huesca



Emilio Soubies Alcacera

Septiembre 2015

Agradecimientos:

A D. José Antonio Cuchi por su disposición en todo momento.

A D. José Alacera y Fernando Esco por la amabilidad de su tiempo y colaboración,

Al Ayto. de Ayerbe por las facilidades en la recapitulación de información,

Al Sindicato de riego de Las Navas y facilidades prestadas.

ÍNDICE

1. Revisión bibliográfica y antecedentes históricos de los regadíos de Ayerbe	4
2. Objeto de estudio	7
3. Metodología.....	8
4. Descripción de la zona.....	9
4.1. Emplazamiento y caracterización de la zona	9
4.2 Estudio climatológico.....	11
4.3. Necesidades hídricas	20
4.4. Estudio de suelos.....	23
5. Estudio del estado actual de las infraestructuras de riego	29
6. Estudio de los cultivos actuales y posibles alternativas	51
7. Propuesta de modernización.....	54
7.1. Mejoras en la red de distribución	55
7.2. Mejoras a nivel de parcela.....	59
7.3. Nuevos almacenamientos de agua	61
8. Presupuesto.....	63
9. Conclusiones y recomendaciones.....	64
10. Bibliografía.....	65
11. Anejos.....	66

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DE LOS RIEGOS DE AYERBE

Ayerbe está situada al pie del Prepirineo aragonés, entre el llano y la montaña, y en las cercanías del río Gállego. Es una de las localidades clave del Somontano oscense, parada en el camino entre Jaca y Zaragoza, estación del ferrocarril de Canfranc y feria importante, para San Miguel, en el mundo de la ganadería.

Ayerbe se fundó en época medieval, aunque hay diversos yacimientos romanos, de pequeñas dimensiones, en su entorno. El cerro testigo que alberga a la localidad, hoy conocido como San Miguel, tomó importancia con la construcción del castillo de Loarre, en época de la formación del reino de Aragón. La localidad fue conquistada por el rey Sancho Ramírez y años más tarde, con la conquista de Zaragoza, la localidad descendió al llano y pasó a ser propiedad de la familia Jordán de Urriés.

Como la mayoría de las medianas localidades aragonesas, Ayerbe ha sido una localidad con una fuerte relación con el riego. Su única fuente de agua, era el río Seco. Este desciende de la cercana sierra de la peña del Sol y ha sido capturado, a la altura de Ayerbe por el barranco de San Julián. En un pasado indefinido, el río continuaba hacia el sur, por el valle del actual arroyo Vaduello y desembocaba en el Gállego a la altura de Biscarrués.

A pesar del nombre del río, este tiene asociado un pequeño acuífero que aflora en la zona de Fontobal. Históricamente, Ayerbe regaba del río Seco, en los sistemas de Fontobal y San Julián. Aparentemente, solo se regaban los huertos alrededor del núcleo urbano. Como mucho podían regar un total de 100-110 hectáreas. Otros sistemas de riego, como Mondot-Rosel, se encontraban a bastante distancia y sus tierras estaban en manos de unas pocas familias.

Desde el siglo XVI, el aumento de población, creó una cierta inquietud con respecto a cuestiones alimentarias. Hay intentos de nuevos regadíos desde esa época. La inquietud aumentó durante el siglo XIX y cristalizó a inicios del siglo XX con la construcción del embalse de Las Navas, con un trasvase desde el río Astón. Con el pantano se aumentó la zona regable considerablemente, llegando a unas teóricas 920 hectáreas entre los términos de Ayerbe y Losanglis.

Este embalse y sus sistemas han pasado por diversas vicisitudes, que se detallan más adelante. En principio hubo un fuerte interés en expandir el regadío. Sin embargo a partir de 1960, coincidiendo con un fuerte proceso de despoblación, se perdió mucho interés por el mismo. A partir del 2000, reaparecieron ciertas expectativas sobre cultivos leñosos. En estas circunstancias, parece interesante elaborar un trabajo sobre la modernización de este sistema.



Figura 1. Acueducto abandonado sobre el río Seco. Al parecer sólo se utilizó una campaña de riegos en Labanera. Hoy considerado como tierra de secano en la concentración parcelaria del tm. de Loarre.

2. OBJETIVOS

En el presente trabajo se redacta la memoria como proyecto Fin de Carrera de la Ingeniero Técnico en Explotaciones Agropecuarias. Simultáneamente sirve a modo de anteproyecto para la modernización de riego en Ayerbe.

Los objetivos que se proponen son:

- Realizar el Proyecto Fin de Carrera del autor.
- Analizar la situación de riego actual e infraestructuras de la comunidad de regantes de Las Navas T.M. Ayerbe.
- Realizar un estudio de los cultivos actuales y los posibles cultivos más favorables según la dotación de agua.
- Proponer una modernización de los regadíos actuales para obtener un mayor rendimiento de las parcelas minimizando las pérdidas de agua.

3. METODOLOGÍA

El desarrollo de los objetivos planteados obliga a determinar una metodología adecuada que se ha tomado de trabajos similares y que tiene las siguientes fases:

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

- Descripción de la zona de estudio.
- Definición de las zonas regables pertenecientes a la localidad de Ayerbe.
- Estudio del estado de las infraestructuras de la comunidad de regantes, que incluye el pantano de Las Navas, la acequia principal que sale del pantano y la red de acequias secundarias.

ESTUDIO DE CULTIVOS

- Estudio de los cultivos actuales y posibles problemáticas agronómicas.
- Determinación de la dotación de riego por unidad de superficie.
- Proponer nuevos cultivos con mayor rentabilidad.

PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN

- Definición de la propuesta de las nuevas conducciones de agua.
- Plantear nuevas reservas de agua para aumentar la dotación de riego.
- Diseño de la nueva red de acequias principal.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

4.1. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

La zona objeto de estudio se sitúa en la localidad de Ayerbe, dentro de la comarca aragonesa de La Hoya de Huesca. Ésta se asienta en una depresión de fondo plano modelado al pie de las sierras Prepirenaicas de Loarre, Javierre y Guara, limitada a oriente y occidente por los ríos Alcanadre y Gállego.



Figura 2. Situación Hoya de Huesca en Aragón.

La superficie de la comarca de la Hoya de Huesca son 2.526 Km² y el total de municipios de dicha comarca, cuya capital administrativa es Huesca, son 40. La población en el año 2.006 era de 64.531 personas. La densidad de población en el año 2.006 en la provincia de Huesca era de 13,8 habitantes/Km² y en la Hoya de Huesca 26,55 habitantes/Km².

Los usos mayoritarios del suelo son el cultivo en secano y la superficie forestal, prados y pastizales, siendo aproximadamente las hectáreas dedicadas a cada uno de 13.125 hectáreas.

población se está estabilizando, en parte asociado al turismo del castillo de Loarre, Los mallos de Riglos y las aguas bravas del Gállego.

Un aparte importante de la población en Ayerbe, está relacionada con el sector Servicios. Sin embargo la agricultura es un sector importante. La mayor de ésta se relaciona con el secano. Sin embargo, el regadío en Ayerbe se considera como un activo importante, como lo prueba la polémica que se ha suscitado en torno a la clasificación de suelos en la actual propuesta de concentración parcelaria.

La superficie de regadíos en estudio para el presente trabajo, abastecida por el pantano de Las Navas, es de aproximadamente 920 hectáreas, todas ellas en el T.M. de Ayerbe.

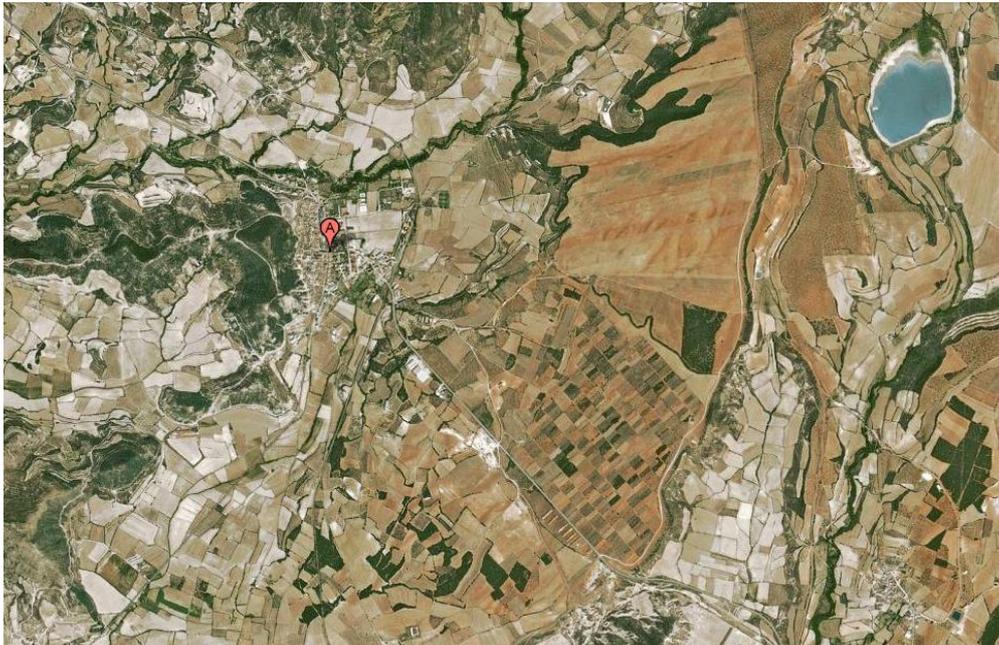


Figura 5. Vista aérea de la zona regable del embalse las Navas. Iberpix.

4.2. ESTUDIO CLIMATOLOGICO

Los datos climáticos para la realización del estudio climatológico se han tomado de la estación agroclimática disponibles en la Oficina del Regante. Se toma la estación de Gurrea de Gállego, dado que es la más cercana, 29,5 km, a la zona objeto de la transformación y cuyas coordenadas son UTMX: 688023.0 m y UTMY: 4651685.0 m; a una altitud de 363 metros sobre el nivel del mar. La serie de datos termopluviométricos tomada corresponde a un periodo de 10 años, de 2001 a 2010, ya que no se dispone de datos de más años.

4.2.1. Factores climáticos

La climatología tiene una incidencia fundamental en el riego y en el tipo de cultivo a cultivar en la zona.

-Temperatura:

La temperatura de la zona ha sido calculada mediante la media aritmética de las temperaturas medias de los valores de los 10 años.

La temperatura media es de 14,22 °C.

La temperatura media máxima es de 19,97 °C (Julio).

La temperatura media mínima es de 8,43 °C (Diciembre).

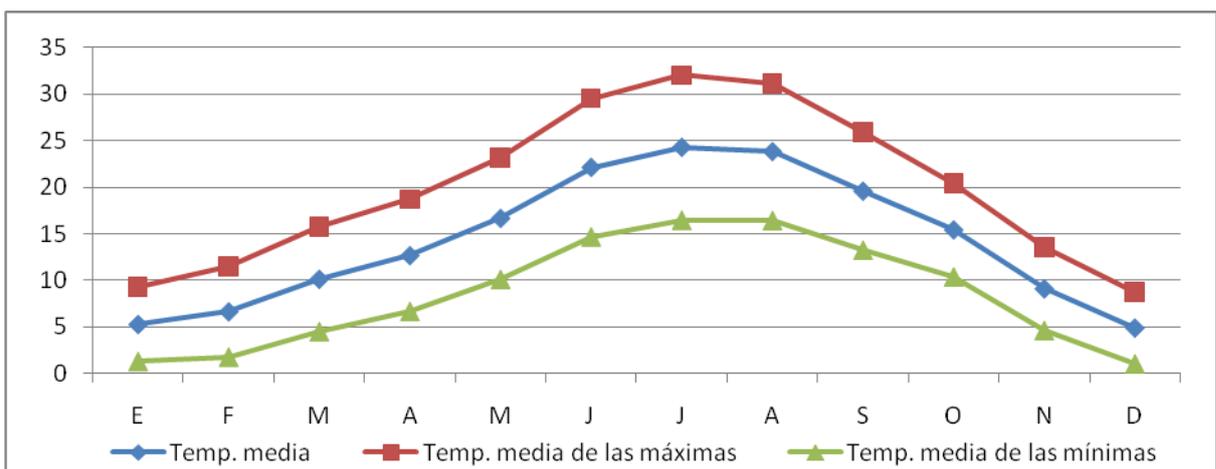


Figura 6. Evolución de las temperaturas medias mensuales en Gurrea de Gállego a lo largo del año. Fuente Oficina del Regante.

Gracias a esta tabla podemos conocer las oscilaciones de las temperaturas en esta zona que influye en el tipo de vegetación que se desarrollará en la zona. La temperatura actúa sobre los cultivos según su valor medio y también por su amplitud y ritmo de sus variaciones. También influirá en la cantidad de agua de la que dispondrá el cultivo, ya

que un aumento de temperatura conlleva a una mayor evapotranspiración, y en general en todas las funciones fisiológicas de la planta: nutrición (fotosíntesis), crecimiento, reproducción, etc.

-Precipitación:

La precipitación media anual resulta ser de 410 mm y el mes más lluvioso es Octubre. Ayerbe es en una zona en que las precipitaciones se producen normalmente en otoño y en primavera, siendo algunas veces el invierno lluvioso y el verano por lo general seco. Debe tenerse en cuenta que las precipitaciones en verano suelen ser normalmente de carácter tormentoso y por lo tanto la intensidad de lluvia es mayor y por consiguiente los días de lluvia menores que en otras estaciones.

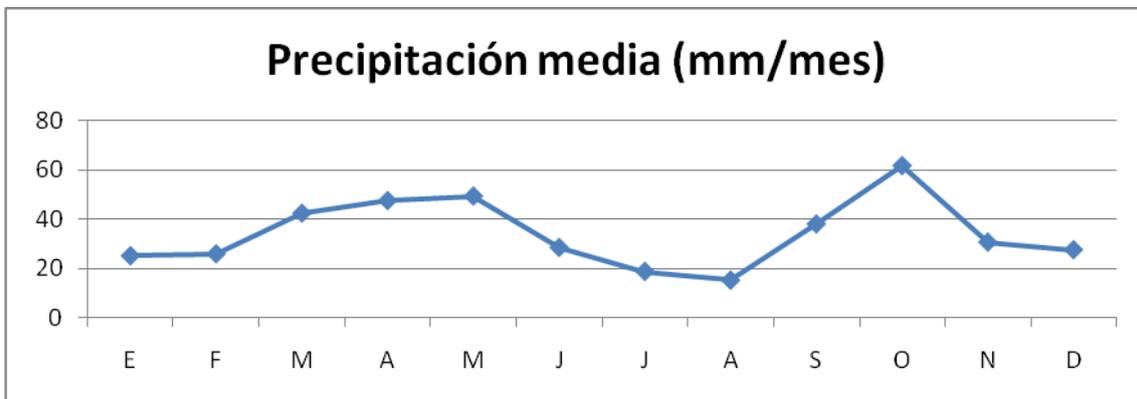


Figura 7. Evolución de las precipitaciones medias de los meses en Gurrea de Gállego.

-Humedad relativa:

La humedad relativa es un dato necesario para el cálculo de la ETo (Evapotranspiración del cultivo de referencia), y por lo tanto para el cálculo de la ETc (Evapotranspiración del cultivo). La ETc sirve para conocer las necesidades de riego.

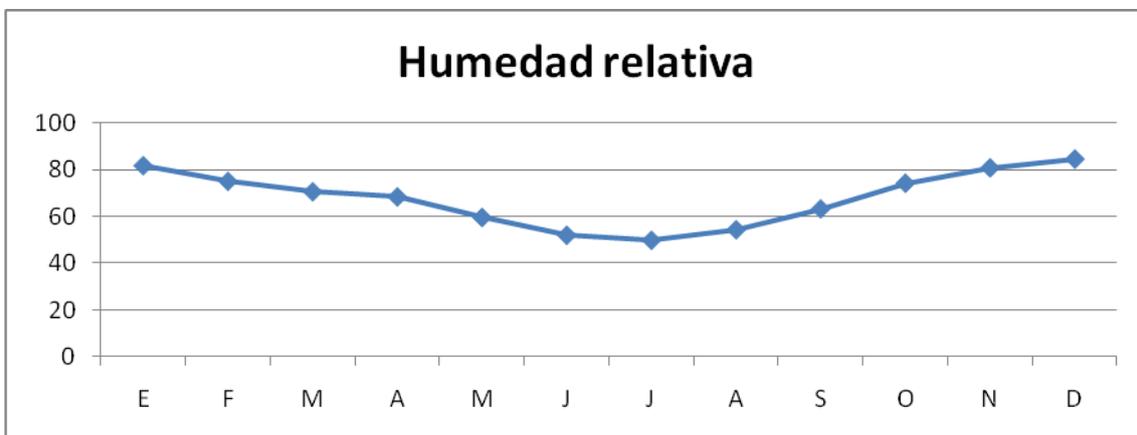


Figura 8. Evolución de humedad relativa medias por meses en Gurrea de Gállego.

La humedad relativa media anual está por encima del 51%; los meses de mayor y menor humedad relativa media son diciembre (84,46%) y julio (49,79%) respectivamente.

-Heladas:

Las heladas tienen una evidente importancia en los periodos de cultivo. El descenso de la temperatura puede acarrear la destrucción de los tejidos vegetales cuando se forman cristales de hielo dentro de la célula y desgarrar las paredes. Las heladas de primavera son mucho más graves, dado que dañan partes muy sensibles de la planta al iniciarse el crecimiento vegetativo.

A partir de la serie climática de 10 años, de 2001 a 2010, se toman los intervalos de heladas:

AÑOS	PRIMERA HELADA	ULTIMA HELADA
00-01	30-nov	2-abr
01-02	15-nov	4-mar
02-03	31-dic	03-abr
03-04	20-dic	1-abr
04-05	21-nov	3-abr
05-06	21-nov	6-abr
06-07	8-dic	10-mar
07-08	20-nov	10-mar
08-09	22-nov	6-mar
09-10	18-dic	12-mar

Cuadro 1. Periodos de helada por años en Gurra de Gállego.

El periodo medio de helada corresponde al intervalo comprendido entre el día 2 de diciembre y el 21 de marzo, en total 110 días con riesgo de heladas y 255 días libres de helada.

Según Emberguer, se divide el año en períodos según la posibilidad de producirse helada, utilizando para ello la media de las temperaturas mínimas, y da como resultado:

RIESGO	T. (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
Seguro	T. < 0°C			0
Frecuente	0°C < T < 3°C	Diciembre	Febrero	90
Poco frecuente	3°C < T < 7°C	Marzo - Abril	Noviembre	91
Muy poco frec.	T > 7°C	Mayo	Octubre	184

Cuadro 2. Clasificación de Emberguer, de los periodos de helada.

Según Papadakis, tiene en cuenta las fechas del año en que se dan temperaturas mínimas absolutas menores o igual a 0°C, a 2°C y a 7°C. Con los valores de estas temperaturas se calculan el periodo medio, el periodo máximo y el periodo libre de heladas (la totalidad del año menos el periodo medio con heladas).

Periodo	T < 0°C	T < 2°C	T < 7°C
Máximo	5 nov-10 abr (158 días)	20 oct-12 abr (176 días)	10sep-16 jun (281 días)
Medio	19 nov-18 mar (121 días)	4 nov-2 abr (151 días)	12 oct-22 may (224 días)
Libre	244 días	214 días	141 días

Cuadro 3. Clasificación del régimen de heladas según Papadakis.

T = Temperatura mínima absoluta.

Estación media libre de heladas ($t > 0^{\circ}\text{C}$): 244 días.

Estación disponible libre de heladas ($t > 2^{\circ}\text{C}$): 214 días.

Estación mínima libre de heladas ($t > 7^{\circ}\text{C}$): 141 días.

-Horas de frío:

Se denomina número de horas de frío a las horas, a lo largo del año, cuando en un determinado lugar se está a una temperatura media inferior a los 7°C. Se usa sobretodo en fruticultura.

Para su determinación se toman como referencia varios criterios:

Correlación de Mota (1957), es el número mensual de horas por debajo de 7°C, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Y = 485,1 - 28,5 \cdot X$$

Donde:

Y, es el nº mensual de horas frío

X, es la temperatura media mensual en °C.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
X	9,11	4,91	5,29	6,65	10,14
Y	225,47	345,17	334,34	295,58	196,11

Cuadro 4. Horas mensuales por debajo de 7 °C en Gurrea de Gállego.

El nº de horas frío es la suma de las Y de cada mes, es decir, $\sum Y = 1396,65$ horas frío (por debajo de 7°C).

Método de Tabuena, este método es una adaptación de la correlación de Mota al valle del Ebro. Este método calcula las horas de frío comprendidas entre el día 1 de noviembre y el 1 de abril, mediante la siguiente correlación:

$$Y = 700,1 - 48,6 X$$

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
X	9,11	4,91	5,29	6,65	10,14
Y	257,35	461,47	443,01	376,91	207,30

Cuadro 5. Horas mensuales de frío para el valle del Ebro según Tabuena.

El nº de horas frío comprendidas entre el 1 de noviembre y el 1 de abril es la suma de todas las Y ($\sum Y$), que es de 1746,04 horas frío (por debajo de 7°C).

-Viento:

El viento dominante es de dirección W-NW, frío y seco. Se origina por la diferencia de presión atmosférica entre el Cantábrico, más alta, y el Mediterráneo, más baja. Cuando se dan estas condiciones el corredor del Ebro canaliza la masa de aire que se dirige hacia el Mediterráneo y da lugar al denominado “cierzo”, que azota a todo el valle del Ebro y que con sus efectos desecantes acentúa el acusado déficit hídrico de la Depresión del Ebro. Es un parámetro poco trabajado en el valle del Ebro.

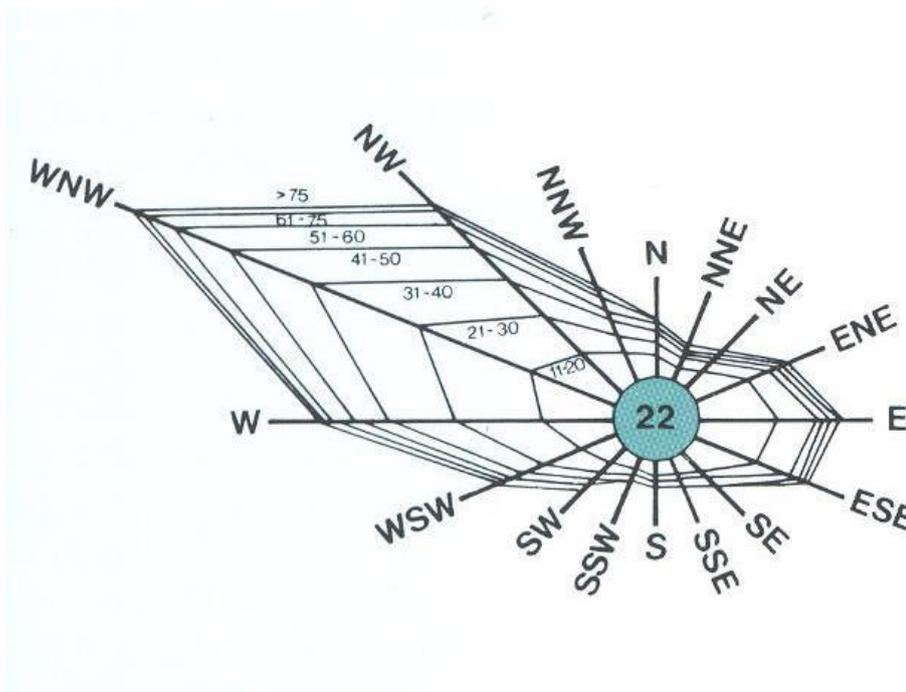


Figura 9. Rosa de los vientos. Zaragoza.

4.2.2. Índices termopluiométricos

- Índice de Lang:

Se calcula mediante la expresión:

$$I_L = \frac{P}{T}$$

Siendo:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

Entonces:

$$I_L = 410,21 / 14,22 = 28,85$$

La caracterización climática correspondiente al índice de Lang dice que se trata de una zona árida, ya que el valor calculado se encuentra en el intervalo $20 \leq I_L < 40$.

- Índice de Martonne:

Se obtiene mediante la fórmula:

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

Entonces:

$$I_M = 410,21 / (14,22 + 10) = 16,94$$

La caracterización climática, según el índice de Martonne, indica que el clima es característico de estepas y países secos mediterráneos, ya que el valor está comprendido en el intervalo $10 \leq I_M < 20$.

- Índice de Dantin Cereceda y Revenga:

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, proponen utilizar otro índice termopluiométrico que se define por la siguiente expresión:

$$I_{DR} = 100T/P$$

Entonces

$$I_{DR} = (100 \times 14,22) / 410,21 = 3,47$$

El valor calculado es 3,47 e $I_{DR} < 4$, se trata de una zona semiárida.

- Índice de Emberger:

Se calcula según la expresión:

$$Q = 100 \times P / (M^2 - m^2)$$

Siendo:

P = precipitación media anual en mm.

M = temperatura media de máxima del mes más cálido.

m = temperatura media de mínimas del mes más frío.

En este caso:

$$P = 410,21 \text{ mm}$$

$$M = 32,03 \text{ °C}$$

$$m = 1,01 \text{ °C}$$

Sustituyendo:

$$Q = 100 \times 420,21 / (32,03^2 - 1,01^2) = 40,02$$

Este valor implica clima semiárido al encontrarnos dentro del rango 30-50.

4.2.3. Clasificaciones climáticas

- Clasificación agroecológica de Papadakis:

Según el rigor del invierno es de tipo Avena (Av) cálido, ya que la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío (diciembre) es de $-5.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ que es mayor a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la temperatura media de las máximas absolutas del mes más frío se encuentra sobre 10°C ($t^a = 10.92^{\circ}\text{C}$).

Según el calor del verano corresponde al tipo Maíz (M), ya que la estación libre de heladas dura más de 4 meses y medio y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido (de mayo a octubre) es de $27,04\text{ }^{\circ}\text{C}$ que es superior a 21°C .

Combinando los tipos correspondientes al rigor del invierno y calor del verano, puede decirse que la clase térmica de la zona es AvM, clima templado.

- Clasificación climática de Köppen:

Según la clasificación de Köppen, se trata de una zona semiárida.

- Clasificación bioclimática de UNESCO-FAO:

Según la temperatura, al saber que el mes más frío es diciembre, cuya temperatura media es de $4.91\text{ }^{\circ}\text{C}$, se encuentra dentro del GRUPO 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos. Como la temperatura media de las mínimas del mes más frío es de $1.01\text{ }^{\circ}\text{C}$, entonces se trata de un invierno moderado.

Según la aridez lo clasifica como monoxérico ya que en el diagrama ombrotérmico solo aparece un periodo seco a lo largo de todo el año.

Según los índices xerotérmicos, al obtenerse un $\Sigma X_m \text{ TOTAL}$ de 79.22, por lo tanto este valor pertenece al intervalo $75 < IP_x < 100$, le corresponde la clasificación climática de mesomediterráneo acentuado.

De acuerdo con los valores de estos tres factores se engloba el clima dentro de los cálidos, templado-cálido y templado, es monoxérico y se clasifica como mesomediterráneo acentuado.

- Clasificación climática de Thornthwaite:

Según el índice de humedad, el valor de I_h se encuentra comprendido en el intervalo $-20 > I_h \geq -40$, entonces el tipo de clima es semiárido, y le corresponde la sigla D.

Según la eficacia térmica, al ser la ETP anual de $789,56\text{ mm}$, es decir, 78.96 cm ; luego se encuentra comprendida en el intervalo $85.5 > ETP \geq 71.2$. Por lo tanto es un clima mesotérmico, y la sigla B'₂.

Según la variación estacional de la humedad, como en este caso el clima es del tipo D, se usará el valor del I_E que es nulo. Por lo tanto, pertenece al intervalo de $10 > I_E \geq 0$, que dice que hay un nulo o pequeño exceso de humedad, su sigla es d.

Según la concentración térmica en verano, como C_V corresponde al intervalo $68.0 > C_V \geq 61.6$, le corresponde una moderada concentración de la eficacia térmica en verano y la sigla b'_1 .

En consecuencia, el clima de la zona, de acuerdo con los datos obtenidos puede considerarse como $D B'_2 d b'_1$:

“Clima semiárido, segundo mesotérmico, con nulo exceso de humedad durante el invierno y moderada concentración de la eficacia térmica en verano”.

4.3. NECESIDADES HÍDRICAS

Al objeto de poder definir las posibles actuaciones en la presente memoria de modernización que optimicen el uso del agua de riego de las comunidades de regantes sometidas a estudio se ha realizado una estimación de las necesidades de riego brutas para la zona estudiada. Se consideran los cultivos más interesantes para la zona de Ayerbe: almendro, cerezo, olivo, viñedo que se justifican en el apartado correspondiente.

Para el cálculo de la ETc de cada cultivo se utiliza la ET₀ que se ha calculado por el método Blaney-Criddle-FAO.

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

Donde ET₀ es la evapotranspiración de referencia y Kc es el coeficiente del cultivo.

ALMENDRO			
Meses	Eto	Kc	ETc (mm/mes)
Enero	14,71	0	0
Febrero	30,86	0	0
Marzo	74,32	0,3	22,30
Abril	94,88	0,6	56,93
Mayo	141,62	0,9	127,46
Junio	191,63	0,9	172,47
Julio	222,19	0,9	199,97
Agosto	202,05	0,8	161,64
Septiembre	128,27	0,8	102,62
Octubre	75,01	0	0
Noviembre	28,99	0	0
Diciembre	10,63	0	0
	TOTAL (mm/año)		843,376

Cuadro 6. Valores de Eto y Kc utilizados para el cultivo de almendro.

CEREZO			
Meses	Eto	Kc	ETc (mm/mes)
Enero	14,71	0	0
Febrero	30,86	0	0
Marzo	74,32	0	0,00
Abril	94,88	0,5	47,44
Mayo	141,62	0,9	127,46
Junio	191,63	1,2	229,96
Julio	222,19	1,3	288,85
Agosto	202,05	1,3	262,67
Septiembre	128,27	1,2	153,92
Octubre	75,01	0,4	30,00
Noviembre	28,99	0	0
Diciembre	10,63	0	0
	TOTAL (mm/año)		1140,294

Cuadro 7 Valores de Eto y Kc utilizados para el cultivo de cerezo.

OLIVO			
Meses	Eto	Kc	ETc (mm/mes)
Enero	14,71	0	0
Febrero	30,86	0	0
Marzo	74,32	0,7	52,02
Abril	94,88	0,6	56,93
Mayo	141,62	0,6	84,97
Junio	191,63	0,5	95,82
Julio	222,19	0,5	111,10
Agosto	202,05	0,5	101,03
Septiembre	128,27	0,6	76,96
Octubre	75,01	0,6	45,01
Noviembre	28,99	0	0
Diciembre	10,63	0	0
	TOTAL (mm/año)		623,827

Cuadro 8. Valores de Eto y Kc utilizados para el cultivo de olivo.

VIÑEDO			
Meses	Eto	Kc	ETc (mm/mes)
Enero	14,71	0	0
Febrero	30,86	0	0
Marzo	74,32	0	0,00
Abril	94,88	0	0,00
Mayo	141,62	0,48	67,98
Junio	191,63	0,68	130,31
Julio	222,19	0,82	182,20
Agosto	202,05	0,86	173,76
Septiembre	128,27	0,80	102,62
Octubre	75,01	0,67	50,26
Noviembre	28,99	0	0
Diciembre	10,63	0	0
	TOTAL (mm/año)		707,1175

Cuadro 9. Valores de Eto y Kc utilizados para el cultivo de viña.

4.4. ESTUDIO DE SUELOS

Existe una clara relación entre éxito de un regadío y la calidad de suelos.

Estos pueden presentar problemas por salinidad y sodicidad, generalmente asociados a problema de encharcamiento y bajo drenaje, que inducen toxicidades que limitan el rendimiento. En el caso contrario, algunos suelos de buena calidad tienen muy altas permeabilidades, de modo que se consumen importantes volúmenes de agua e riego, especialmente en riego a manta.

En el caso de los regadíos de las Navas de Ayerbe, se detectan tres tipos de suelos.

- Suelos de sasos, sobre depósitos de grava aluviales, en antiguos glaciares de piedemonte. Son buenos suelos, bastante llanos. Dominan los cantos de caliza. Muy permeables y pueden presentar horizontes petrocálcicos.
- Suelos sobre materiales del Mioceno. Básicamente arcillosos con niveles de areniscas. Dan suelos incipientes. Son poco permeables y muy erosionables. En su mayoría en laderas de cerros testigos. En el pasado abancalados. Hoy generalmente abandonados. En algunas zonas (Monzorrobal, Turuñana) presentan problemas de salinidad.
- Suelos sobre rellenos aluviales de tipo arcilloso. Derivados de los segundos, rellenan el fondo de los valles. Muy visibles en el entorno del núcleo de Ayerbe. Pueden incorporar restos de caminos, etc. En las zonas meridionales (Contienta, Valderasal) pueden presentar problemas de salinidad y sodicidad.



Figura 10. Suelo tipo Inceptisol en relleno Plioceno. Fuente de San Julián en Ayerbe. Altura aproximada 1 m.

Los suelos más interesantes desde el punto de vista de cultivo de leñosos, son los relacionados con los glaciares. A continuación se presentan los datos de un suelo, situada junto a una bodega, en el Saso de Ayerbe, y que aparece en el libro “Itinerarios edáficos por el Alto Aragón”. Es una calicata ubicada en el Saso de Ayerbe, coordenadas UTM 30 T 0691990-4682290, y se encuentra a 600 msnm. El uso del suelo y de la vegetación es de viñedo en secano, en mosaico con cereal de invierno y almendros, y carrascas. El material original del suelo son cantos rodados, especialmente calizas detríticas gruesas. En general se trata de un suelo pedregoso, con buen drenaje, y sin afloramientos rocosos, la CRAD es muy baja, y el régimen de humedad: Xérico; el régimen de temperatura es méxico. El suelo se clasifica como un Calcisol pétrico. Sus propiedades químicas son

Horizontes	Ap1 (0-10cm)	Ap2 (10-30 cm)	Bk (30-65 cm)
pH H ₂ O	8,4	8,3	8,3
pH KCl	7,6	7,5	7,5
Caliza total (%)	13,1	10,2	27,9
C oxid. (%)	1,86	1,40	1,03
MO (%)	3,21	2,41	1,78
N (%)	0,158	0,118	0,105
C/N	11,8	11,8	9,8
P-Olsen	26	16,2	4,5

Cuadro 10. Propiedades químicas de suelo de Saso de Ayerbe.

Complejo de cambio (AcONH ₄)			
Horizontes	Ap1 (0-10cm)	Ap2 (10-30 cm)	Bk (30-65 cm)
Ca ²⁺ (cmol/kg)	44,9	39	36,7
Mg ²⁺ (cmol/kg)	0,6	0,9	0,66
Na ⁺ (cmol/kg)	0,07	0,08	0,09
K ⁺ (cmol/kg)	0,9	0,43	0,29
Suma cationes (cmol/kg)	46,5	40,8	37,7
CIC (cmol/kg)	26,8	25,4	21,6
Cationes basificantes (%)	100	100	100

Cuadro 11. Propiedades químicas del complejo de cambio en suelo en Saso de Ayerbe.

Granulometría			
Horizontes	Ap1 (0-10 cm)	Ap2 (10-30 cm)	Bk (30-65 cm)
Arena gruesa (%)	11,2	10,8	16,5
Arena fina (%)	39,5	36,8	45,2
Limo grueso (%)	8,5	11,1	7,9
Limo fino (%)	10,8	12,3	17
Arcilla (%)	30	29	13,4
Clase USDA	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillo- arenosa	Franco-arenosa
Elem. grueso (% p/p)	56,5	60,1	81,5

Cuadro12. Granulometría de suelo en Saso de Ayerbe.

La CRAD se define como la máxima cantidad de agua en el suelo que queda disponible para las plantas, se calcula mediante la siguiente expresión. Para los suelos de Ayerbe se ha obtenido una CRAD muy baja, por lo que probablemente, se manejan valores de CRAD menores a los 64 mm en 1,5 m de suelo, ya que el suelo es de régimen xérico. Esto va a tener sus consecuencias a la hora de planificar el riego, ya que probablemente, se van a obtener unas dosis máximas de riego algo bajas, por lo que habrá que optar por un sistema de riego que aplique bajas dosis de agua, a altas frecuencias. Este suelo tiene un pH al agua medio para los tres horizontes de 8,3, por lo que se trata de un suelo de reacción básica. La salinidad es baja. La materia orgánica varía en profundidad. El horizonte Ap de regadío, de 30 cm de espesor, tiene un contenido en MO del 4,4%. El horizonte Bk de 1,78 %. Son niveles aceptables para riego. La reacción al HCl es positiva, indicando un alto contenido en carbonato cálcico. Esto viene corroborado por los niveles de caliza activa: 11,6 % en los horizontes Ap, y del 27,9 en el horizonte Bk; por lo que es un contenido alto y habrá problemas, sobre todo a nivel de asimilación de nutrientes, así que habrá que tenerlo en cuenta en el abonado. Este suelo tiene un contenido en nitrógeno medio del 0,14 % en los horizontes Ap, y del 0,105 en el horizonte Bk. Se trata de contenidos medios. Hay que señalar que la mayor parte de este nitrógeno está forma orgánica, y por lo tanto no se encuentra en formas asimilables para las plantas. La relación C/N es del 11,8 en los horizontes Ap, y del 9,8 en el horizonte Bk. Para el nivel superior es alta. Habría que tener en cuenta estas relaciones al planear la fertilización con materia orgánica. La capacidad de Intercambio Catiónico, CIC, media de 26,1 cmol/kg (26,1 meq/100g) en los horizontes Ap, y del 21,6 en el horizonte Bk; se trata de contenidos altos en los horizontes Ap, y de contenidos medios en el horizonte Bk. Los iones extraíbles mediante AcONH_4 , se consideran integrantes del complejo de cambio catiónico. El

contenido medio en Na^+ de los horizontes Ap es del 0,075 cmol/kg, y del 0,09 cmol/kg en el horizonte Bk. Para tipificar mejor el riesgo de alcalinización del suelo calcula el SAR (Riesgo de Alcalinización del suelo) y el PSI para este suelo. El SAR para los horizontes Ap resulta ser de 0,016; y para el horizonte Bk, de 0,02. Estos valores indican unos riesgos bastante bajos de sodificación del suelo. El porcentaje de Sodio Intercambiable del suelo (PSI) es del 1,2 % para los horizontes Ap, y también para el Bk, este es un valor normal. En general, valores de PSI por debajo del 15 % no generan problemas en los suelos. Estos tienen un contenido en Ca^{2+} de 41,2 meq/100g en los horizontes Ap, mientras que en la capa Bk, el contenido es de 36,7 meq/100g, siendo la CIC de 26,1 meq/100g. Esto indica que el contenido en calcio es muy alto en todo el perfil. En principio, la presencia de este catión en el suelo es deseable, ya que contribuye a mantener la estructura de los agregados del suelo, e impide la fijación del Na^+ al complejo de cambio. El perfil tiene un contenido en Mg^{2+} de 0,75 meq/100g en los horizontes Ap, mientras que en el horizonte Bk el contenido es de 0,66 meq/100g, siendo la CIC de 26,1 meq/100g, con todo esto, la proporción de magnesio en el complejo de cambio es correcta. Se tiene un contenido en K^+ de 0,66 meq/100g en los horizontes Ap, mientras que en el horizonte Bk el contenido es de 0,29 meq/100g, siendo la CIC de 26,1 meq/100g, con todo esto, la proporción de potasio en el complejo de cambio es correcta en los horizontes Ap, pero baja en la capa Bk. El contenido en fósforo asimilable (P-Olsen) medio es de 21,1 mg/kg en los horizontes Ap, y de 4,5 ppm en el horizonte Bk, se trata de un contenido muy rico en los horizontes Ap, y de un contenido pobre en el horizonte Bk. Este dato servirá para planear la fertilización del fósforo.

Para complementar esta información, a los efectos de evaluación del riego, se ha efectuado un ensayo de infiltración mediante el método de los anillos de Müntz.

Cuadro 13. Datos básicos de ensayo por doble anillo en Saso de Ayerbe.

Fecha: 14/04/2011
Duración: 15:30-19:15
Textura clasificada a mano: Areno-limosa
Municipio: Ayerbe
Paraje: La Sarda (junto a Bodega Edra)
Coordenadas: X=691932.7m; Y= 4682236.88m UTM ED50 Huso 30
Autores:
Héctor Ansó Supervía
José Antonio Cuchí Oterino
Víctor Herrera Tello
Emilio Soubies Alcacera

La ubicación del ensayo se presenta en la figura adjunta. Los resultados se presentan en el cuadro 14. Estos resultados se presentan en la figura 12. La infiltración es alta, un metro de agua en algo menos de tres horas, como corresponde a un suelo con una elevada pedregosidad. Se estima que la infiltración final es del orden de 15 mm/h.



Figura 11. Ubicación de ensayo de infiltración mediante anillos de Muntz en Saso de Ayerbe.

Cuadro 14. Resultados básico de ensayo de infiltración mediante anillo de Muntz en Saso de Ayerbe.

Tiempo (min)	Altura (mm)	Incremento de tiempo (min) $[\Delta t]$	Incremento de altura (mm) $[\Delta h]$	Infiltración (mm/h)	Altura acumulada (mm)
0	17,5	0	0	0	0
0,5	16,6	0,5	0,9	108	0,9
1	15,7	0,5	0,9	108	1,8
2	13,7	1	2,0	120	3,8
5	9,5	3	4,2	84	8,0
10	5,6	5	3,9	46,8	11,9
Relleno	14,1				
20	6,8	10	7,3	43,8	19,2
Relleno	16,4				
30	9,8	10	6,6	39,6	25,8
Relleno	16,7				
50	5,6	20	11,1	33,3	36,9
Relleno	14,4				
70	5,3	20	9,1	27,3	46,0
Relleno	17,0				
100	3,5	30	13,5	27	59,5
Relleno	16,5				
130	5,6	30	10,9	21,8	70,4
Relleno	16,6				
160	6,3	30	10,3	20,6	80,7
Relleno	15,9				
180	9,5	20	6,4	19,2	87,1
Relleno	15,6				
210	7,2	30	8,4	16,8	95,5
Relleno	15,7				
225	11,6	15	4,1	16,4	99,6

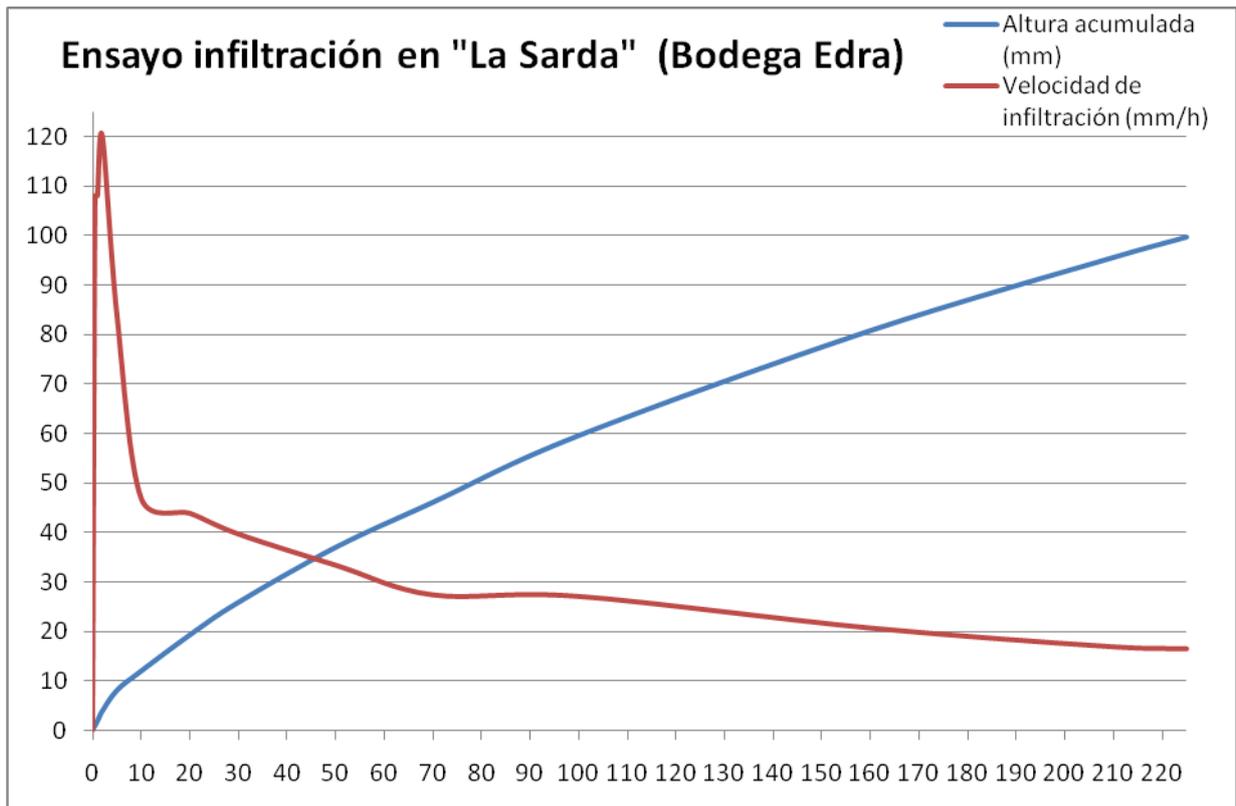


Figura 12. Infiltración total y velocidad e infiltración en Saso de Ayerbe.

5. LOS SISTEMAS DE RIEGOS DE AYERBE: ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA Y DE LOS ACTUALES CULTIVOS

Los regadíos en la zona de Ayerbe se estructuran en 5 sistemas de riegos: Mondot-Rosel, Los Ibones, Fontobal, San Julián y Las Navas. Los dos primeros no se han considerado en el presente trabajo, por ser independientes de los restantes.

Todos los sistemas riegan a pié, excepto unas viñas, de implantación reciente en el término de Contienta (en Mondot-Rosel) y una plantación de olivos y otra de carrascas trufas en las cercanías del camping de Labaneras, del sistema de Las Navas de Ayerbe.

Mondod y Rosel

Sindicato no ligado a ningún casco urbano y por tanto sin huertas. Cuenta con una superficie nominal de 367,5 hectáreas y una concesión de 75 litros por segundo. La acequia *madral* fue construida en el siglo xv por iniciativa de la familia Jordán de Urriés, marqueses de Ayerbe, y fue motivo de conflicto con los Gurrea, señores del castillo de Artasona, situado aguas abajo.

Debido a este impulso inicial, los castillos de Mondod y Rosel, propiedad en su día de la primera familia, no pagaban alfarda ni participaban en la limpieza de la acequia común, como lamenta Mur en 1924. Sin embargo, estaban obligados a poner la madera para la reconstrucción del azud. Este estaba situado en el paraje de Buenos Aires, aguas abajo de la actual A-132, donde aún pueden verse sus restos, así como la caseta de aforo La acequia, hoy entubada, tiene un tramo de acueducto en terraplén, denominado *la Collada*.

Históricamente, y se mantuvo tras la construcción del embalse de Las Navas, regaban por turno riguroso, por orden de situación. Los estatutos de 1868 se basan en una concordia de 1796 y califican a los regantes, a efectos de representación, en tres clases, en función de la superficie en propiedad, además de establecer un catastro de regantes principales y otro de precarios. El marqués siempre formaba parte de la Junta, así como vecinos de Biscarrués, Piedramorrera y Ayerbe.

Se priorizaban los sementeros sobre las hortalizas. Por costumbre inmemorial se dedica el domingo a Rosel y el lunes a Mondod. Las tierras situadas en el intervalo se dividen en cinco distritos, cuya distribución no se ha podido conocer bien, dado que no se especifica en las ordenanzas. Parece que el martes se regaba la zona situada aguas arriba de Turuñana. El miércoles era para la Botana, el jueves para la Contienta y el viernes lo hacían una serie de propietarios de Biscarrués. Regaban por orden en descendente, en tipo boquera. En caso de riego insuficiente, se retomaba dentro de cada distrito en el punto donde se había interrumpido la semana anterior.

A efectos de hortalizas, el distrito de arriba, hasta la collada de Pitralba, regaba los martes después de Mondod, miércoles y jueves. El de abajo, viernes, sábado y domingo, hasta que le tocaba a Rosel.

Ibones de Badiello

En los ibones de Badillo, al sur de Ayerbe, hay diversos riegos aislados, parte de los cuales se han agrupado recientemente en una comunidad de regantes, que cuenta con una alberca de regulación. Regaban en fila por dos acequias.

En Ayerbe existen, además, también un amplio número de balsas. Se citan unas doscientas, que se llenaban con escorrentías y manantíos de invierno. Se usaban, mientras duraba el agua, en pequeños huertos para regar las hortalizas.

Fontobal

La zona de Fontobal se nutre de aguas del río Seco que afloran a partir de la tradicional zona de pozos del mismo nombre. Un pequeño azud situado aguas abajo da comienzo por la orilla izquierda a la acequia del mismo nombre. Hay restos de varios azudes, lo que indica problemas en la captación, en parte por arrastre de gravas.



Figura 13. Azud actual de Fontobal.



Figura 14. Azud viejo de Fontobal.

Aguas abajo de este primer azud y antes del puente de la A-1206 con el ferrocarril, hay un muro sobre el río Seco de cierta antigüedad, de mayores dimensiones. Coronado por unas pasaderas, parece destinado a controlar la fuerte erosión que soportaba el cauce en épocas de avenidas. Se dice que fue construido o reparada en época de Isabel II. En su pié hay una antigua piscina que pudo utilizarse para complementar los riegos de San Julián. A partir de aquí el Río Seco pasa a denominarse Barranco de San Julián o de Ayerbe.

La acequia de Fontobal se dirige hacia el casco urbano de Ayerbe. En algún momento se construyó un pequeño embalse, el *pantané*, que tuvo desde su inicio serios problemas de filtración y actualmente se encuentra transformado en un área recreativa.



Figura 15. El *pantané* en la actualidad, acequia de Fontobal.

La acequia riega una serie de huertos en Ayerbe y continúa hacia el sur, hacia Losanglis y la val de San Pablo.



Figura 16. Acueducto de la acequia de Fontobal en collada de Val de San Pablo.

Mur Ventura (1924) indicaba que eran comunidad legal desde 1895 y que se regaban partidas de huertos y campos. También indica que este sindicato repartía el agua por tiempo, aproximadamente una hora por fanega. Fontobal se unió al sindicato de Las Navas como consecuencia de la gran sequía a finales de la década de 1940.

Hoy riega del pantano de Las Navas mediante petición a la CHE, normalmente dos días de cada diez. Cuenta con unos 425 miembros, que tienen posibilidad de regar 960 hectáreas aproximadamente, a turno descendente. Actualmente se permite el almacenamiento en balsas. A la hora de regar diferencian entre huertos y campos, ya que los primeros pagan por agua y superficie y hay una clasificación de pago en función de las probabilidades de riego. El agua no se puede vender separada de la tierra.

En la década de 1940 hubo un intento de incorporar tierras de Biscarrués, en la zona de Badillo, al sindicato. Incluso se construyó la correspondiente acequia. El proyecto no avanzó, se dice, por oposición de un gran propietario de la cuenca del Astón, dado que se le detraían caudales. También se realizó otra acequia en la zona de Labanera, por encima de Ayerbe, entando en tierras del término municipal de Sarsamarcuello hasta Machina. Se construyó incluso un acueducto sobre el barranco de Fontobal que todavía existe, pero que prácticamente no se llegó a usar. Según parece la ampliación se realizó por el afán de un agricultor por llevar el agua hasta sus fincas en la partida de Labaneras. También existe otra zona regable en el término municipal de Losanglis que forma parte actualmente del Sindicato de Las Navas de Ayerbe. Aunque hay una acequia directa, toma el agua para los huertos de un azud del Badiello al que se viere agua en Ayerbe. Riegan por boquera y no hay distinción de pagos.

San Julián

El segundo sindicato tradicional de Ayerbe es el de la acequia San Julián, cuyo azud se encuentra en el cauce del río seco, aguas abajo del cruce con la A-132. Reparado en hormigón, da origen por la margen derecha a la acequia, que dispone de un pequeño embalse a poco del inicio y se prolonga hacia el paraje El Cubo, cerca de la desembocadura del Seco en el Gállego.

En los riegos de San Julián, que hubo un guardia en el pasado, el agua se distribuye por horas, en función del tamaño de la finca. En la actualidad la superficie regada está muy menguada.

En la Fontaneta, entre los azudes de Fontobal y San Julián, se hacían algunas paradas de ramas, para pequeños huertos.



Figura 17. Muro en inicio barrancos de San Julián.



Figura 18. Fuente, lavadero y primeros huertos en Riegos de San Julián.

La Navas

Esquema histórico-administrativo de las obras

El primer proyecto para la construcción de esta presa fue redactado por D. Nicolás Liria y Almor el 31 de diciembre de 1913 y fue aprobado por Real Orden de 14 de Julio de 1914. Las obras empiezan en 1916.

Durante el curso de ejecución de las diferentes obras que comprendía el proyecto de 1913, se va viendo la necesidad de hacer una serie de modificaciones. Como consecuencia de ello, fue redactado un “Proyecto reformado de las obras de alimentación del Pantano con aguas del río Astón”, por el mismo autor, con fecha 8 de octubre de 1919, y aprobado por la Superioridad por Real Orden de 2 de Marzo de 1920.

El pantano de las Navas fue una obra muy demandada en Ayerbe, para ampliar el regadío en la Villa. En su gestión intervinieron autoridades y organismos locales, como el Casino de Ayerbe y diputados como el Duque de Bivona y Luis Espada. En mayo de 1912 el ingeniero de la división hidrológica del Ebro, señor Mendizábal, estuvo en Ayerbe acompañado del ingeniero señor Prat, con objeto de empezar los trabajos de replanteo previo del proyecto de un pantano en los términos de Navas. El agua que alimentaría dicho pantano se tomaría del río Astón, calculándose en unos 500 litros por segundo, y parece ser que el sitio del embalse reunía excelentes condiciones, capacidad e impermeabilidad para 1.200.000 metros cúbicos de agua, que podrían regar una

extensión de 1.540 hectáreas de terreno. Durante su estancia la localidad, los citados señores ingenieros fueron obsequiados por el Ayuntamiento y por los vecinos todos, pues todos anhelaban la realización de una obra tan importante para la clase agrícola. El alcalde ofreció un banquete al señor Mendizábal, que fue servido en la fonda de Ovejero, y al que asistieron 60 comensales.

El día 18 de diciembre de 1914 celebró sesión el Consejo General de Fomento, despachándose entre otros asuntos: 5.º Informar favorablemente el expediente sobre el proyecto del Pantano de las Navas, en el término municipal de Ayerbe, siempre y cuando no perjudique a los reclamantes y no afecte a los intereses del proyecto de Riegos del Alto Aragón.

El 18 de noviembre de 1915 había sido firmado el expediente proponiendo el pase al Consejo de señores ministros la aprobación definitiva del proyecto del pantano de las Navas, en Ayerbe, así como la autorización para ejecutar las obras por el sistema de Administración.

Por Real Decreto de 3 de diciembre de 1915 el Ministerio de Fomento - Dirección General de Obras Públicas - Servicio Central Hidráulico - autorizaban por el sistema de administración la ejecución del Pantano de las Navas.

El día 27 de mayo de 1916 se constituye en Ayerbe el Sindicato para la Construcción del Pantano de las Navas. Fue el Presidente, D. Domingo Ruiz Mincholed y Secretario, D. José Abad Giménez.

El día 28 de mayo de 1916 se extiende escritura de compromiso de auxilio para la realización de las obras de construcción del pantano de las Navas.

El día 8 de noviembre de 1916, se inauguraron las obras de construcción del pantano de las Navas en el término municipal de Loarre.

El pantano de Las Navas, iniciado en 1916 y finalizado en 1932, recoge agua del río Astón en la presa del Foraz, que la deriva por un canal subterráneo al embalse, de una cabida de 2 hectómetros cúbicos. A pantano lleno supone una dotación próxima a los 1000 metros cúbicos por hectárea y año. Dispone de un sindicato central que engloba a los de Ayerbe, Mondod-Rosel, Artasona, La Mezquita y Montmesa.

A partir de este primer reformado, se redactan, siempre por D. Nicolás Liria y Almor, los siguientes proyectos reformados que no se llevaran a cabo:

“Proyecto reformado del dique y aliviadero del pantano”, en fecha 30 de abril de 1921. “2º Proyecto reformado adicional del dique y aliviadero del Pantano de Las Navas”, en el año 1926.

El 5 de marzo de 1926 se constituye la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Las obras de Las Navas, quedan englobadas en la actuación de este organismo.

En el año 1928, se redacta el proyecto “Pantano de Las Navas. Proyecto reformado del canal de riego”, por D. Federico Jiménez del Yerro. Posteriormente, en el año 1931, se redacta, por D. Santos Coarasa Nogués, otro proyecto reformado del anterior “2º Proyecto reformado del canal de riego”.

Un año después, en 1932, se redacta, por la misma persona, otro proyecto complementario a este 2º reformado que se llamó “Proyecto de ampliación de los revestimientos en el Canal de Las Navas”.

En 1934, se redacta la liquidación del “3er Proyecto reformado del canal de riego” por parte de D. Santos Coarasa Nogués.

En 1928, se terminan las obras correspondientes a la presa propiamente dicha, faltando únicamente por ejecutar el canal de riego o canal de Las Navas, que se empieza a realizar en esta fecha y se termina en 1934.

En el año 1941, se redacta, por D. Rafael Ureña Civeira, el “Proyecto de Recrecimiento del Pantano de Las Navas”, el cual no se llega a ejecutar nunca.

En el año 1942, se redacta el “Proyecto de toma en el río Astón” por parte de D. Emilio Miralles García en el que se obliga a los regantes, en virtud de la Resolución Ministerial de 6 de Mayo de 1941 y de la de 15 de Junio de 1942, de controlar, en las tomas de sus acequias, el caudal máximo y mínimo, así como el tipo de compuerta a poner.

En el año 1981, se redacta el proyecto de reparaciones de la presa de Las Navas por D. José Luis Uceda Jimeno y en 1984 el proyecto “Estudio de la situación actual, desde el punto de vista de la seguridad, de la presa de Las Navas” por el mismo autor.

Al final del el año 1997, se redacta la “Propuesta de Clasificación de Presas de Titularidad estatal, existentes en la cuenca hidrográfica del Ebro en función de su riesgo potencial. Presa de Las Navas”.

Por último, en Mayo de 2002, la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas clasifica la presa de Las Navas, en función del riesgo potencial derivado de su posible rotura o funcionamiento incorrecto, en la categoría B.

Las comunidades de regantes de la zona del término municipal de Ayerbe pertenecen a la cuenca hidrográfica del Ebro, el agua del riego proviene del pantano de Las Navas situado en el término municipal de Loarre.

La gestión y gestión del embalse fue transmitida por la CHE a Sindicato de riegos hacia 1980.

Descriptiva actual del sistema de riegos de Las Navas de Ayerbe

El sistema de riego consta de un embalse, un canal principal y las diferentes acequias de servicio.

Las Navas es un pequeño pantano en derivación que recoge las aguas del río Astón, que a su vez recoge el agua de tres barrancos que bajan de la Sierra de Loarre. El Astón acaba desembocando en el Sotón y al final esta red fluvial termina en el Gállego. El embalse tiene una capacidad útil de 2,21 Hm³. El agua del mismo es de exclusivo uso consuntivo, en su totalidad agrícola.

La cuenca situada aguas arriba del emplazamiento de la presa de Las Navas tiene una superficie de 58 km² y una longitud de cauce principal (río Astón) de 6,50 km, teniendo su punto más bajo a la cota 615,00 y su punto más alto a la cota 1583,00. Además recoge aguas de la acequia Petrolanga. Esta debe su nombre a la fuente homónima, situada el término municipal de Loarre, cerca de localidad de Aniés y cuenca ya del río Riel. Esta acequia tiene un origen medieval, pero fue acondicionada hacia 1920.

La precipitación anual media de la cuenca es de 751,00 mm, lo cual equivale a una aportación media anual de 5,70 Hm³, según el plan de emergencia del embalse. De los cuales solo se puede recoger 2,4 Hm³ por ser un embalse en derivación y la existencia de otros sistemas de riego agua abajo, con derechos adquiridos.

El embalse se llena prácticamente con las aguas de invierno. Durante el verano el caudal del Astón es muy reducido. La capacidad útil de almacenamiento es de 2,2 Hm³, por lo que actualmente se pierden 0,2 Hm³ de aguas invernales. Según datos de la CHE, en el Astón se han obtenido caudales punta de avenida de 61 m³/s y 82 m³/s, para los periodos de retorno de 500 y 5000 años, respectivamente. El tiempo de concentración de la cuenca del embalse de Las Navas está estimado en 2,00 horas. El caudal máximo que puede derivar el azud hacia el embalse es de 7 m³/s.

El sistema de riego se basa en la extracción de la dotación de agua directamente del pantano del que parte una conducción a través de acequia (distintos tramos de hormigón, tierra, tubo) hasta la zona regable.

Las obras de construcción para transformar la zona en regadío fueron finalizadas en 1928, año en que entro en servicio el pantano. Dichas obras constaron principalmente de cuatro partes:

- La construcción de un azud para la derivación del agua del río.
 - Un canal para la derivación que transcurre por debajo de un cerro hasta llegar al vaso del pantano.
 - El vaso y presa del embalse propiamente dicho.
 - El canal que parte del mismo.
-
- Azud en el rio Astón

El azud en el rio Astón es una presa de gravedad con aliviadero de labio fijo en materiales de hormigón y mampostería. Los taludes del aliviadero son vertical aguas arriba y taludes 1; 4 (H/V) aguas abajo. La cota de vertido del aliviadero es 665,301 m., la cota mínima solera aliviadero es 660,30 m, la cota máxima de cimentación aliviadero (aguas arriba) 661,15 m y la cota mínima de cimentación del aliviadero es 658,00 m. La longitud de vertido del aliviadero es 10,00 m y la longitud del trampolín del aliviadero es 16,50 m. Los muros laterales del aliviadero son de hormigón, con anchura de 0,90 m y longitudes en planta 16,50 y 12,55 m, izquierda y derecha respectivamente.

La toma de reintegro o regulación está adosada al estribo derecho del aliviadero, alineada con la presa o aliviadero con el propósito de reintegrar o regular el caudal ecológico del río Astón, sin que rebose por el aliviadero. Existen tres conductos, regulados por sendas compuertas deslizantes de dimensiones 1,10x1,10 m. Aguas arriba compuertas los conductos son rectangulares de 4,00x1,40 m, mientras que aguas abajo,

la anchura es constante 1,00 m y la altura 1,00 m en los primeros 0,65 m y 3,50 m en los otros 0,65 m.

La Cota solera de conductos aguas arriba es 662,65 m y la cota solera de conductos aguas abajo es 662,70 m.

El Canal de descarga de regulación situado en salida toma de regulación es de pendiente uniforme 10%, con tres escalones equidistantes de 0,50 m de altura. La longitud en planta es 12,60 m y anchura 7,20 m. La cota máxima canal de descarga de toma de regulación es 662,70 m, la cota mínima canal de descarga es 660,00 m y la cota de la casa de maniobras y la cota solera de la Casa de maniobras es. 666,801 m.

El azud construido en el tramo del río Astón consta de un sistema de compuertas que permiten derivar el agua hacia el vaso del embalse de las Navas. El sistema de compuertas está formado por dos compuertas deslizantes (1,10 x 1,10 m) de accionamiento manual. Tienen la función de regular el paso de la misma al embalse a través del canal de derivación. Aguas arriba de las compuertas de derivación los conductos son rectangulares (anchura 1,45 m, altura 3,30 m). Aguas abajo compuertas los conductos tienen anchura constante 1,00 m, y altura de 1,00 m en los primeros 0,60 m y en los siguientes 0,60 m es 3,30 m, con una pendiente del 3%.



Figura 19. Toma de aguas del Astón en el Forao. Inicio del canal subterráneo.

Los accionamientos de las tres primeras tajaderas se encuentran en una caseta de maniobra y las otras dos para regular el caudal hacia el embalse en diferente caseta.

Por el estado en que se encuentran las instalaciones denota un estado de completo abandono. Hay excesiva vegetación en todos los alrededores, las casetas están accesibles para cualquier persona, los mecanismos de accionamiento de las tajaderas están completamente deteriorados, salvo el de una compuerta que parece que fue sustituido por otro más moderno pero también parece no haber sido manipulado en mucho tiempo.



Figura 20. Mecanismos de compuertas en azud El Forao.

En la actualidad se observa cierto grado de abandono. La gran masa de vegetación que se encuentra aguas abajo del azud y que las tres tajaderas que interceptan el caudal del río se encuentran totalmente cerradas y con síntomas de no haber sido manipuladas en mucho tiempo indica que todo el agua que baja del Astón es derivada hacia el embalse, salvo en grandes avenidas la que consiga sobrepasar la cota del aliviadero.

Tras el azud se inicia el canal que alimenta el embalse. Un primer tramo atraviesa el cerro que lo que separa del vaso del pantano. El agua transita a través del cerro por un túnel excavado en su interior con solera y bóveda de hormigón. La sección en túnel es de 1,50 m de anchura y 1,05 m de altura en hastiales con taludes 1/10 (H/V), la parte central tiene altura de 1,90 m porque la parte superior es semicircular. La longitud del tramo en túnel es 391,01 m y la pendiente 3‰.



Figura 21. Arranque del túnel del canal de trasvase.

Ya en el arranque del túnel, debido al fuerte empuje del terreno, se observa una gran grieta en la bóveda del mismo que la atraviesa completamente, además hay tramos interiores del túnel en el que hay derrumbamientos.

A la salida del túnel el agua fluye un tramo por un canal de hormigón a cielo abierto, con dos secciones y rasantes distintas para cada sección. La primera sección es trapecial (2,00 x1,50 m, taludes 1/10 (H/V)), su longitud es 40,83 m y la pendiente 3‰. La segunda sección se diferencia en la altura (0,60 m), su longitud es 47,00 m y, la pendiente 0,067. Para posteriormente acabar su discurrir hasta el pantano por un cauce en tierra.

La Cota máxima de la solera del túnel de alimentación es 663,354 m en su inicio, la cota mínima o de salida del túnel del canal de alimentación es de 662,18 m y la cota de vertido al embalse o final de canal de alimentación es 658,87 m.

- El embalse de Las Navas

Este pantano tiene una capacidad de alrededor de 2,2 Hm³, y ocupa una superficie de unas 40 hectáreas. Los datos del pantano, según de la CHE se reflejan en el adjunto cuadro 10:



Figura 22. Embalse de Las Navas.

Datos Fijos						
Descripción:	Embalse de Las Navas	Coordenadas UTM:	Huso	X	Y	Z
Comunidad autónoma:	ARAGÓN	Municipio:	30	694633	4683970	652,8
Provincia:	HUESCA	Río:	LOARRE			
Cota mínima:	635,32	Cota N.M.N.:	647,32			
Cota coronación:	648,42	Volumen total:	2,217			
Cota aliviadero:	647,32					

Cuadro 15. Datos básicos de la presa de Las Navas.

La presa es de tierra, de materiales sueltos homogenizados, el volumen de materiales empleados en la presa es de $76,74 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, con sección trapezoidal, la altura de la presa desde cimentación de 20,5 m. y 305 metros de longitud en coronación. Los taludes del trapecio que conforma la presa tienen una pendiente de 1; 3; 2,5 (H/V) el paramento aguas arriba y 1,5; 1,75; 2,0 (H/V) aguas abajo. La parte superior de la presa en su lado en contacto con el agua está recubierta de hormigón, para evitar los efectos de erosión que provoca el oleaje. En el talud aguas tiene tres canaletas que lo recorren longitudinalmente en su parte central y otra en la parte inferior, como se ve en la fotografía, para recoger y evacuar las posibles pérdidas por infiltración. En la coronación de la presa existe camino de servicio.



Figuras 23 a y b. Vistas de la presa de Las Navas.

El recubrimiento de hormigón presenta numerosas grietas, además las canaletas están muy deterioradas, aunque parece que se hayan realizado operaciones de limpieza para quitar la vegetación. Según el Sindicato, el embalse tiene problemas de eutrofización y fermentación en ausencia de oxígeno de materia orgánica en profundidad, posiblemente debido al vertido de purines procedentes de granjas aguas arriba. Esta agua crea problemas en el riego. Por ello, ocasionalmente, en ocasiones, es necesario el soltar agua únicamente para paliar este problema.

La presa de Las Navas no tiene instalado ningún dispositivo de auscultación, a excepción de un limnómetro y de un pluviómetro que envían, de forma automatizada, los datos recogidos al S.A.I.H. de la Confederación Hidrográfica del Ebro en Zaragoza.

El embalse consta con un aliviadero lateral, en la margen izquierda aproximadamente a 160 metros del estribo izquierdo de la presa. Es de hormigón de planta circular en sección de “pico de pato”. El radio de vertido es de 7.20 m y la longitud de vertido es de 22,6 m. El talud aguas arriba es vertical y el talud interior es 1 (H/V). Tiene un cuenco de amortiguación de planta semicircular. Como se ha citado en el cuadro anterior la cota de vertido es de 647.32 m. y la cota de la solera es de 645.32 m capaz de desalojar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (según CHE). El agua que rebosa se devuelve al cauce natural del río Astón.



Figura 24. Aliviadero del embalse de Las Navas. Marzo 2011.

El aliviadero presenta evidentes problemas de pérdidas por filtración como se puede observar en la figura 21.

De ahí parte un canal que recoge agua del aliviadero y vierte en el barranco de Las Navas. El trazado discurre por la margen izquierda del mismo. Se trata de un canal a la cielo abierto, exceptuando el cruce con el camino de acceso. Un primer tramo tiene sección trapezoidal (base 2,00 m, altura 1,50 m, taludes 1 (H/V), longitud 197,10 m y pendiente 1‰). Los tramos 2º, 3º, 4º y 5º tienen la misma sección tipo rectangular (base=2,00 m y altura=0,60 m), pero distintas pendientes: 0,1034, 0,074, 0,0512, y 0,0494, las longitudes parciales son 50,00, 13,00, 58,00 y 40,50 m respectivamente. Entre el tramo 1º y 2º hay un pozo de caída de base rectangular (3,50x5,00), altura por debajo rasante del canal de 1,50 m

- Canal principal

La toma de agua del embalse está implantada de forma transversal a la presa, aproximadamente a 109,00 m del estribo derecho de la misma. Consta de un desagüe o túnel de (1 m de anchura x 1,80 m de máxima altura, 1,30 m en hastiales y 0,50m de altura en la bóveda semicircular). La longitud total túnel de toma es 32,50m, y pendiente 0,01. La cota solera entrada túnel es 635,78m y la cota solera final túnel. 635,46m. al fondo se encuentra la cámara de válvulas, un habitáculo para la manipulación de las dos válvulas de corte (ø400 mm y ø160mm), dispuestas paralelamente, capaces de aportar un caudal máximo de un 1,5 m³/s.

A la cámara de válvulas adosada al túnel de toma, le llega una tubería ø400 mm regulada por válvulas anteriores. Las dimensiones de la cámara de válvulas son las siguientes 2,00 x 1,60m (en planta), altura de 1,80m en hastiales y 2,60m en el centro debido a la bóveda semicircular de ø 1,60m. La galería de acceso y el túnel de toma están separados por un muro de 1,50m de espesor que forma parte de la cámara de válvulas. Cota inicial tubería ø400 mm es 635,56 m. La galería de acceso a la cámara de

válvulas es prolongación del túnel de toma hacia paramento aguas abajo. Las dimensiones de la galería acceso a cámara válvulas son: 1,00 m de anchura, altura máxima de 1,80 m, en hastiales 1,30 m y 0,50 m de radio de bóveda semicircular. Longitud de galería: 15,40 m. La galería tiene una zanja rectangular en solera (0,70 x 0,60 m), para tubería $\varnothing 400$ mm, tapada con losas de hormigón. La longitud total tubería $\varnothing 400$ mm es de 30,30 m.



Figura 25. Mecanismos de compuerta. Marzo 2011.

Las llaves tal y como se muestra en la fotografía se encuentran en muy mal estado de conservación. La más pequeña de ellas está estropeada y por tanto en desuso, por lo que la regulación solo se realiza con la llave de $1\text{m}^3/\text{s}$. Además como se ve en la fotografía el operario tiene problemas para accionarla debido, a que por su mal estado, la llave no gira como debería. El túnel de acceso a las mismas se encuentra accesible a cualquier individuo al no contar con un candado que cierre la valla de acceso. También se ven en las paredes restos de cal que son claro indicio de filtraciones.

La tubería desemboca en un pozo de toma de acequias de dimensiones interiores en planta (3,00 m x 2,50 m), y de profundidad: 2,89 m. Hay 2 ataguías que abren o cierran el paso del agua a sendas acequias que salen del mismo para regular el caudal del canal y el que se deriva al cauce del Astón.



Figura 26. Inicio del canal principal de riego de Las Navas

El hormigón de toma está claramente deteriorado por el paso del tiempo y las compuertas con signos de no ser utilizadas, ya que no se encuentran engrasadas y están muy oxidadas.

De esta toma parten dos tramos de canal. Uno es el propio canal de las Navas para la zona de regadío y otro que, juntándose con el caudal procedente del aliviadero, va a parar al cauce del río al barranco de Las Navas hasta el cauce del río para complementar el caudal ecológico necesario por legislación y servir riegos para la zona baja del río Aston, que también tienen derechos de riego. También sirve para un posible desembalse ya que las tomas del canal actúan como desagüe de fondo. Cada uno de ellos está regulado por una de las tajaderas de la arqueta.

El canal de las Navas tiene una longitud aproximada de 7 km. Tiene una pendiente media durante su recorrido de 1:1000. Aunque el diseño de la misma era para transportar hasta 1 m³/s las informaciones que hemos conseguido hablan de que su caudal medio ronda los 200-300 l/s. Partiendo de una cota de 635 metros sobre el nivel del mar hasta llegar a una cota de, aproximadamente 628 m en su final.

En el arranque el cauce discurre en una sección trapezoidal recubierta de hormigón a cielo abierto, para más adelante transcurrir alternando trozos enterrados en una sección circular y en sección trapezoidal como la del principio, luego en tierra y por último antes de morir en el cauce del río Seco vuelve a discurrir en una sección trapezoidal hormigonada.

En el arranque, el agua fluye por una sección trapezoidal a cielo abierto durante una distancia de aproximadamente 260 metros. El canal, en este tramo inicial, tiene unas dimensiones trapezoidales de aproximadamente un metro en la base por un metro de altura y una pendiente de 1:2 en sus paredes laterales. En el tramo de arranque ya son evidentes los problemas que tiene el canal durante toda su longitud. Como se aprecia en las figuras 24 a y b, hay abundante vegetación tanto en el exterior como en el interior del canal. Además el hormigón sufre diversas patologías y se aprecian numerosas

grietas debido al empuje del terreno en las paredes del canal que han sufrido graves corrimientos llegando incluso a derrumbarse sobre el cauce del canal obstruyéndolo.



Figuras 27 a y b. Degradación del hormigón en inicio canal de Las Navas

Tras discurrir a cielo abierto por el tramo inicial de sección trapezoidal el caudal del canal transcurre por un tramo enterrado de aproximadamente de 3.650 m. En el inicio es una galería de paredes verticales y cielo en bóveda. Posteriormente, la acequia transcurre entubada en una tubería de hormigón de unos 0,5 m de diámetro aproximadamente. Se desconoce dónde está el cambio de sección.



Figura 28. Inicio del tramo entubado del canal de Las Navas.

El tramo enterrado presenta graves problemas sobre todo debido a la vegetación excesiva que se ha permitido crecer sobre él. Incluso hay árboles de considerable talla que es fácil que hayan penetrado en el interior del canal con sus raíces rompiendo la pared de la tubería.



Figuras 29 a y b. Vegetación y hundimientos en tramo recubierto de canal de Las Navas

Además en la superficie de varios tramos del canal enterrado se observan socavones con posible derrumbamiento del tubo de hormigón.

Antes de llegar al tramo de tierra parece haber obras de mejora de obra más reciente a la construcción del canal en el que el mismo transcurre por tubos de hormigón prefabricado enterrado. Donde existen infraestructuras para acceso al interior para acometer labores de mantenimiento y limpieza, de las cuales carecen todos los tramos enterrados de la obra original del canal.



Figura 30. Final de zona soterrada y arqueta en acequia de Las Navas.

Al abandonar el tramo enterrado se pasa a una sección de tierra durante poco más de 3 km. En este tramo está completamente colmatado de vegetación y se ha perdido prácticamente la sección trapezoidal inicial debido a los numerosos desprendimientos de las paredes del cauce.



Figura 31. Tramo en tierra en acequia de Las Navas.

Al final, hay un último tramo en sección trapezoidal hormigonada idéntica al arranque. Termina en un desagüe al río Seco, denominad “el rápido”. Sin embargo, se observa una derivación en tierra inicialmente en horizontal que luego cae también hacia el río Seco. Este se cruza mediante un acueducto y regaba tierra en su orilla izquierda, partida de Labanera (T.M. Loarre). Por su estado (figuras 32 a y b) se nota, tanto en las compuertas de regulación como en el tramo de la propia acequia, que está completamente abandonada. El sistema de acequias que parte del canal de las Navas está regulado por compuertas de tipo tajadera accionadas mediante un tornillo sinfín la mayoría de las cuales se encuentran en muy mal estado de conservación.



Figuras 32 a y b. Toma y estado de la acequia en el tramo final abandonado.

Las acequias que parten del canal son mayoritariamente en tierra, a excepción de algunas en hormigón. La gran mayoría se encuentran en muy mal estado, colmatadas de vegetación, tierra o incluso labradas. Por exceptuar alguna la zona de huertos de alrededor del pueblo de Ayerbe se encuentran en mejores condiciones ya que son las que históricamente más actividad acumulan.

- **Acequias secundarias**

Del Canal de las Navas parten las diferentes acequias, construidas en parte de hormigón y en parte de tierra. Se estiman unos caudales de 40-50 l/s por cada una de ellas dependiendo de las características del terreno. Las acequias principales son:

1. Acequia de la Sardeta.

Parte del Canal de las Navas en dirección a Fontellas. Es de sección cuadrada de hormigón, de 40*40 cm de sección. Cerca de la misma toma de agua se bifurca en dos ramales que siguen su recorrido paralelo y que se unen de nuevo antes de cruzar la N-240. De uno de estos ramales parte otra acequia, esta vez de tierra y que se pierde antes de alcanzar la carretera.

Ya en el polígono 8, el cauce es de tierra, con una sección de 60*50 cm. Aproximadamente, y es llamada Acequia de la Sardeta-Fontellas, llegando así hasta el pueblo de Fontellas. Anteriormente continuaba su recorrido hacia el término de Biscarrués tomando el nombre de Acequia de San Gil, ahora ya en desuso.

2. Acequia de las Parcelas o del Saso.

Sigue un recorrido más o menos paralelo a la anterior. En un primer tramo hasta la carretera es toda de hormigón de 40*40 cm. Cruza la carretera pasando a tener el cauce de tierra y perdiéndose cerca del camino de Ayerbe-Fontellas.

3. Acequia de Villar de Mondod.

Parte del canal en dirección hacia la N-240. Es en su mayor parte una acequia de tierra, de sección 60*50 cm., excepto en su último tramo, desde unos 300 m. antes de cruzar la carretera donde está colocado un tubo de hormigón de diámetro 40 cm.

Tras cruzar la carretera sigue su recorrido hacia el polígono 7 y tras pasar la línea ferroviaria Zaragoza-Canfranc, es llamada Acequia de los Planos.

4. Acequia de la Facera.

Toma el agua del Canal a la altura del camino de la Sarda, entubada para cruzar el camino y canalizada con hormigón de 20*20 cm.

5. Acequia de la Manga.

Utiliza la misma toma de agua que la anterior. Baja entubada de hormigón, diámetro 40 cm, unos 450-500 m., y se bifurca a continuación en dos ramales de tierra, uno de los

cuales continúa hacia la carretera de Ayerbe a Bolea, para unirse con la Acequia de Fontoval.

6. Acequia de Fontoval.

“El rápido” es el final del Canal de las Navas y donde desagua en el río Seco, usado por ello también como acequia. En el cauce de este río y por medio de un azud, llamado “La Barrera”, parte la acequia de Fontoval que alimenta las acequias de Bardanés (San Pablo) y Camino de la Virgen (Casbas). La acequia de Fontoval, canalizada de hormigón de sección 40*40 cm., pasa por debajo de la vía de ferrocarril por medio de un sifón y se bifurca en dos: las acequias de la Canal y de Fontoval.

La primera pasa por el casco urbano, por detrás de la calle Nueva y desagua en el río Vadillo, mientras que la acequia de Fontoval discurre por la calle del Progreso, entubada con diámetro 40 cm, y alimenta, como ya se ha dicho a las acequias de Bardanés y Camino de la Virgen. Estas dos acequias discurren juntas unos 2 Km. Tras separarse, la del Camino de la Virgen desagua en el río Vadillo mientras que la acequia de Bardanés sigue hacia el barranco de San Pablo. Un punto clave era el acueducto, ahora entubado (figura 13)

7. Acequia de Labanera.

Toma el agua en el tramo final del Canal de Las Navas. Actualmente en la concentración parcelaria realizada en el término de Loarre no se ha conservado su recorrido y por tanto está en desuso.

8. Acequia de Burfán.

Próxima a la zona de huertas de Ayerbe parte esta acequia que toma el agua del río Vadillo. Sigue un tramo paralelo al camino de Zaragoza, y a partir de allí, y durante unos 1000 m. va canalizada en hormigón de sección 30*40 cm. Tras este tramo vuelve a ser de tierra finalizando otra vez en el río Vadillo.

El recorrido y distribución de todas estas acequias está recogido en el plano correspondiente.

6. ESTUDIO DE LOS CULTIVOS ACTUALES Y POSIBLES ALTERNATIVAS

Teóricamente tras la construcción del pantano de las Navas se podía dar cobertura de riego a unas 920 ha de riego con una dotación de 1000 m³/ha y año. Los datos de campo y diversas entrevistas con el Sindicato de riegos de Las Navas de Ayerbe y diversos particulares, arrojan que en la actualidad apenas hay 30 hectáreas que realmente utilicen agua de riego. Dichas hectáreas se reparten en unas 7-8 hectáreas de olivo en goteo, 10 hectáreas de cultivos leñosos mayoritariamente almendros que se riegan a superficie y otras diez hectáreas de los 107 huertos que rodean el pueblo de Ayerbe con una dotación de 3000-5000 m³/ha y año.

Las restantes hectáreas de las 920 que se incluyen en la zona de regadío están ocupadas por cereal de invierno, en su práctica totalidad cebada, que ni siquiera recibe riego de apoyo. Sin embargo hay bastantes propietarios que aun pagan los recibos del Sindicato.

ESTUDIO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Como ya se ha señalado, la zona regable de Ayerbe se abastece, principalmente, con el agua almacenada en el embalse de Las Navas. El embalse de Las Navas se encuentra en el término municipal de Loarre. Se trata de un embalse en derivación, ya que se alimenta del río Astón a través de un túnel que lleva el agua de dicho río hacia el embalse. En caso de ser necesario, se puede reabastecer el río Astón con agua del embalse a través de un cauce que los une aguas abajo del embalse. Las Navas con una capacidad de 2,2 Hm³, se sitúa prácticamente en cabecera del río Astón, lo que hace que tengamos una cuenca receptora pequeña, tan solo de 58 Km². Si además añadimos que el régimen de caudales en este río es muy escaso, con las principales aportaciones en primavera y otoño y que durante los meses estivales, su caudal puede ser prácticamente nulo, hace que la capacidad actual del embalse de Las Navas sea la máxima aprovechable, como se dedujo en la redacción del proyecto inicial en el año 1919, donde uno de los estudios hidrológicos efectuados, incluso duda de dicha capacidad. No se han encontrado datos más recientes para el embalse de Las Navas aunque sí para el río Astón, que tiene una aportación media anual en su desembocadura en el embalse de La Sotonera de 4,2 Hm³. Esto se debe a que aguas abajo del embalse de Las Navas, el río se alimenta de varias fuentes naturales que le aportan mayores caudales.

Otro asunto, son las concesiones administrativas. Ayerbe sólo dispone de una concesión de 1 Hm³. El resto del agua, bien sin embalsar, o regulada, es para el resto de los Sindicatos del Astón (Oscorrales, Mondot-Rosel, Artasona, Mezquita, Montmesa). Además del embalse de Las Navas, el Sindicato de Riegos de Ayerbe, tiene una concesión de 300.000 m³ del manantial de Fontoval, pero no es una aportación fija e incluso desde el Sindicato se nos informa que hay años que no se puede contar con estos caudales.

No se conocen estudios de la calidad de agua de riego. Se supone de buena calidad.

PROPUESTA DE NUEVOS CULTIVOS

Como ya se ha avanzado parcialmente, en la actualidad, la mayor parte de la zona regable de Ayerbe se dedica a cereal de invierno, en régimen de secano. Cebada en su mayor parte en las últimas décadas. Aparte están las limitadas hectáreas de huerta (107 huertos familiares), parcialmente afectadas por la urbanización. En el pasado, hasta la plaga de la filoxera, a inicios del siglo XX, abundaban las viñas. La superficie de olivar, con variedades propias como el Olivonero de Ayerbe, también se ha reducido, en parte por el efecto de la mecanización. La superficie de almendro ha aumentado ligeramente en las últimas décadas. También se ha comenzado a considerar la plantación de carrascas micorrizadas de *Tuber melanosporum*.

Es evidente que no hay agua suficiente para el desarrollo en regadío del total de las 920 hectáreas. También queda claro que con una dotación complementaria de 1000 m³/ha no se pueden realizar cultivos herbáceos de verano. La única opción sería un riego de apoyo durante la floración de la cebada, a principios de abril para incrementar la producción. Sin embargo, la baja rentabilidad de cultivo, salvo años de alzas especulativas, no anima a mantener el sistema de riegos. Y de hecho, el sistema de acequias está claramente descapitalizado.

Por lo tanto, se parte del hecho que se dispone de una superficie de cultivo extensa, y de un volumen de agua insuficiente para el riego de todas las hectáreas que se incluyeron en el plan de regadío para la construcción del embalse de Las Navas. El volumen de agua concesional total es de 1,3 Hm³. No se puede aumentar la disponibilidad del Astón, pero se supone que se podría aumentar la captación del río Seco. En un primer escenario se supone la posibilidad de realizar tres balsas de 0,1 Hm³, de sus aguas invernales. Estas balsas servirían también para hacer una regulación intrasistema.

En la línea de considerar que los recursos de agua son ya de por sí limitados e insuficientes para cultivos de herbáceos de regadío en verano, se ha diseñado una propuesta respecto a los cultivos que se podrían implantar en la zona y que puedan llegar a dar una mayor rentabilidad. Estos cultivos son leñosos cuyas necesidades hídricas no son tan elevadas como los herbáceos. Estas especies leñosas se pueden cultivar en secano pero sus producciones aumentan con el riego conseguiremos aumentar. Se opta también por estos cultivos asumiendo que los propietarios, en su mayoría, tienen la agricultura como segunda ocupación y estos cultivos se ajustan mejor a sus disponibilidades.

A partir de este volumen se pueden calcular diversos escenarios, mediante el manejo de tablas Excel y criterios de experto. Se propone el adjunto escenario, donde se mantiene las hectáreas actuales de huerta.

	Necesidades (m3/ha)	Superficie a cultivar (ha)
Almendro	8.400	70
Cerezo	11.4000	10
Olivo	6200	70
Viñedo	70000	60
Huertos actuales	4000	30
		TOTAL 240 (ha)

Cuadro 16. Posible escenario de modernización en Riegos de Las Navas, en Ayerbe.

En este escenario el volumen de agua consumido es de 1,676 Hm³/año. Es decir, se podrían llegar a cultivar 210 hectáreas en condiciones de regadío, realizando así un mayor uso y aprovechamiento del agua disponible en la zona. Esta es la propuesta que puede sufrir modificaciones a partir de una adecuada campaña de mediciones de caudales. Además, haciendo planteamientos de riegos deficitarios se aumenta sensiblemente la superficie regable. Se ha formulado un nuevo escenario, el cuadro 12, donde se plantean volúmenes de riego más moderados. Se observa que con un 1,4Hm³ se pueden regar 660 ha. Evidentemente, se pueden formular otras estrategias que pueden depender de cuestiones de comercialización.

	Necesidades (m3/ha)	Superficie a cultivar (ha)
Almendro	2000	200
Cerezo	4000	30
Olivo	2000	200
Viñedo	2000	200
Huertos actuales	4000	30
		TOTAL 660 (ha)

Cuadro 17. Posible escenario de modernización en Riegos de Las Navas, en Ayerbe.

Las 3 balsas nuevas se ubicarían en sitios estratégicos y las utilizamos para dar servicio a la zona de huertos. En años de abundantes recursos hídricos, incluso podrán servir para dar algún riego de apoyo al cereal de invierno.

7. PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN DE RIEGO

Tras haber realizado una inspección visual de las redes de distribución de agua a las parcelas, desde su toma en el río, en los diferentes puntos en los que estas conducciones comienzan, y hasta las propias parcelas, se considera que sería factible realizar una serie de mejoras en dichas conducciones y en sus tomas para mejorar la llegada del agua a las parcelas, realizándose así un aprovechamiento mayor del agua y una mejora de los parámetros de riego (eficacia de riego, eficiencia, uniformidad...) en las parcelas, así como que también sería recomendable realizar mejoras en los elementos auxiliares de las conducciones para mejorar los trabajos que se hayan de realizar sobre las mismas.

Las mejoras que se proponen para llevar a cabo la modernización de riego se dividen en los siguientes apartados:

- Mejoras en la red de distribución
- Mejoras a nivel de parcela
- Nuevos almacenamientos de agua

Antes de comenzar con las mejoras de la modernización cabe destacar un hecho importante que se está llevando a cabo actualmente en la zona de estudio y es imprescindible considerarlo para una modernización de regadíos, es la concentración parcelaria.

CONCENTRACIÓN PARCELARIA

En cualquier proceso de modernización que se intenten optimizar los medios y los recursos que se disponen, es recomendable y casi de carácter obligatorio el realizar una concentración parcelaria.

En la zona de estudio, existe en proyecto la concentración parcelaria, actualmente en proceso de alegaciones, ya que las parcelas de regadío han sido concentradas en la misma consideración que las de secano. Por ello los propietarios han impugnado la concentración y están a la espera de resolver dicho problema.

Por lo cual y una vez aprobada la concentración sería necesario tenerla en cuenta y la se tendría en consideración, ya que es mucho más eficaz a la hora de acercar el agua a los campos que estos mismos estén agrupados y con tamaños superiores. Sin contar la comodidad y suplemento económico que le suponen al propietario.

Las acequias secundarias tendrán que rediseñarse una vez acabada la concentración parcelaria, para aprovechar los caminos nuevos como caminos de servicio para las nuevas conducciones.

7.1. MEJORAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Incluso en la situación actual, el mantenimiento de acequias es fundamental. El contar con unas acequias libres de cualquier obstáculo es un elemento clave para poder lograr un uso rápido correcto y eficiente del agua. Las pérdidas de agua debieran ser detectadas y corregidas. Y si es posible, aumentar los tramos entubados ya que se evitaría la labor de limpieza, disminuir pérdidas por filtraciones elevadas y además está la posibilidad de conseguir presión para riegos localizados.

TUBERIA PRINCIPAL

Durante el recorrido por el canal principal de unos 7 km aproximadamente se ha encontrado una gran variedad de revestimientos de conducciones: revestimiento de hormigón in-situ, revestimiento en bloque de obra y sin revestimiento (excavadas en tierra), y además con diversidad de formas (trapezoidal, rectangular...). Desde la salida de la presa se aprecian cuatro tipos de revestimiento, el primero de hormigón, el segundo entubado de hormigón, el tercero trascurre sobre tierra y la cuarta otra vez en abierto y hormigonado.

Es necesario, revisar urgentemente el canal principal, en especial el tramo recubierto. Sellar las grietas mediante resinas epoxi, rehacer tramos de canal y refinar taludes. Como medida de modernización, se propone, para un mejor aprovechamiento del agua, el sustituir toda la acequia principal que sale del embalse de Las Navas, por una tubería equivalente de PVC de igual o mayor capacidad de transporte de agua.

Para realizar esto correctamente, habría que contar con un camino de servicio en buenas condiciones a lo largo de toda la acequia (aproximadamente 7 km), y posteriormente realizar una buena labor de desbroce y excavación para poder asentar sobre la acequia la nueva tubería. Una vez colocada la tubería, ésta será enterrada y se respetara el camino de servicio para posibles actuaciones futuras.

RED DE ACEQUIAS SECUNDARIAS

En la actualidad se observa que, en diversos tramos de las conducciones, el mantenimiento es deficiente o incluso nulo, de manera que hay acumulaciones de sedimentaciones, crecimientos de algas, plantas... que impiden el correcto paso del agua por la conducción, disminuyéndose así la cantidad de agua que llegaría a las parcelas y su velocidad. Esto causa una serie de problemas ya que la eficacia de riego será menor al llegar menos agua a la parcela y a una velocidad menor, empleándose además más tiempo para el riego).

Otro aspecto importante para mantener limpias las acequias es la prevención. La acequia principal tiene muy pendiente longitudinal y está encajada en la ladera del saso. Esto favorece la posibilidad de entrada de sedimentos arrastrados por la lluvia. Sería conveniente realizar unas bermas protectoras que evitaran la entrada de sedimentos a las

conducciones, clave para que el mantenimiento a realizar fuera mínimo. Un segundo método es la limpieza periódica de la conducción principal. Allí se ha observado que se puede controlar mediante desagües que funcionan recogiendo las aguas de una zona a un punto concreto que discurre por debajo de la conducción. Sería conveniente actuar de forma sistemáticas estos desarenadores y aplicar dicho método a lo largo de la totalidad de la conducción en los puntos en los que fuera necesario, principalmente cuando la conducción circule a los pies de un talud. Otra opción aceptable sería el realizar plantaciones protectoras de especies vegetales en dichos taludes para que controlen en la medida de lo posible la erosión del suelo y la escorrentía por lluvias.

Por otro lado, se propone una nueva red de acequias secundarias compuesta por dos tuberías a presión y una acequia revestida para eliminar el mantenimiento.

CAMINOS DE SERVICIO

Los caminos de servicio son una herramienta necesaria a la hora de poder llevar a cabo un mantenimiento correcto de las conducciones, ya que permiten un acceso rápido y cómodo a las mismas, siendo mucho más fácil el detectar cualquier irregularidad en las conducciones así como el acercar maquinaria ó mano de obra al punto concreto donde se tiene que corregir la irregularidad.

Se ha observado que el camino de servicio es inexistente, junto al canal principal. Convendría que existiera en toda la conducción, y que estuviera en un correcto estado de conservación con el fin de poder actuar en caso de mantenimiento, limpieza o conservación. Esto podría realizarse de forma complementaria a las actuaciones de la concentración parcelaria, oportunidad única para el trazado de una nueva red viaria.

A la espera de esta, sería necesario realizar un mantenimiento periódico de los caminos de servicio que coincidan con los caminos rurales para evitar el deterioro de los mismos; el arreglar los caminos que se encuentren en mal estado de conservación y posteriormente realizar mantenimientos periódicos, y finalmente el construir caminos de servicio paralelos a las conducciones en las zonas en las que no existan. Posteriormente realizar mantenimientos periódicos al igual que en los otros tramos del camino de servicio.

ELEMENTOS SINGULARES

Se ha observado un estado correcto de funcionamiento y limpieza de las mismas en algunas de las obras e infraestructuras de la red de riego. Sin embargo, en la mayoría, el estado en el que se encontraban no hacía posible un correcto funcionamiento.

Habría que realizar un mantenimiento periódico de las mismas, limpiándolas de maleza, ramas arrastradas, sedimentos,..., de manera que al final se consiga un correcto funcionamiento.

Se propone las siguientes acciones:

- Limpieza del azud del río Astón. Es importante limpiar el azud y toma de árboles, ramas, maleza y grava que perjudican el flujo del agua hacia la conducción. Actualmente no cumple su función adecuadamente por estar totalmente colmatado. Por lo que es imprescindible una limpieza urgente del mismo.

- Es necesaria una revisión del canal subterráneo de trasvase, comprobando que no existen hundimientos y limpiando acumulaciones de grava y ramas.

- Realización de un programa de vigilancia de la calidad de agua del Astón, controlando la existencia de vertidos de purines no controlados.

- Realizar una revisión de la presa e instaurar un plan de mantenimiento de la presa. Minimizar las fugas a través del aliviadero y de las compuertas.

- Revisión general de válvulas, tajaderas y compuertas. Es necesaria una comprobación individual de cada una de ellas, un engrasado general, un desbloqueo de las que se encuentran atascadas y realizar un plan de movimientos completos mensuales de cada una de ellas para procurar su correcto funcionamiento y prevenir posibles incidencias. El objeto es conseguir que sean lo más herméticas posible, de manera que no se pierda agua al desviarla hacia una acequia o parcela. Hay que señalar que las compuertas de salida de la presa, en la fecha de visita, estaban abiertas al público que puede manipularlas a su libre albedrío. Es necesario evitar el acceso de personas ajenas al servicio. .

- Tomas de agua en parcela: la entrada del agua a la parcela se realiza por uno ó pocos puntos concretos, de manera que es importante que estén libres de elementos que dificulten la entrada de agua (maleza, tierra...). En la medida de lo posible, sería recomendable que fueran de hormigón en vez de ser de tierra.

- Puntos singulares: bocas de hombre, sifones... son elementos de la conducción que requieren una especial atención para un correcto funcionamiento de la red, de manera que periódicamente deberían ser revisados.

En el anejo de cálculo de las tuberías se adjuntan todos los cálculos realizados para obtener la nueva red de riego y se amplía la información relacionada con este tema. También se han adjuntado los planos de la propuesta con la distribución de todos los nuevos elementos.

ALTERNATIVA CON TUBERÍA A PRESIÓN

Las mejoras anteriores se refieren al mantenimiento de la infraestructura actual sin cambios. Sin embargo, se ha evaluado la posibilidad de cambiar una parte de la red secundaria de acequias, con paso a tubería a presión, a partir de las balsas proyectadas. La figura 33 presenta un esquema de esta solución. El cálculo de las tuberías se ha realizado mediante el programa Flow Master. Es un programa sencillo que permite una

primera aproximación al cálculo de tuberías principales. Los cálculos se presentan en el anejo 3 y el cuadro 18, ofrece los datos básicos de las tuberías calculadas.

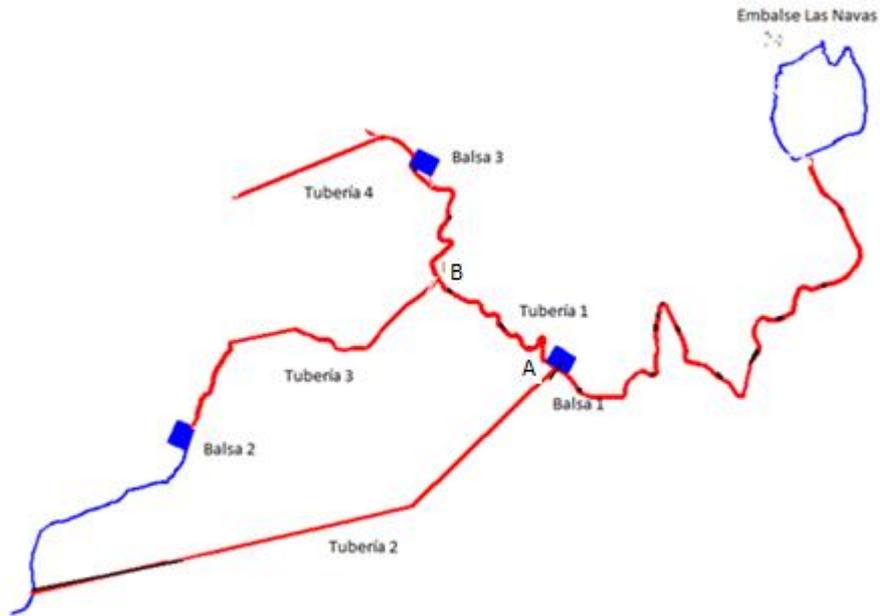


Figura 33. Esquema de acequia, balsas y nuevas tuberías simuladas.

Cuadro 18. Resumen de soluciones para modernización riegos de Ayerbe

Tubería	Tipo	Longitud (m)	Caudal (l/s)
1	PVC DN 630 PN 6	6726	300
2	PVC DN 315 PN 10	3837	150
3	PVC DN 250 PN 6	2193	150
4	PVC DN 200 PN 4	1810	70

7.2. MEJORAS A NIVEL DE PARCELA

En este apartado se propone y sugiere una serie actividades a nivel de parcela que se consideran interesantes para un mejor aprovechamiento del agua.

En primer lugar, de todos es sabido la necesidad de contar con unos buenos factores intrínsecos a la parcela para obtener, por un lado, una maximización de la cosecha y una minimización de los costes de actuación para obtener la máxima rentabilidad, y por otro, un óptimo aprovechamiento del agua en parcela:

- Concentración parcelaria. Ya se ha hablado de la situación en el momento de redactar este trabajo. Evidente a mayor tamaño de parcela, más eficacia, tanto del riego como del empleo de la mano de obra.

- Cambio del sistema de riego. Dada las características del terreno más favorable (los Sasos) y los cultivos leñosos estudiados, es recomendable transformar el riego a riego localizado de alta frecuencia, tipo goteo. Esto ya se ha realizado en la zona en algunas parcelas de viña en Contienta así como en riego de olivos y carrascas trufadas en las cercanías del camping de Labaneras. El aceite de estas se comercializa de forma independiente bajo la marca El Olivar.

- Nivelación de terreno: una correcta pendiente en toda la parcela que permita una correcta circulación del agua causará un aumento de la eficiencia de riego y de la uniformidad, de manera que se conseguirá que no haya zonas encharcadas, que darían problemas de asfixia radicular, ni zonas con déficit hídrico, lo que causaría un descenso de la producción. Por otro lado se conseguiría el mismo efecto sobre producción con un menor consumo de agua.

- Estudios del suelo: conociendo exactamente las características del terreno, se puede actuar en la parcela de la mejor manera para el cultivo. En base a estos análisis, se puede saber las necesidades de abono del suelo en relación a la especie que se esté cultivando, de manera que se podrían disminuir, o incluso eliminar, los tratamientos de abonado, disminuyendo considerablemente los gastos y, por lo tanto, mejorando la rentabilidad de la parcela, todo ello sin olvidar las mejoras ambientales que conllevaría una correcta aplicación de fitosanitarios, evitando la contaminación del suelo, de acuíferos...Cabe recordar que el Saso de Ayerbe-Bolea está considerado por zona vulnerable a la contaminación producida por nitratos (Orden de 10 de septiembre de 2013, de la Consejería del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de la DGA, por la que se designan y modifican las zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Aragón. ([BOA 200, de 9 octubre 2013](#))).

- Optimización uso cultivo: la agricultura actual debe basarse en el conocimiento de todos los factores que influyen en el producto final, desde la semilla que se emplea hasta el destino final del producto, sin olvidar todos los procesos que se llevan a cabo en el camino (abonado, tratamientos contra malas hierbas, tratamientos contra plagas...) y las maquinarias que se usan para llevar a cabo éstos y otros procesos. Por ello, se

considerable recomendable que los agricultores contaran con la ayuda de una asesoría agraria, que les aconsejara cómo llevar a cabo las labores en sus terrenos, qué especies y variedades serían más convenientes para esa zona concreta, cómo y cuándo aplicar los tratamientos que fueran necesarios, etcétera, de manera que al final se obtuvieran unos mejores resultados económicos.

Otras actuaciones que podrían mejorar estos resultados sería la subcontratación de tareas (cosechado, tratamientos fitosanitarios...) o el cooperativismo entre los agricultores (compra de maquinaria para uso conjunto, compra de fitosanitarios en mayor cantidad, lo que causaría un menor precio unitario, venta conjunta de productos...).

Finalmente, otra solución que se propone sería realizar contratos con productoras de productos hortícolas, las cuales se encargarían de proporcionarnos el material necesario para llevar a cabo un cultivo concreto así como que se encargarían de la posterior recolección y transporte del mismo, de manera que se podrían obtener buenos resultados económicos.

- Nuevas tendencias en agricultura: agricultura de conservación, mínimo laboreo, siembra directa, agricultura ecológica, etc. Diversas nuevas maneras de entender la agricultura han surgido en las últimas décadas, sobre todo a partir de la Revolución Verde, cada una con sus peculiaridades pero con unos objetivos comunes: mejor aprovechamiento del agua, evitar la degradación del suelo, uso eficiente de maquinaria y productos fitosanitarios, disminución del impacto ecológico y reducción de costes en los inputs de la explotación, obteniéndose finalmente un beneficio a nivel económico y ecológico. Para ello, es necesario informar a los agricultores y convencerlos de la necesidad de, por lo menos, replantearse los principios establecidos de la agricultura tradicional.

7.3. NUEVOS ALMACENAMIENTOS DE AGUA

Como ya hemos hablado anteriormente, la dotación máxima que podemos almacenar es de unos 2,4-2,5 Hm³, según los datos de CHE. Como el embalse de Las Navas tiene una capacidad máxima de 2,2 Hm³; Ayerbe sólo una concesión de 1.3 Hm³ y no hay una regulación interna, se propone la construcción de nuevos almacenamientos de agua.

La solución elegida es la construcción de tres balsas de regulación interna de la red de riego, con una capacidad de de 0,1 Hm³ cada una. El fin de estos depósitos es el de cubrir las puntas estacionales de los consumos de la zona afectada por esta regulación así como aprovechar el agua sobrante durante la época invernal para su posterior aprovechamiento en época de riego como un riego de apoyo. Evidentemente su implantación puede ser secuencial, e incluso construirse más. Antes de tomar la decisión de la solución adoptada se han estudiado de forma exhaustiva diversas ubicaciones que se han considerado menos interesantes. En estas alternativas se han estudiado diferentes cotas de llenado y salida para cada uno de los embalses, con la finalidad de buscar los siguientes objetivos:

- Máxima capacidad de almacenamiento de agua.
- Mínimo movimiento de tierras.
- Búsqueda de que los volúmenes de excavación y terraplén estén compensados, para evitar, en medida de lo posible, el transporte a vertedero.
- Que cada uno de los embalses pueda abastecer al mayor número de hectáreas.
- Desaguando en la cota mayor posible.

De cualquier manera, la ubicación de las balsas y la obtención de los terrenos a ocupar deben contemplarse dentro de la concentración parcelaria.

NECESIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y CAPACIDAD

La necesidad de construcción de los embalses de regulación se desprende de:

- Necesidad de una modulación de los consumos, adaptando los caudales circulantes por las acequias a las demandas de cada momento.
- Aprovechamiento del agua.
- Disponibilidad de los terrenos.
- Facilidad de construcción.
- Posibilidades de abastecimiento a acequias.
- Menores costos de obras accesorias.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Para la construcción y dimensionamiento de las balsas se han tenido en cuenta los estudios realizados para la aprovechar de forma razonable y prudente una cantidad de agua que se estima que se puede aprovechar en periodos invernales.

A la hora de realizar la ubicación de los embalses se ha tenido en cuenta las cotas máximas del agua y la de la salida en función de distintos aspectos ya comentados anteriormente.

En cada balsa se realizara una primera excavación para la formación de los vasos y su posterior impermeabilización mediante la colocación de una lámina de polietileno. Los taludes adoptados para la excavación y la posterior impermeabilización, serán los necesarios para la estabilidad de estos.

La justificación ante la impermeabilización mediante láminas plásticas, es la de que los terrenos no disponen de arcillas de óptima calidad para asegurar una estanqueidad óptima.

La impermeabilización de las balsas se realizará mediante la colocación de una lámina de polietileno de alta densidad de 1,5 milímetros de espesor.

Previamente se procederá al refino de los taludes y el fondo del embalse, eliminando las piedras y elementos punzantes que pudieran existir. Después, sobre el fondo y los taludes se instalará una capa de material geotextil de polipropileno de 240 g/m², sobre el que apoyará la lámina de polietileno.

Se colocarán arquetas donde se encuentre la válvula de salida, en la embocadura de su tubería y al final del drenaje. Se colocara una válvula de compuerta al final de la viga de fondo.

Con el fin de evitar el acceso a los depósitos se realizara un vallado de las instalaciones.

La ubicación de las balsas dentro de la red de riego se presenta en el plano adjunto (Anejo 1).

8. PRESUPUESTO

A partir de la solución adoptada se ha hecho un primer tanteo presupuestario que se presenta desglosado en el anejo 4. Los resultados se presentan a continuación

LIMPIEZA Y DESBROCE.....	12.600,00	(0,90)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	47.161,68	(3,38)
CAMINOS DE SERVICIO	38.486,00	(2,75)
TUBERIAS	471.546,23	(33,75)
BALSAS	810.000,00	(57,97)
VALVULAS	17.479,06	(1,2)

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL **1.397.272,97**

13,00	% Gastos generales	181.645,49
6,00	% Beneficio industrial	83.836,38

SUMA DE G.G. y B.I. 265.481,87

18,00 % I.V.A. 299.295,87

TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA **1.962.050,71**

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL **1.962.050,71**

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de UN MILLÓN NOVECIENTOS VEINTIOCHO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el estudio, considerando que s un estudio preliminar, se llega a las siguientes conclusiones:

- No es posible cubrir toda la superficie regable con el agua disponible. Por lo tanto, si se quiere regar toda la superficie sólo se podrán dar riegos de apoyo. La alternativa es concentrar el agua en los cultivos más rentables sobre los suelos más adecuados.

- El estudio de modernización de riego tiene que ir asociado con el proceso de concentración parcelaria, ya que de lo contrario habría que trabajar sobre parcelas muy pequeñas y el diseño de la red de distribución sería muy complicado. Sabemos que el proceso de concentración está en desarrollo, por lo que sería conveniente revisar el estudio una vez finalizada ésta.

- Se considera que los cultivos leñosos propuestos en el estudio (almendro, olivo, cerezo y vid) son los más rentables económicamente, a falta de un estudio de detalle, pero también son los que más inversión inicial requieren y los que más mano de obra necesitan. Por lo tanto sería interesante formar una asociación entre los agricultores de la zona, o gestionarla a través de la Cooperativa Santa Leticia de Ayerbe.

- Dada la limitación en los recursos hídricos y el tipo de cultivo que se recomienda, es evidente que el riego por goteo es el sistema de riego más adecuado.

- Debido a la situación económica actual en la que nos encontramos no es muy favorable para abordar este tipo de inversiones. Pero según la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973, se pueden considerar como obras complementarias ya que son mejoras de antiguos regadíos existentes. Según dicha ley, si están obras están solicitadas por los agricultores, directamente o a través de cooperativas u otras agrupaciones sindicales de agricultores, podrán disfrutar de una subvención máxima del 40% de su coste cuando se realicen en zonas de concentración parcelaria.

En Tormos, a 11 de Septiembre de dos mil quince

El Ingeniero Técnico en Explotaciones Agropecuarias

Fdo.: Emilio Soubies Alacera

10. BIBLIOGRAFIA

- Badía Villas, D, Itinerarios edáficos por el Alto Aragón. Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo nº 28. Instituto de Estudios Altoaragoneses. 189 p.
- Cuchí Oterino, J.A. Anotaciones sobre la distribución de aguas en los sistemas de riego tradicionales en la zona occidental de la Hoya de Huesca. Anales Fundación Joaquín Costa, 2006. Nº 22-23, págs. 5-46.
- Bolea Foradada, J.A. Riegos de Gállego medio. Riegos de Aragón (579 págs), 1986. Págs 107-112.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. Archivo Técnico.
- Peña Sancho, C. Modernización de la Comunidad de Regantes de Alicastros, Chordana y Junquera de Juncia (Bolea, Huesca), 2010. Proyecto fin de Carrera, Universidad de Zaragoza
- Gascón Doz, S. Estudio de los recursos hídricos de Ayerbe y municipios colindantes, 1996. Proyectos fin de Carrera, Universidad de Zaragoza.
- Ansó Surpervía, H. Puesta en riego por aspersión y riego localizado de una superficie de aproximadamente 175 Has. en el término municipal de Gurrea de Gallego (Huesca) con agua procedente del río Gállego.
- www.oficinadelregante.com (1/6/2011)
- www.sitar.aragon.es (30/4/2011)

ANEJOS

ANEJO 1

Planos

ANEJO 2

Tablas altura-volumen del embalse de Las Navas

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE DE LAS NAVAS					
COTA EMBALSADA (m)	ALTURA AGUA (m)	SUPERFICIE INUNDADA (Ha)	INCREMENTO VOLUMEN (Hm3)	VOLUMEN EMBALSADO (Hm3)	
634.42	0.00	1.16		0.000	
634.62	0.20	1.52	0.003	0.003	
634.82	0.40	1.79	0.003	0.006	
635.02	0.60	2.00	0.004	0.010	
635.22	0.80	2.16	0.004	0.014	
635.42	1.00	2.28	0.004	0.018	
635.46	1.04	2.30	0.001	0.019	(1)
635.56	1.14	2.36	0.002	0.022	(2)
635.62	1.20	2.39	0.001	0.023	
635.82	1.40	2.49	0.005	0.028	
636.02	1.60	2.59	0.005	0.033	
636.22	1.80	2.70	0.005	0.038	
636.42	2.00	2.83	0.006	0.044	
636.62	2.20	2.99	0.006	0.050	
636.82	2.40	3.18	0.006	0.056	
637.02	2.60	3.41	0.007	0.062	
637.22	2.80	3.69	0.007	0.069	
637.42	3.00	4.00	0.008	0.077	
637.62	3.20	4.37	0.008	0.086	
637.82	3.40	4.78	0.009	0.095	
638.02	3.60	5.25	0.010	0.105	
638.22	3.80	5.76	0.011	0.116	
638.42	4.00	6.33	0.012	0.128	
638.62	4.20	6.94	0.013	0.141	
638.82	4.40	7.60	0.015	0.156	
639.02	4.60	8.31	0.016	0.172	
639.22	4.80	9.05	0.017	0.189	
639.42	5.00	9.83	0.019	0.208	
639.62	5.20	10.65	0.020	0.228	
639.82	5.40	11.50	0.022	0.250	(3)
640.02	5.60	12.38	0.024	0.274	
640.22	5.80	13.27	0.026	0.300	
640.42	6.00	14.19	0.027	0.327	
640.62	6.20	15.12	0.029	0.357	
640.82	6.40	16.06	0.031	0.388	
641.02	6.60	17.00	0.033	0.421	
641.22	6.80	17.94	0.035	0.456	
641.42	7.00	18.87	0.037	0.493	
641.62	7.20	19.79	0.039	0.531	
641.82	7.40	20.70	0.040	0.572	
642.02	7.60	21.59	0.042	0.614	
642.22	7.80	22.46	0.044	0.658	
642.42	8.00	23.30	0.046	0.704	
642.62	8.20	24.12	0.047	0.751	
642.82	8.40	24.90	0.049	0.800	
643.02	8.60	25.65	0.051	0.851	
643.22	8.80	26.36	0.052	0.903	
643.42	9.00	27.04	0.053	0.956	
643.62	9.20	27.68	0.055	1.011	
643.82	9.40	28.28	0.056	1.067	
644.02	9.60	28.85	0.057	1.124	
644.22	9.80	29.38	0.058	1.182	
644.42	10.00	29.88	0.059	1.242	

644.62	10.20	30.35	0.060	1.302	
644.82	10.40	30.80	0.061	1.363	
645.02	10.60	31.24	0.062	1.425	
645.22	10.80	31.65	0.063	1.488	
645.32	10.90	31.86	0.032	1.520	(3)
645.42	11.00	32.07	0.032	1.552	
645.62	11.20	32.49	0.065	1.616	
645.82	11.40	32.92	0.065	1.682	
646.02	11.60	33.37	0.066	1.748	
646.22	11.80	33.87	0.067	1.815	
646.42	12.00	34.41	0.068	1.883	
646.62	12.20	35.02	0.069	1.953	
646.82	12.40	35.71	0.071	2.024	
647.02	12.60	36.50	0.072	2.096	
647.22	12.80	37.40	0.074	2.170	
647.32	12.90	37.91	0.038	2.207	(4)
647.42	13.00	38.45	0.076	2.245	
647.62	13.20	39.66	0.078	2.324	
647.82	13.40	41.05	0.081	2.404	
648.02	13.60	42.66	0.084	2.488	
648.22	13.80	44.50	0.087	2.575	
648.42	14.00	46.62	0.091	2.666	
648.52	14.10	47.79	0.047	2.713	(5)
648.62	14.20	49.03	0.048	2.762	
648.82	14.40	51.78	0.101	2.862	
649.02	14.60	54.90	0.107	2.969	
649.22	14.80	58.42	0.113	3.082	
649.32	15.00	60.35	0.059	3.142	
649.42	15.00	62.39	0.061	3.203	
649.62	15.20	66.84	0.129	3.332	
649.82	15.40	71.83	0.139	3.471	
650.02	15.60	77.39	0.149	3.620	
650.22	15.80	83.57	0.161	3.781	
650.42	16.00	90.43	0.174	3.955	
650.62	16.20	98.02	0.188	4.143	
650.82	16.40	106.38	0.204	4.347	

NOTAS:

- (1) COTA SOLERA TUNEL DESAGUE FONDO
- (2) UMBRAL TUBERIA DESAGUE DE FONDO O TOMA
- (3) COTA SOLERA DEL ALVIADERO
- (4) COTA UMBRAL O VERTIDO DEL ALVIADERO Y N.M.N.
- (5) COTA DE CORONACIÓN

$$\text{VOLUMEN} = 0,000002152642 * (\text{COTA} - 634,42)^6 - 0,00008104401 * (\text{COTA} - 634,42)^5 + 0,001024677 * (\text{COTA} - 634,42)^4 - 0,00416987 * (\text{COTA} - 634,42)^3 + 0,01000281 * (\text{COTA} - 634,42)^2 + 0,01162153 * (\text{COTA} - 634,42)$$

$$\text{SUPERFICIE} = (10^6 * 6 * 0,000002152642 * (\text{B6} - 634,42)^5 - 10^6 * 5 * 0,00008104401 * (\text{B6} - 634,42)^4 + 10^6 * 4 * 0,001024677 * (\text{B6} - 634,42)^3 - 10^6 * 3 * 0,00416987 * (\text{B6} - 634,42)^2 + 10^6 * 2 * 0,01000281 * (\text{B6} - 634,42) + 10^6 * 0,01162153) / 10000$$

(º) Ambas ecuaciones valen a partir de la cota 634,42 en adelante.

ANEJO 3:

Calculo de la red de distribución

CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Para la mejora de la red de distribución se han discutido diferentes planteamientos. Al final se ha optado por la colocación de tubería de PVC en todo el recorrido para abastecer la demanda con una presión suficiente para que sea posible el riego de alta frecuencia.

A continuación se muestra un sencillo esquema que muestra la posible distribución de las diferentes tuberías de la red.

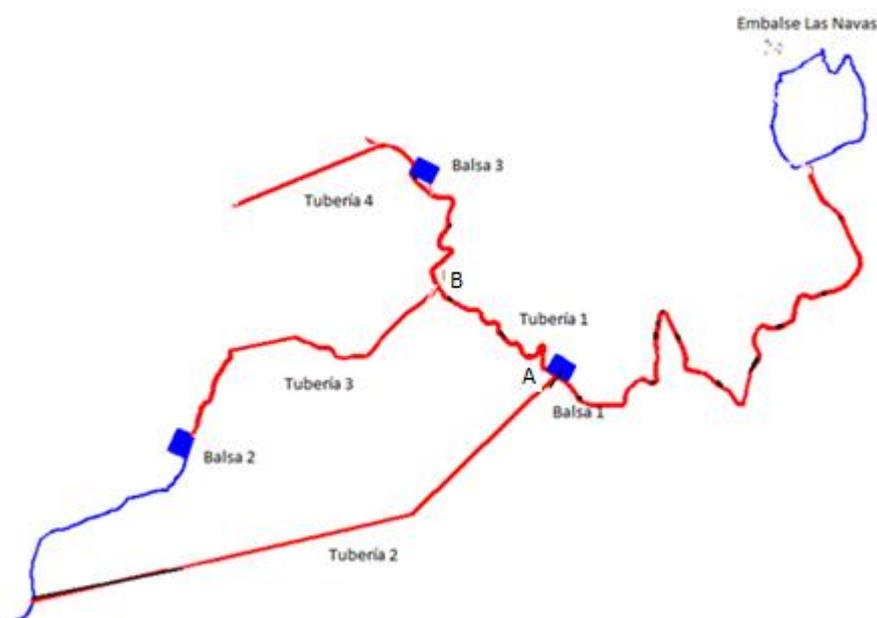


Figura 3.1. Esquema de acequia, balsas y nuevas tuberías simuladas.

Del embalse de Las Navas parte la tubería 1 siguiendo la trayectoria del propio canal de las Navas y desembocando en una balsa de regulación al final del trayecto denominada balsa 3. Dicha tubería tendrá una longitud de 6726 m y deberá de ser capaz de suministrar 300 l/s de demanda.

De la balsa 3 de regulación parte una tubería para abastecer la zona de huertos de los alrededores de Ayerbe, única conducción en la que se ha optado por conducir el agua entubada sin presión, denominada en el esquema tubería 4, con una longitud total de 1810 metros y capaz de suministrar 70 l/s de demanda.

A una distancia del origen de la tubería 1 de 5.107 metros se deriva de la misma una segunda denominada tubería 2 (punto A) que parte hacia la zona de San Juan. Dicha conducción tendrá una longitud de 3.837 hasta terminar en el barranco Vadillo. La demanda solicitada para este tramo será de 150 l/s. En el mismo punto de la derivación se colocará la primera balsa de regulación denominada balsa 1.

A 831 metros del punto A parte la tubería 3 (punto B) hasta la balsa de regulación de cola denominada balsa 2. Dicha conducción habrá de ser capaz de suministrar una demanda de 150 l/s y tendrá una longitud de 2.193 metros.

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías de la red de distribución se utilizó el paquete informático FlowMaster for Windows v4.1c.

Para el cálculo de la tubería 1 en la casilla “Solve for” seleccionamos “Pipe Diameter” para que el programa calcule el diámetro de la tubería necesario. Partimos de la estimación que la presión en el punto 1 (inicio de la tubería), en condiciones normales de nivel del embalse, la altura de agua será de unos diez metros, por lo que en la presión en el punto 1 introducimos una atmósfera. Para permitir una presión capaz de hacer viable un riego por goteo en todo el recorrido, al final del mismo habrá de llegar al menos una presión de 2 m.c.a., se opta por mayorar dicha presión en un metro, por lo que en la presión en 2 (final de la tubería) introducimos 0,3 atm. La tubería 1 parte de una cota de 635,32 metros en la base del embalse hasta llegar a desembocar a una cota de 628,6 metros. El coeficiente C se estima 150, eligiendo plástico liso en el desplegable (“Smooth plastic”).

The screenshot shows the 'Worksheet: tuberia 1' window in FlowMaster. The 'Solve for' dropdown is set to 'Pipe Diameter'. The input parameters are:

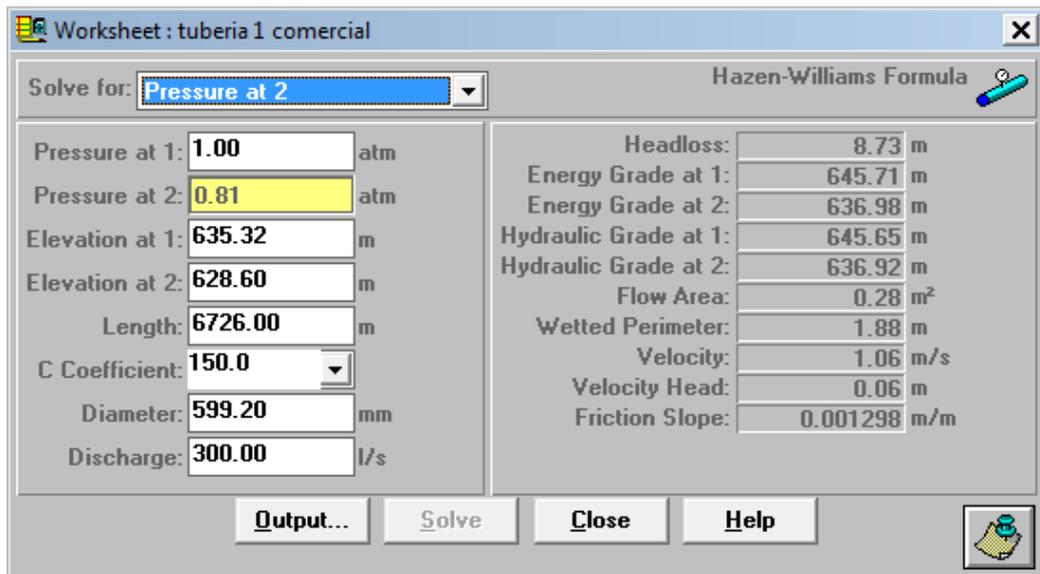
- Pressure at 1: 1.00 atm
- Pressure at 2: 0.30 atm
- Elevation at 1: 635.32 m
- Elevation at 2: 628.60 m
- Length: 6726.00 m
- C Coefficient: 150.0
- Discharge: 300.00 l/s

The calculated results are:

- Headloss: 13.95 m
- Energy Grade at 1: 645.74 m
- Energy Grade at 2: 631.79 m
- Hydraulic Grade at 1: 645.65 m
- Hydraulic Grade at 2: 631.70 m
- Flow Area: 0.23 m²
- Wetted Perimeter: 1.71 m
- Velocity: 1.29 m/s
- Velocity Head: 0.08 m
- Friction Slope: 0.002074 m/m

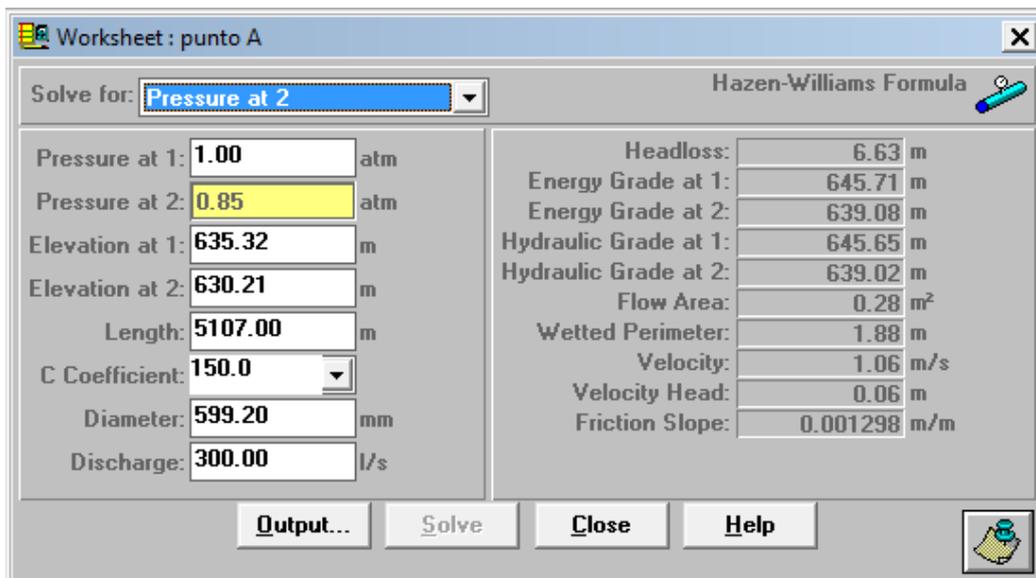
The calculated diameter is 544.23 mm, which is highlighted in yellow. Buttons for 'Output...', 'Solve', 'Close', and 'Help' are visible at the bottom.

El programa arroja que será necesario un diámetro de tubería de 544,23 mm. Para la elección del diámetro de la tubería comercial se hace uso del catálogo de Uralita. La tubería comercial que más se ajusta es tubería de PVC DN 630 PN 6 con un diámetro interior de 599,2 mm. Es necesario rehacer los cálculos con este nuevo diámetro para comprobar que se cumplen las condiciones de presión al final del recorrido. Para ello seleccionamos en el programa que nos resuelva la presión en el punto 2 cambiando el diámetro por el nuevo de la tubería comercial.

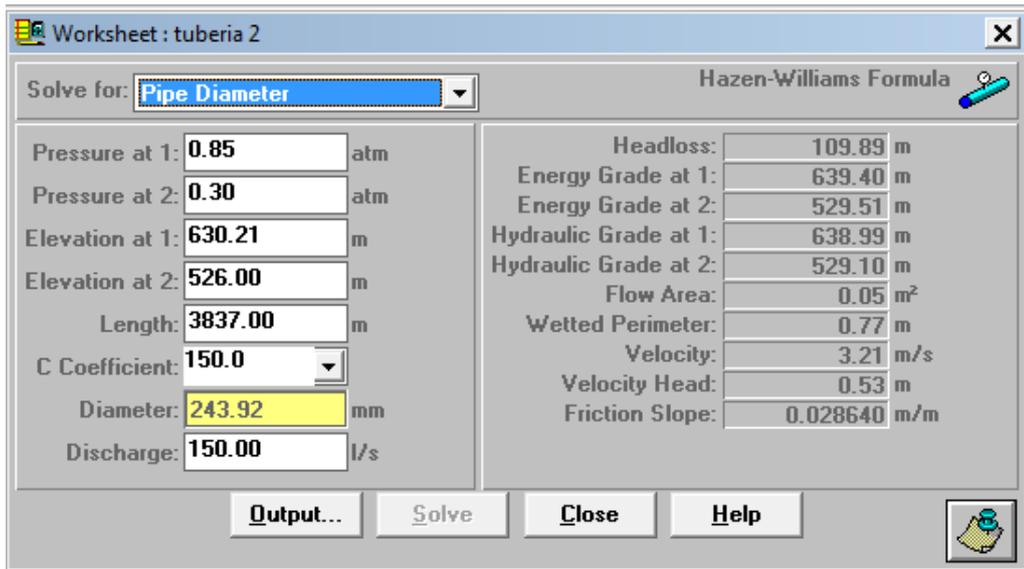


La presión al final del recorrido es de 0,81 atm que cumple con creces las 0,3 atmósferas impuestas inicialmente. Por lo que para el tramo de tubería 1 se opta por la colocación de tubería de PVC DN 630 PN 6.

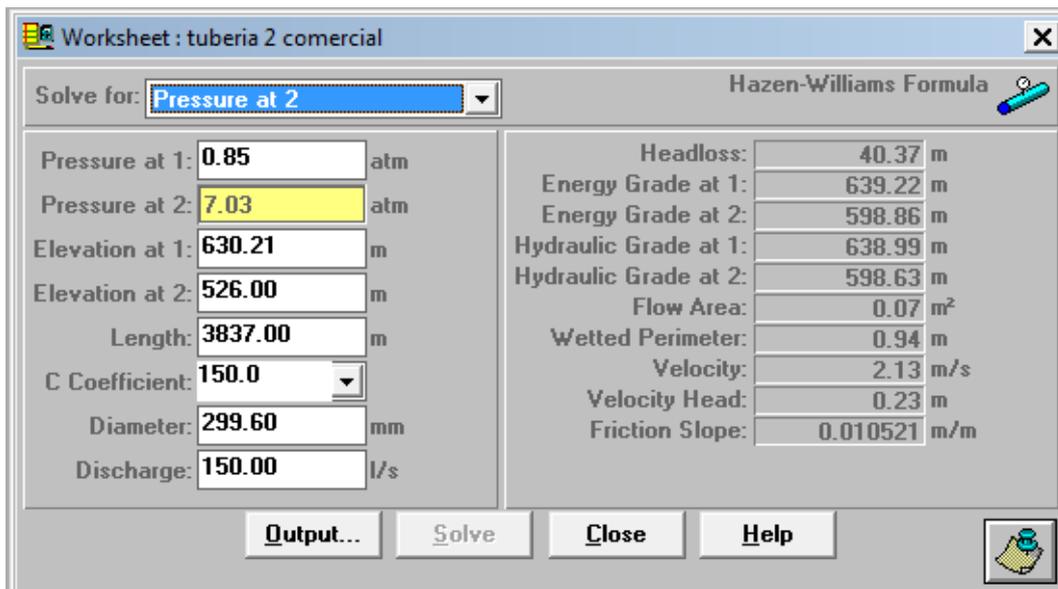
Para el cálculo de la tubería 2 es necesario conocer la presión en el punto de arranque de la misma (punto A). Conociendo que la distancia al inicio de la tubería 1 es 5.107 metros y la cota de dicho punto es 630,21 metros, con los mismos datos de la tubería, sabremos la presión en el punto A.



La presión en el punto A es de 0,85 atm. Colocando esta presión en el punto 1, inicio de la tubería 2, y con los datos conocidos de cotas, longitud, presión al final y dotación, calculamos el diámetro.



El programa arroja que será necesario un diámetro de tubería de 243,99 mm. La tubería comercial que más se ajusta es tubería de PVC DN 315 PN 6 con un diámetro interior de 299,60 mm.



Recalculando con el nuevo diámetro observamos que en el punto 2 se alcanza una presión de 7,03 atmósferas que supera la presión nominal de la tubería seleccionada. Por lo que se opta por colocar la tubería de presión nominal inmediatamente superior, que es tubería de PVC DN 315 PN 10 con un diámetro interior de 299,60 mm.

Worksheet : tubería 2 comercial PN 10

Solve for: **Pressure at 2** Hazen-Williams Formula

Pressure at 1:	0.85	atm	Headloss:	46.68	m
Pressure at 2:	6.42	atm	Energy Grade at 1:	639.25	m
Elevation at 1:	630.21	m	Energy Grade at 2:	592.58	m
Elevation at 2:	526.00	m	Hydraulic Grade at 1:	638.99	m
Length:	3837.00	m	Hydraulic Grade at 2:	592.32	m
C Coefficient:	150.0		Flow Area:	0.07	m ²
Diameter:	290.80	mm	Wetted Perimeter:	0.91	m
Discharge:	150.00	l/s	Velocity:	2.26	m/s
			Velocity Head:	0.26	m
			Friction Slope:	0.012165	m/m

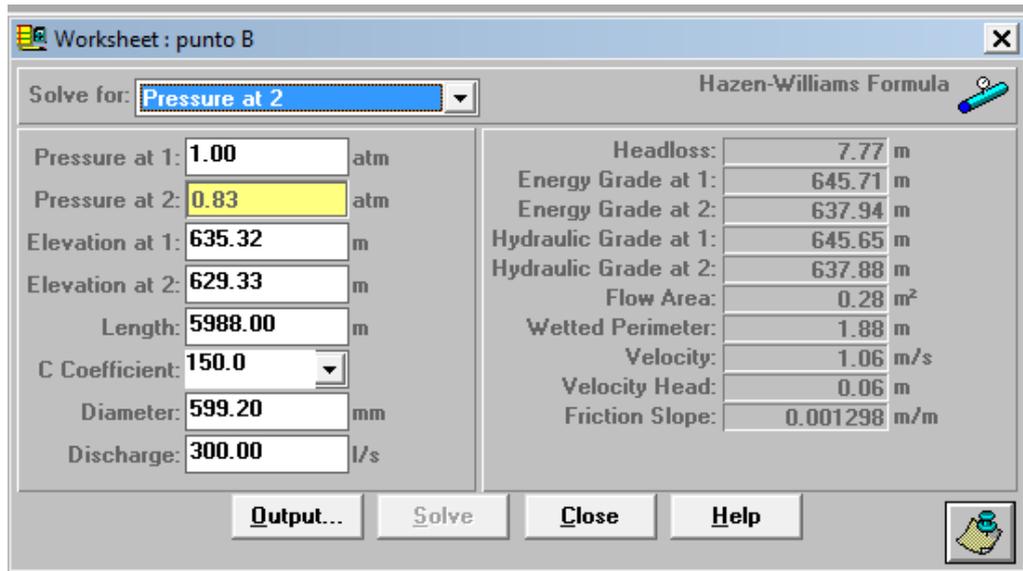
Output... Solve Close Help

La presión alcanzada en el punto 2 con la nueva tubería de PVC DN 315 PN 10 es de 6,42 atmósferas, cumpliendo las condiciones de presión, por lo que se opta por la colocación de la misma.

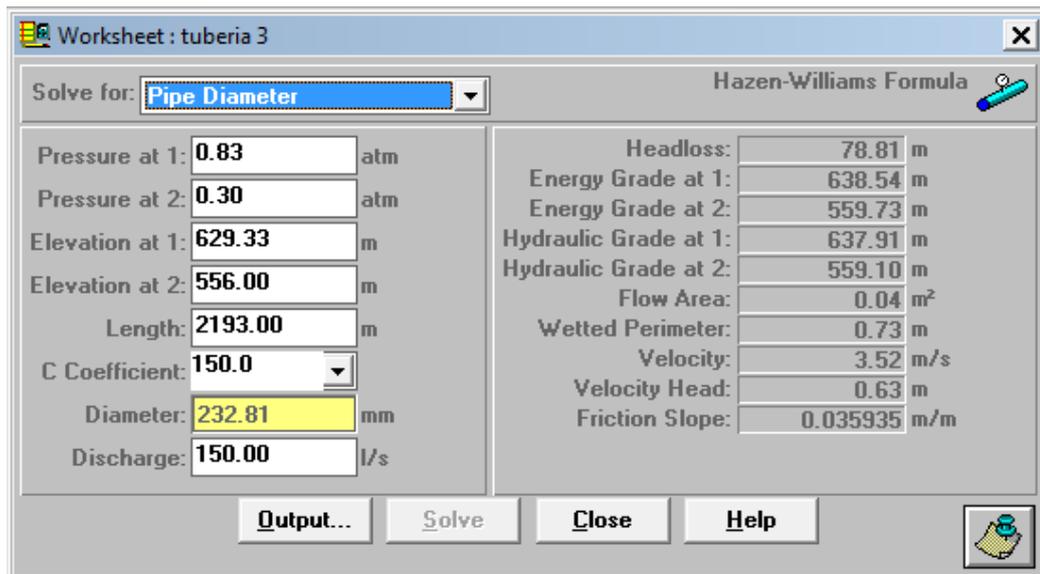
Por otra parte, observando las elevadas presiones que se alcanzan en el tramo de esta tubería, se podría considerar el riego por aspersion en esta zona.

Teniendo en cuenta la morfología del terreno se podría considerar recalculer la instalación en este tramo, ya que hasta que la tubería no sobrepasa el abrupto descenso debido al cortado en el terreno de la zona de la Sarda hasta la vía del tren, ésta no alcanza las elevadas presiones calculadas. Por lo que el riego a aspersion no se podrá dar hasta que se sobrepase esta zona y se podría reconsiderar que no toda la longitud de la tubería tiene que tener presión nominal 10 atmósferas, si no que con una menor se podría configurar el inicio del trayecto abaratando la instalación.

Para el cálculo de la tubería 3 repetimos el mismo procedimiento. Será necesario conocer la presión en el punto B donde se inicia la misma. El punto B, a efectos de cálculo, se encuentra en la tubería 1 a una distancia de 5.988 metros.



Por tanto la presión en el inicio de la tubería 3 es de 0.83 atmósferas. Introduciendo los demás datos conocidos calculamos el diámetro.



El programa arroja que será necesario un diámetro de tubería de 232.81. La tubería comercial que más se ajusta es tubería de PVC DN 250 PN 6 con un diámetro interior de 237,60 mm.

Worksheet : tubería 3 comercial

Solve for: **Pressure at 2** Hazen-Williams Formula

Pressure at 1:	0.83	atm	Headloss:	71.37	m
Pressure at 2:	1.02	atm	Energy Grade at 1:	638.49	m
Elevation at 1:	629.33	m	Energy Grade at 2:	567.12	m
Elevation at 2:	556.00	m	Hydraulic Grade at 1:	637.91	m
Length:	2193.00	m	Hydraulic Grade at 2:	566.54	m
C Coefficient:	150.0		Flow Area:	0.04	m ²
Diameter:	237.60	mm	Wetted Perimeter:	0.75	m
Discharge:	150.00	l/s	Velocity:	3.38	m/s
			Velocity Head:	0.58	m
			Friction Slope:	0.032544	m/m

Output... Solve Close Help

La presión al final del recorrido es de 0,83 atm superior a las 0,3 atmósferas impuestas inicialmente. Por lo que para el tramo de tubería 3 se opta por la colocación de tubería de PVC DN 250 PN 6.

En el tramo 4 se ha optado por una conducción sin presión, puesto que la demanda va destinada a la zona de huertos de los alrededores del pueblo, donde el riego en totalidad es por superficie. Se ha optado por entubar este tramo frente a la opción de limpiar y rehabilitar el tramado antiguo de acequias en hormigón para evitar las excesivas labores que conllevaría el mantenimiento posterior de las mismas.

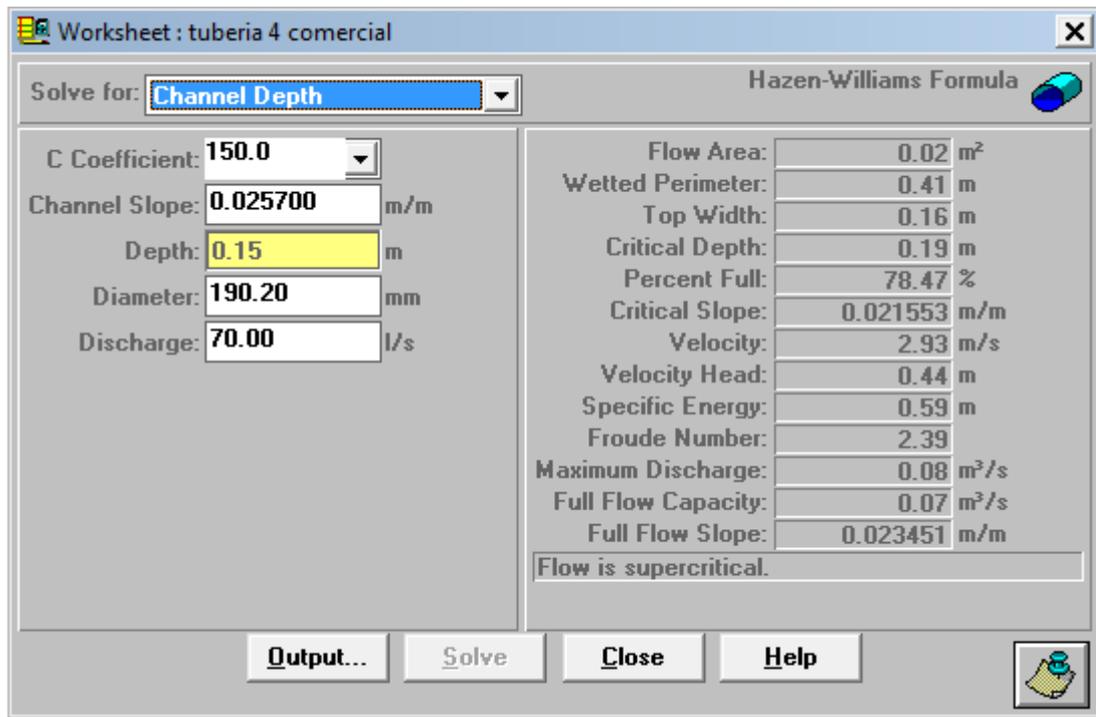
Para el cálculo del diámetro estimado de la tubería para el tramo 4 es necesario introducir la pendiente del tramo, así como el calado que alcanza el agua en la conducción.

Para calcularlo se ha seguido el siguiente procedimiento. Primero se hizo una estimación de la pendiente media del cauce. Conocidas las cotas del punto de partida (la balsa 3 de regulación) y el punto final del tramo, 628,6 y 582 metros respectivamente, y que la longitud del tramo es 1818 metros, se obtuvo una pendiente media de 0,0257 m/m.

Luego seleccionando la opción de cálculo del diámetro en el programa, se fueron introduciendo diferentes valores en la variable de calado del agua hasta que coincidiera con el diámetro de la tubería calculada. De esta manera conseguimos optimizar el diámetro mínimo necesario para transportar el caudal demandado (70l/s) apurando al máximo la altura que alcanza el agua dentro de él, es decir, de esta manera el agua circulará por el interior del tubo sin presión y llenándolo en su totalidad.



El diámetro óptimo para que se cumplan estas condiciones es de 0,18 metros, la tubería que más se aproxima a esta solución es tubería de PVC 200 PN4 con un diámetro interior de 190,20 mm.



Se opta entonces con por la colocación de tubería de PVC 200 PN4 en el tramo cuatro, donde el agua alcanzará una altura de 0,15 metros en el interior del tubo.

Se adjuntan los ficheros de los cálculos realizados con el paquete informático FlowMaster for Windows v4.1c.

A continuación se muestra un resumen con las soluciones adoptadas:

Cuadro 3.2. Resumen de soluciones para modernización riegos de Ayerbe

Tubería	Tipo	Longitud (m)	Caudal (l/s)
1	PVC DN 630 PN 6	6726	300
2	PVC DN 315 PN 10	3837	150
3	PVC DN 250 PN 6	2193	150
4	PVC DN 200 PN 4	1810	70

ANEJO 4

Presupuesto

01	LIMPIEZA Y DESBROCE	12.600,00	0,90
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	47.161,68	3,38
03	CAMINOS DE SERVICIO	38.486,00	2,75
04	TUBERIAS	471.546,23	33,75
05	BALSAS	810.000,00	57,97
06	VALVULAS	17.479,06	1,25

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL **1.397.272,97**

13,00 % Gastos generales 181.645,49

6,00 % Beneficio industrial 83.836,38

SUMA DE G.G. y B.I. 265.481,87

18,00 % I.V.A. 299.295,87

TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA **1.962.050,71**

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL **1.962.050,71**

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de UN MILLÓN NOVECIENTOS VEINTIOCHO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

Huesca, a 7 de junio de 2011.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

CAPÍTULO 01 LIMPIEZA Y DESBROCE

E0462 M2Desbroce y limpieza terreno

P/A desbroce y limpieza del terreno y acceso, con carga y transporte de tierras
sobrantes a vertedero.

Camino 1	17.000,00	2,00	14.000,00		
			14.000,00	0,90	12,600.00

TOTAL CAPÍTULO 01 LIMPIEZA Y DESBROCE..... 12,600.00

CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

E0446 M3Exc.zanj.t.co.med. p<4m,m/mec

Excavación, en zanjas, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 4.00 m, incluso extracción a los bordes y perfilado de fondos y laterales.

Medida en perfil natural.

Tubería 1	16.726,00	1,00	1,00	6.726,00
Tubería 2	13.837,00	1,00	1,00	3.837,00
Tubería 3	12.193,00	1,00	1,00	2.193,00
Tubería 4	11.156,00	1,00	1,00	1.156,00

13.912,00 3,39 47.161,68

TOTAL CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS47.161,68

CAPÍTULO 03 CAMINOS DE SERVICIO

EG2215303 M3EXCAVACIÓN EN TODO TIP. SUEL. PARA CAMINOS

Excavación en todo tipo de terrenos para formación y acondicionamiento de pistas y caminos, por medios mecánicos, incluso medios auxiliares.

Camino 1	17.000,000	2,000	0,500	7.000,000		
				7.000,00	1,88	13.160,00

EG2241050 ML PERFILADO Y NIVELACION CUNETAS

Perfilado y nivelación de cuneta triangular, en tierras, y retirada de materiales sobrantes a vertedero.

Camino 1	17.000,000			7.000,000		
				7.000,00	1,80	12.600,00

EG226B003M3RELLEN. MATERIAL SELECCIONADO PROC. PRESTAMOS

Relleno de material seleccionado con materiales procedentes de préstamo, incluso suministro, carga, transporte, extendido y compactación al 98% del PM.

Camino 1	17.000,000	2,000	0,200	2.800,000		
				2.800,00	3,77	10.556,00

EG2421343 M3TRANSPORTE MATERIAL EXCAVADO A VERTEDERO

Transporte de material sobrante de la excavación a vertedero, incluso carga, transporte, acopio intermedio y acondicionamiento final del vertedero.

Camino 1	17.000,000	2,000	0,500	7.000,000		
				7.000,00	0,31	2.170,00

TOTAL CAPÍTULO 03 CAMINOS DE SERVICIO 38.486,00

CAPÍTULO 04 TUBERIAS

E2999	ML TUB.PVC.630 mm 6 atm.J.GOM.CO Tubería de PVC de 630 mm de diámetro, ya colocada y probada.	6.726,00	38,38	258.143,88
E2982	MI TUB.PVC 315mm 10atm. ENCO.COL Tubería de P.V.C. rígida de 315 mm. de diámetro y 10 atm de presión de servicio y unión por enco- lado, incluyendo materiales a pié de obra, montaje, colocación, pruebas y parte proporcional de pie- zas. No incluye excavación de la zanja ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma, ni la cama, ni el material seleccionado, ni su compactación y la mano de obra correspondiente. Todo ello se valorará aparte según necesidades del Proyecto.	3.837,00	34,13	130.956,81
E2975	MI TUB.PVC 250mm 6atm. ENCO.COL Tubería de P.V.C. rígida de 250 mm. de diámetro y 6 atm de presión de servicio y unión por encola- do, incluyendo materiales a pié de obra, montaje, colocación, pruebas y parte proporcional de pie- zas. No incluye excavación de la zanja ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma, ni la cama, ni el material seleccionado, ni su compactación y la mano de obra correspondiente. Todo ello se valorará aparte según necesidades del Proyecto.	2.193,00	24,48	53.684,64
E2966	MI TUB.PVC 200mm 6atm. ENCO.COL Tubería de P.V.C. rígida de 200 mm. de diámetro y 6 atm de presión de servicio y unión por encola- do, incluyendo materiales a pié de obra, montaje, colocación, pruebas y parte proporcional de pie- zas. No incluye excavación de la zanja ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma, ni la cama, ni el material seleccionado, ni su compactación y la mano de obra correspondiente. Todo ello se valorará aparte según necesidades del Proyecto.	1.810,00	15,89	28.760,90
TOTAL CAPÍTULO 04 TUBERIAS.....				471.546,23

CAPÍTULO 05 BALSAS

5.1	m3 balsa			
	Precio por m3 cubico de capacidad de la balsa. Incluye excavación, impermeabilización y todos los gastos auxiliares.			
		300.000,00	2,70	810.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 05 BALSAS			810.000,00

CAPÍTULO 06 VALVULAS

E3636	UdVAL. REGUL. EST. DINAM. D=25" Válvula reguladora en estática y en dinámica de 25" de diámetro, con cuerpo de hierro fundido y junta tórica de E.P.D.M., carrete y vástago de acero inoxidable,colocada, tarada y probada.	3,00	2.828,00	8.484,00
E3634	UdVAL. REGUL. EST. DINAM. D=12" Válvula reguladora en estática y en dinámica de 12" de diámetro, con cuerpo de hierro fundido y junta tórica de E.P.D.M., carrete y vástago de acero inoxidable,colocada, tarada y probada.	3,00	1.515,00	4.545,00
E3632	UdVAL. REGUL. EST. DINAM. D=10" Válvula reguladora en estática y en dinámica de 10" de diámetro, con cuerpo de hierro fundido y junta tórica de E.P.D.M., carrete y vástago de acero inoxidable,colocada, tarada y probada.	2,00	1.010,00	2.020,00
E3631	UdVAL. REGUL. EST. DINAM. D=8" Válvula reguladora en estática y en dinámica de 8" de diámetro, con cuerpo de hierro fundido y junta tórica de E.P.D.M., carrete y vástago de acero inoxidable,colocada, tarada y probada.	2,00	989,80	1.979,60
E3507	UdTE FUND. 630-630-315 mm. Te de chapa de fundición galvanizada de diámetros 630-630-315 mm., para tubería de polietileno, ejecutada según las dimensiones especificadas en los planos correspondientes, con sus bridas, incluida la tornillería correspondiente y las juntas de caucho necesarias para su conexión, colocada y probada.	2,00	156,55	313,10
E3508	UdTE FUND. 630-630-250 mm. Te de chapa de fundición galvanizada de diámetros 250-250-250 mm., para tubería de polietileno, ejecutada según las dimensiones especificadas en los planos correspondientes, con sus bridas, incluida la tornillería correspondiente y las juntas de caucho necesarias para su conexión, colocada y probada.	1,00	137,36	137,36
TOTAL CAPÍTULO 06 VALVULAS.....				17.479,06
TOTAL				1.397.272,97

